

CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI EDIZIONE 2023

Delibera del Consiglio SNPA.

Seduta del 11.10.2023 Doc. n. 218/23





CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI EDIZIONE 2023

Delibera del Consiglio SNPA.

Seduta del 11.10.2023 Doc. n. 218/23

REPORT DI SISTEMA SNPA | **37** 2023

ISBN 978-88-448-1178-5 | Roma, ottobre 2023

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n. 132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiscono riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al Ministero della Transizione Ecologica e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi istituzionali. Tale attività si esplica anche attraverso la produzione di documenti, prevalentemente Linee Guida o Report, pubblicati sul sito del Sistema SNPA e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:

Munafò, M. (a cura di), 2023. Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2023. Report SNPA 37/23

ISBN 978-88-448-1178-5

© Report SNPA, 37/23

Ottobre 2023

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento tipografico: Daria Mazzella - ISPRA

Amministrazione: Olimpia Girolamo - ISPRA

Grafica: Antonella Monterisi, Valentina Falanga - ISPRA

Fotografia di copertina: Lanciano (CH), Antonello Cimini

Abstract

Il Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" è un prodotto del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che assicura le attività di monitoraggio del territorio e del consumo di suolo. Il Rapporto, insieme alla cartografia e alle banche dati di indicatori allegati, fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione della copertura del suolo e permette di valutare il degrado del territorio e l'impatto del consumo di suolo sul paesaggio e sui servizi ecosistemici.

"Land Consumption, Land Cover Changes, and Ecosystem Services" Report is published by the Italian National System for Environmental Protection, in charge for land cover and land consumption monitoring activities in Italy. The Report, with the annexed maps and indicators data bases, analyses land processes and assesses land degradation and land consumption impact on landscape and soil ecosystem services.

Parole chiave: *Land Consumption/Land Take, Soil Sealing, Land Cover, Land Use, Land Degradation, Soil Ecosystem Services.*

CURATORE DEL RAPPORTO

Michele Munafò (ISPRA)
michele.munafò@isprambiente.it

AUTORI

Membri della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA): Ines Marinosci (ISPRA), Giovanni Desiderio (ARTA Abruzzo), Gaetano Caricato (ARPA Basilicata), Luigi Dattola (ARPA Calabria), Gianluca Ragone (ARPA Campania), Monica Carati (ARPA Emilia Romagna), Claudia Meloni (ARPA Friuli Venezia Giulia), Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari (ARPA Liguria), Dario Bellingeri (ARPA Lombardia), Roberto Brascugli (ARPA Marche), Gianluca Macoretti (ARPA Molise), Patrizia Lavarra (ARPA Puglia), Fulvio Raviola (ARPA Piemonte), Elisabetta Benedetti (ARPA Sardegna), Domenico Galvano (ARPA Sicilia), Cinzia Licciardello (ARPA Toscana), Raffaella Canepel (Provincia di Trento), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Federico Grosso (ARPA Valle d'Aosta), Ialina Vinci (ARPA Veneto).

Alberto Albanese, Francesca Assennato, Diana Bianchini, Claudia Cagnarini, Annagrazia Calò, Alice Cavalli, Luca Congedo, Marco d'Antona, Paolo De Fioravante, Enrico De Zorzi, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Chiara Giuliani, Alessandra Lasco, Lorella Mariani, Marco Montella, Michele Munafò, Stefano Pranzo, Francesca Pretto, Nicola Riitano, Andrea Strollo (ISPRA), Giulia Cecili, Valentina Falanga (Università del Molise), Angela Cimini, Alessia D'Agata (Sapienza, Università di Roma), Andrea Padovan, Giorgio Zanvetto (APPA Bolzano), Giorgio Tecilla (APPA Trento), Antonio Di Matteo (Tirocinante Università di Padova/ISPRA).

Con il contributo degli Osservatori/tavoli tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio e di Eugenia Bartolucci, Anna Maria Blumetti, Giovanni Braca, Martina Bussetti, Anna Cacciuni, Roberta Capogrossi, Caterina D'Anna, Riccardo De Laurentis, Enrico De Zorzi, Marco Falconi, Pierluigi Gallozzi, Luca Guerrieri, Carla Iadanza, Barbara Lastoria, Lucilla Laureti, Gabriele Leoni, Anna Luise, Emanuele Peschi, Alessandro Trigila, Antonella Vecchio (ISPRA), Giulia Guerri, Marco Morabito (CNR), Giovanni L'Abate (CREA), Carlo Blasi, Giulia Capotorti (Sapienza, Università di Roma), Marco Marchetti (Università del Molise), Gherardo Chirici, Saverio Francini (Università degli Studi di Firenze), Mauro Maesano, Giuseppe Scarascia Mugnozza (Università della Tuscia), Luca Benedetti, Paolo Liberatore, Alessio Agrillo, Vincenzo Surace (GSE), Beatrice Olivari, Piergiorgio Cipriano (Deda Next), Calogero Schillaci (JRC).

Gli autori dei contributi degli Osservatori/tavoli tecnici di Regioni e Province autonome e dei contributi a cura del Comitato scientifico sono riportati direttamente all'interno dei rispettivi capitoli.

FOTOINTERPRETAZIONE, CLASSIFICAZIONE, PRODUZIONE CARTOGRAFIA, VALIDAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Alberto Albanese, Diana Bianchini, Claudia Cagnarini, Annagrazia Calò, Alice Cavalli, Luca Congedo, Marco D'Antona, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Chiara Giuliani, Lorella Mariani, Ines Marinosci, Marco Montella, Michele Munafò, Francesca Pretto, Nicola Riitano, Andrea Strollo (ISPRA), Giovanni Desiderio, Roberto Luis Di Cesare (ARTA Abruzzo), Gaetano Caricato, Francesco Manicone, Giuseppe Miraglia (ARPA Basilicata), Luigi Dattola, Francesco Fullone (ARPA Calabria), Giuseppina Annunziata, Maria Daro, Diego Guglielmelli, Pasquale Iorio, Elio Luce, Michele Misso, Gianluca Ragone, Elio Rivera, Raimondo Romano, Valentina Sammartino Calabrese, Giovanni Stellato, Raffaele Tortorella (ARPA Campania), Bianca Maria Billi, Margherita Cantini, Monica Carati, Thomas Guercia, Francesco Lelli, Roberta Monti, Alessandro Pirola (ARPA Emilia Romagna), Claudia Meloni (ARPA Friuli Venezia Giulia), Gabriele Del Gaizo, Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari, Cinzia Picetti (ARPA Liguria), Dario Bellingeri, Dario Lombardi, Vito Sacchetti (ARPA Lombardia), Roberto Brascugli, Walter Vacca (ARPA Marche), Gianluca Macoretti (ARPA Molise), Teo Ferrero, Luca Forestello, Tommaso Niccoli, Gabriele Nicolò, Cristina Prola (ARPA Piemonte), Roberto Greco, Patrizia Lavarra (ARPA Puglia), Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni (ARPA Sardegna), Domenico Galvano, Stefano Pannucci, Paolo Gioia, Silvano Mastrolonardo, Federico Vincifori (ARPA Sicilia), Stefania Biagini, Antonio Di Marco, Cinzia Licciardello (ARPA Toscana), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Fabrizia Joly (ARPA Valle D'Aosta), Andrea Dalla Rosa, Antea De Monte, Stefano Fogarin, Adriano Garlato, Silvia Obber, Antonio Pegoraro, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Ialina Vinci, Paola Zamarchi, Nicola Andreello Leonardo Basso (ARPA Veneto), Andrea Padovan, Stefano Paoli, (Provincia Autonoma di Bolzano), Giuseppe Altieri, Ruggero Bonisoli (Osservatorio del paesaggio trentino - Provincia Autonoma di Trento), Giulia Cecili, Valentina Falanga (Università del Molise), Angela Cimini, Alessia D'Agata, Giacomo Guidotti, Federico Pochini (Sapienza, Università di Roma), Gherardo Chirici, Saverio Francini (Università degli Studi di Firenze), Antonio Di Matteo (Tirocinante Università di Padova/ISPRA).

COMITATO SCIENTIFICO

Filiberto Altobelli (CREA), Andrea Arcidiacono (Politecnico di Milano, INU, CRCS), Maria Brovelli (Politecnico di Milano, CNR), Gherardo Chirici (Università di Firenze), Patrizia Colletta (Esperta Consiglio Superiore LL.PP.), Fausto Manes (Sapienza Università di Roma), Marco Marchetti (Università del Molise), Davide Marino (Università del Molise), Marco Morabito (CNR), Michele Munafò (ISPRA), Beniamino Murgante (Università della Basilicata), Elisabetta Peccol (Università di Udine), Paolo Pileri (Politecnico di Milano), Bernardino Romano (Università dell'Aquila), Luca Salvati (Sapienza Università di Roma), Tiziano Tempesta (Università di Padova), Fabio Terribile (Università di Napoli Federico II)

ORGANIZZAZIONE

Sabrina Panico (ISPRA)
consumosuolo@isprambiente.it

UFFICIO STAMPA

Alessandra Lasco (ISPRA)
stampa@isprambiente.it

DATI E CARTOGRAFIA

<http://www.consumosuolo.isprambiente.it>

<http://www.consumosuolo.it>



<https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati>



L'elaborazione dei dati avviene sotto la responsabilità della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). La classificazione dei cambiamenti al terzo livello e i nuovi indicatori sulla frammentazione sono stati sviluppati nell'ambito del progetto "Statistiche ambientali per le politiche di coesione 2014-2020" (PON Governance e Capacità Istituzionale 2014-2020). Le immagini aeree e satellitari utilizzate per l'elaborazione dei dati provengono dall'archivio di ISPRA e delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e Province Autonome, che gestiscono il Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), e sono state acquisite attraverso diverse fonti: Copernicus Open Access Hub (Sentinel-1, Sentinel-2), ESA (Agenzia Spaziale Europea), Geoportale Nazionale (Ministero della Transizione Ecologica; 2006-2012), Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura (Agea), Agenzia per l'Ambiente Europea, © Google Earth (2019-2022), © ZY-3 (2019), © TripleSat (2019, 2022), © Planet Labs (2019), © Airbus DS (2019-2022).

Si ringraziano Agea, Agenzia delle Entrate - Osservatorio del Mercato Immobiliare, Agenzia Europea per l'Ambiente, ANCI, Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, Commissione Europea/Joint Research Centre, CREA, ENEA, GSE, INGV, Istat, Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste, Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Ministero della cultura, Ministero delle imprese e del made in Italy e tutti gli altri soggetti che hanno messo a disposizione dati e informazioni fondamentali per alcune delle analisi riportate nel rapporto. Si ringrazia l'Associazione Nazionale Costruttori Edili (ANCE) per la collaborazione nell'aggiornamento e nella valutazione delle normative regionali su consumo di suolo e rigenerazione urbana.

I contenuti riportati all'interno del capitolo "Contributi degli osservatori e dei tavoli tecnici delle Regioni e delle Province autonome" e i contributi a cura del Comitato scientifico sono responsabilità, rispettivamente, dei soggetti individuati dalle strutture regionali coinvolte d'intesa con il SNPA e dei singoli autori proposti dal Comitato scientifico stesso.

PRESENTAZIONE

L'edizione 2023 del Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" è la decima dedicata a questi temi e fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione del nostro territorio, che continuano a causare la perdita di una risorsa fondamentale, il suolo, con le sue funzioni e i relativi servizi ecosistemici. Il Rapporto analizza l'evoluzione del territorio e del consumo di suolo all'interno di un più ampio quadro di analisi delle dinamiche delle aree urbane, agricole e naturali ai diversi livelli, attraverso indicatori utili a valutare le caratteristiche e le tendenze del consumo, della crescita urbana e delle trasformazioni del paesaggio, ma anche dell'evoluzione, della distribuzione e delle caratteristiche della vegetazione, fornendo valutazioni sull'impatto della crescita della copertura artificiale del suolo, con particolare attenzione alle funzioni naturali perdute o minacciate. La tutela del patrimonio ambientale, del paesaggio e il riconoscimento del valore del suolo e del capitale naturale sono compiti e temi a cui richiama l'Europa, rafforzati dal Green Deal, dalla Legge per il ripristino della natura, dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 e dalla recentissima proposta di direttiva europea per il monitoraggio e la resilienza del suolo, presentata dalla Commissione a luglio di quest'anno. Obiettivi che sono ancor più fondamentali per noi alla luce delle particolari condizioni di fragilità ambientali e di criticità climatiche del nostro Paese, che anche negli ultimi mesi si sono purtroppo manifestate con forza, e rispetto alle quali il Rapporto fornisce il proprio contributo di conoscenza, anche evidenziando le relazioni tra la trasformazione del territorio e la perdita della sua capacità di regolazione dei cicli naturali, come quello idrologico, e di fornire servizi ecosistemici fondamentali.

In questo contesto, anche in considerazione della disomogeneità delle azioni sul territorio, sarebbe importante arrivare all'approvazione di una legge nazionale sul consumo di suolo in conformità agli indirizzi europei, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana e limitazione del consumo dello stesso, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola. L'azzeramento del consumo netto di suolo è un obiettivo necessario anche per il raggiungimento dei target previsti dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile, dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza e dal Piano per la Transizione Ecologica. Lo stop al consumo di suolo dovrebbe avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste, ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Arrestare il consumo di suolo nel nostro Paese permetterebbe di fornire un contributo fondamentale per affrontare le grandi sfide poste dai cambiamenti climatici, dal dissesto idrogeologico, dall'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo, dal diffuso degrado del territorio, del paesaggio e dell'ecosistema, dalla perdita di biodiversità.

I dati aggiornati al 2022, prodotti a scala nazionale, regionale e comunale, sono in grado di rappresentare anche le singole trasformazioni individuate con una grana di estremo dettaglio, grazie all'impegno del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che vede ISPRA insieme alle Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, in un lavoro congiunto di monitoraggio svolto anche utilizzando le migliori informazioni che le nuove tecnologie sono in grado di offrire e le informazioni derivanti da satelliti di osservazione della terra, tra cui quelle del programma Copernicus. È infatti compito del Sistema, ai sensi della legge 132/2016, seguire le trasformazioni del territorio e la perdita di suolo naturale, agricolo e seminaturale, inteso come risorsa ambientale essenziale e fondamentalmente non rinnovabile, vitale per il nostro ambiente, il nostro benessere e la nostra stessa economia. Questo ruolo di sentinella è fondamentale soprattutto in una fase di attesa di una normativa nazionale compiuta sul consumo di suolo, che ci auguriamo possa garantire il progressivo rallentamento e il rapido azzeramento del consumo di suolo netto in Italia. I dati completi sul consumo del suolo, sullo stato del territorio e degli insediamenti, sugli impatti sui servizi ecosistemici, sul degrado e sulle altre variabili studiate, sono rilasciati in formato aperto e liberamente accessibili sui siti dell'ISPRA e del SNPA e costituiscono uno dei dataset di riferimento del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA). Costituiscono uno strumento che il Sistema rende disponibile all'intera comunità istituzionale e scientifica nazionale e una base conoscitiva a supporto delle diverse politiche, dello sviluppo del quadro normativo e delle decisioni a livello locale necessarie per arrivare all'obiettivo di arresto del consumo di suolo.

Il monitoraggio di quest'anno conferma la criticità del consumo di suolo nelle zone periurbane e urbane, in cui si rileva un continuo e significativo incremento delle superfici artificiali, con un aumento della densità del costruito a scapito delle aree agricole e naturali, unitamente alla criticità delle aree nell'intorno del sistema infrastrutturale, più frammentate e oggetto di interventi di artificializzazione a causa della loro maggiore accessibilità e anche per la crescente pressione dovuta alla richiesta di spazi sempre più ampi per la logistica. I dati confermano l'avanzare di fenomeni quali la diffusione, la dispersione, la decentralizzazione urbana da un lato e, dall'altro, la forte spinta alla densificazione di aree urbane, che causa la perdita di superfici naturali all'interno delle nostre città, superfici preziose per assicurare l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto. Tali processi riguardano soprattutto le aree costiere e le aree di pianura, mentre al contempo, soprattutto in aree marginali, si assiste all'abbandono delle terre e alla frammentazione delle aree naturali. La valutazione del degrado del territorio, strettamente legata alla perdita di servizi ecosistemici che un suolo sano è in grado di offrire, permette di avere un quadro completo dei fenomeni che impattano sulle funzioni del suolo e che limitano la capacità di "combattere la desertificazione, ripristinare terreni degradati e suolo, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e inondazioni, per realizzare la neutralità del degrado del territorio (Land Degradation Neutrality - LDN)" e di "far diventare più inclusive, sicure, resilienti e sostenibili le città" entro il 2030, come previsto dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile definiti dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

Gli ultimi dati ci mostrano che, purtroppo, il consumo di suolo, con le conseguenze analizzate approfonditamente in questo rapporto, non solo da due anni non rallenta più, ma nel 2022 accelera bruscamente e torna a correre a ritmi che, in Italia, non si vedevano da più di 10 anni. I fenomeni di trasformazione del territorio agricolo e naturale in aree artificiali hanno così sfiorato i 2,5 metri quadrati al secondo e riguardato quasi 77 chilometri quadrati in un solo anno, il 10% in più rispetto al 2021. Si tratta certamente di un ritmo non sostenibile, che dipende anche dall'assenza di interventi normativi efficaci in buona parte del Paese o dell'attesa della loro attuazione e della definizione di un quadro di indirizzo omogeneo a livello nazionale.

L'iniziativa delle Regioni e delle Amministrazioni locali sembra essere riuscita marginalmente, per ora, e solo in alcune parti del territorio, ad arginare l'aumento delle aree artificiali, rendendo evidente la forza del fenomeno e il fatto che gli strumenti attuali non abbiano mostrato ancora l'auspicata efficacia nel governo del consumo di suolo. Ciò rappresenta un grave vulnus per la capacità dell'Italia di adattarsi ai cambiamenti climatici, con nostri sempre più fragili territori che non possono più permettersi questo tasso di artificializzazione del suolo. Non possono permetterselo neanche dal punto di vista strettamente economico, come ci indica ormai da tempo la Commissione Europea. La perdita consistente di servizi ecosistemici e l'aumento dei "costi nascosti", dovuti alla crescente impermeabilizzazione del suolo, sono presentati in questo Rapporto al fine di assicurare la comprensione delle conseguenze dei processi di artificializzazione, delle perdite di suolo e del degrado a scala locale, anche in termini di erosione dei paesaggi rurali, perdita di servizi ecosistemici e vulnerabilità agli eventi estremi.

Un consistente contenimento del consumo di suolo, per raggiungere presto l'obiettivo europeo del suo azzeramento, è la premessa, quindi, per garantire una ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, la riqualificazione e la rigenerazione urbana e l'edilizia di qualità, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse. Per questo obiettivo sarà indispensabile fornire ai Comuni e alle Città Metropolitane indicazioni chiare e strumenti utili per rivedere anche le previsioni di nuove edificazioni presenti all'interno dei piani urbanistici e territoriali già approvati. In questo quadro lo sforzo del SNPA con il Rapporto si pone come punto fermo, fornendo un supporto conoscitivo autorevole per l'impostazione e la definizione di un efficace nuovo quadro normativo e per un maggiore orientamento delle politiche territoriali verso la sostenibilità ambientale e la tutela del paesaggio.

Stefano Laporta

Presidente dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

*Dedicato a Bernardino Romano,
che ha insegnato a tutti noi
a pensare ecologicamente
e ha riportato il suolo vivo
al centro della pianificazione
territoriale*

SOMMARIO

INTRODUZIONE	11
Il valore del suolo.....	11
Consumo, copertura, uso e degrado del suolo.....	13
Il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo in Italia.....	18
Prospettive future per il monitoraggio del territorio a livello europeo.....	21
La strategia europea per il suolo e gli orientamenti comunitari.....	24
La nuova proposta di Direttiva sul monitoraggio del suolo e la resilienza.....	29
L'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile.....	33
La tutela dell'ambiente nella Costituzione italiana.....	34
La Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030.....	34
La Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile.....	36
Il Piano per la transizione ecologica.....	36
Il fondo nazionale per il contrasto al consumo di suolo.....	38
Le proposte di legge.....	38
Alcune considerazioni per una legge sul consumo di suolo.....	39
La rigenerazione urbana.....	41
Il monitoraggio degli interventi di rigenerazione.....	43
Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo.....	45
Le norme regionali: aggiornamento al 2023.....	48
Il punto di vista degli osservatori regionali.....	64
Gli scenari futuri.....	67
Accesso ai dati di uso, copertura e consumo di suolo a livello nazionale.....	69
STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO	72
Il livello nazionale.....	72
Il livello regionale.....	78
Il livello provinciale.....	85
Il livello comunale.....	94
I "Comuni Risparmia suolo".....	113
STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO	115
Uso e copertura del suolo.....	115
Le aree urbane.....	146
Forme urbane e tipologie insediative.....	161
Le infrastrutture verdi.....	164
L'accessibilità alle aree verdi pubbliche.....	166
Le aree boscate.....	169
CAUSE DI CONSUMO DI SUOLO	177
Le nuove coperture artificiali.....	177
Le aree edificate.....	188
Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane.....	200
Il consumo di suolo ai margini dei centri urbani principali.....	207

I valori del mercato immobiliare	208
Il consumo di suolo nelle fasce urbane centrali, periferiche e suburbane	212
Cantieri e infrastrutture	218
Gli impianti fotovoltaici	228
Lo sviluppo dei poli logistici.....	234
DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO	242
Distribuzione dei cambiamenti	242
Aree protette	246
Aree vincolate per la tutela paesaggistica	252
Aree a pericolosità idraulica, da frana e sismica.....	256
Aree percorse dal fuoco.....	281
Siti contaminati di interesse nazionale.....	285
Corpi idrici.....	288
Fascia costiera.....	289
Classi altimetriche e di pendenza	292
Tipologie di suolo.....	298
Unità fisiografiche del paesaggio	300
Classi di copertura e ambiti di uso del suolo	302
Densità e caratteri demografici	303
IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO.....	306
Area di impatto potenziale	306
Frammentazione del territorio e del paesaggio	308
Isola di calore urbana.....	318
Impatto su aree ad alto valore ecologico e ad alta fragilità ambientale	332
Impatti sugli ecosistemi naturali e semi-naturali	335
Perdita di servizi ecosistemici del suolo.....	340
DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO	343
Land Degradation	343
Degrado dovuto ai cambiamenti di copertura del suolo.....	343
Degrado dovuto alla perdita di produttività	345
Degrado dovuto alla perdita di carbonio organico del suolo	345
Indicatore SDG 15.3.1	346
Altri fattori di degrado.....	350
Degrado complessivo	351
CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO	356
Indicatori del consumo di suolo (SDG 11.3.1). Collaudo di applicabilità nella pianificazione comunale.....	356
Green Hydrogen Infrastructure: valutazione dell'ideoneità dei suoli.....	363
Valutazione dell'effetto della costruzione di un'autostrada sulla Land Surface Temperature da dati termici di Landsat: un caso di studio nella Città Metropolitana di Milano	367
Leaf Area Index per l'analisi dei Servizi Ecosistemici e relazione con il consumo di suolo	369
Rigenerazione urbana, un punto di svolta	374
CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI E DEI TAVOLI TECNICI DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME	377
Osservatori/tavoli tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio	377
Regione Valle d'Aosta.....	378

Regione Piemonte	380
Regione Lombardia.....	385
Regione Veneto	394
Regione Toscana.....	407
Regione Umbria	418
Regione Lazio	420
Regione Sardegna	423
BIBLIOGRAFIA	431
Bibliografia generale	431
Bibliografia relativa ai contributi del comitato scientifico	438
Bibliografia relativa ai contributi degli Osservatori/Tavoli tecnici	440

INTRODUZIONE

IL VALORE DEL SUOLO

Il suolo è lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi e rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua, ospitando gran parte della biosfera.

Troppo pochi sanno che il nostro futuro dipende dallo strato sottile che si estende sotto i nostri piedi. Il suolo e la moltitudine di organismi che in esso vivono ci forniscono cibo, biomassa, fibre e materie prime, regolano i cicli dell'acqua, del carbonio e dei nutrienti e rendono possibile la vita sulla terra (Commissione Europea, 2021).

Il suolo è una risorsa vitale, limitata, non rinnovabile e insostituibile. Un suolo sano costituisce la base essenziale dell'economia, della società e dell'ambiente, in quanto produce alimenti, accresce la nostra resilienza ai cambiamenti climatici, agli eventi meteorologici estremi, alla siccità e alle inondazioni e favorisce il nostro benessere. Riesce inoltre a immagazzinare carbonio, ha una maggiore capacità di assorbire, conservare e filtrare l'acqua e fornisce servizi vitali come alimenti sicuri e nutrienti e biomassa per i settori non alimentari della bioeconomia (Commissione Europea, 2023).

Il suolo è, infatti, una risorsa finita che, visti i tempi estremamente lunghi di formazione, si può ritenere sostanzialmente non rinnovabile: *occorrono migliaia di anni per produrre pochi centimetri di questo tappeto magico (Commissione Europea, 2021).*

Per tali ragioni e per il suo valore intrinseco, il suolo naturale deve essere tutelato e preservato per le generazioni future (Parlamento europeo e Consiglio, 2013).

Il suolo è un ecosistema essenziale, complesso, multifunzionale e vitale di importanza cruciale sotto il profilo ambientale e socioeconomico, che svolge molte funzioni chiave e fornisce servizi vitali per l'esistenza umana e la sopravvivenza degli ecosistemi affinché le generazioni attuali e future possano soddisfare le proprie esigenze (Parlamento europeo, 2021). Ci fornisce cibo, biomassa e materie prime; è la piattaforma per lo svolgimento delle

attività umane; rappresenta un elemento centrale del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come habitat e pool genico. Nel suolo vengono stoccate, filtrate e trasformate molte sostanze, tra le quali l'acqua, gli elementi nutritivi e il carbonio. Per l'importanza che rivestono sotto il profilo socioeconomico e ambientale, anche queste funzioni devono essere tutelate (Commissione Europea, 2006).

I suoli che godono di buona salute sono inoltre il più grande deposito di carbonio del pianeta esclusi gli oceani. Questa caratteristica, insieme alla capacità di assorbire acqua come una spugna e ridurre il rischio di allagamenti e siccità, fa del suolo un alleato indispensabile nella lotta per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici (Commissione Europea, 2021).

L'importanza di proteggere il suolo e di promuoverne la salubrità, tenendo conto del persistere del degrado di tale ecosistema vivente, di tale componente della biodiversità e di tale risorsa non rinnovabile, deriva anche dai costi dell'inazione riguardo al degrado del suolo, con stime che nell'Unione Europea superano i 50 miliardi di euro all'anno (Parlamento europeo, 2021).

I nostri suoli stanno soffrendo: secondo le stime tra il 60% e il 70% dei suoli nell'UE non è in buona salute. Terreni e suoli continuano ad essere soggetti a processi di forte degrado come l'erosione, la compattazione, la riduzione di materia organica, l'inquinamento, la perdita di biodiversità, la salinizzazione e l'impermeabilizzazione (Commissione Europea, 2021).

I processi di degrado non si arrestano e si aggravano, con effetti e cause che vanno oltre le frontiere nazionali, riducendo la capacità del suolo di fornire servizi vitali in tutta l'UE e nei paesi limitrofi. Questa situazione mette a repentaglio la salute umana, l'ambiente, il clima, l'economia e la società perché incide, tra l'altro, sulla sicurezza alimentare, sulla qualità dell'acqua, sull'entità delle inondazioni e della siccità, sulla produzione di biomassa, sulle emissioni di carbonio e sulla perdita di biodiversità (Commissione Europea, 2023).

Le funzioni ecologiche che un suolo di buona qualità è in grado di assicurare garantiscono, oltre al loro valore intrinseco, anche un valore economico e sociale attraverso la fornitura di diversi servizi ecosistemici¹, che si suddividono in²:

- servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.);
- servizi di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, sequestro e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e regolazione degli elementi della fertilità, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

Le terre coltivate e i pascoli dell'UE producono servizi ecosistemici quantificabili in 76 miliardi di euro all'anno: meno di un terzo è generato dalla produzione agricola, il resto da altri servizi ecosistemici. Tuttavia, sebbene i benefici dei suoli sani e i costi del degrado del suolo, insieme alla riduzione dei servizi ecosistemici, interessano sia il pubblico che gli utilizzatori del terreno, sono questi ultimi ad avere le maggiori prerogative sul loro uso e gestione. Inoltre, il valore del capitale del suolo deve essere correttamente riflesso nella contabilità del capitale naturale, in modo da rendere più visibile la nostra dipendenza dal suolo. Per evitare i rischi legati al continuo degrado del suolo e l'impatto di questo sull'economia e sul benessere di tutti, i suoli richiedono l'attenzione massima e urgente di governi, parlamenti, autorità pubbliche di ogni livello, oltre che di operatori economici, utilizzatori di suoli, comunità locali e cittadini (Commissione Europea, 2021).

¹ Le attuali definizioni di servizi ecosistemici mettono in relazione i benefici che l'uomo ottiene, direttamente o indirettamente, dagli ecosistemi (Costanza *et al.*, 1997), necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; Millennium Ecosystem Assessment, 2005), o, secondo la TEEB Foundations (Kumar, 2010): "Ecosystem Services are the direct and indirect contributions of ecosystems to human well-being".

² CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) www.cices.eu

I servizi ecosistemici possono essere considerati come un contributo indiretto del "capitale naturale", ovvero l'insieme delle risorse naturali che forniscono beni e servizi all'umanità (World Bank, 2012). Il termine "capitale" ci ricorda che, in alcuni casi, accanto ai valori intrinseci del suolo, si possono individuare aspetti della sua importanza economica, molti dei quali misurabili con l'ausilio di valutazioni monetarie³. Tali valutazioni possono sicuramente aiutare ad alimentare l'attenzione sulle risorse naturali⁴ attraverso una considerazione articolata dei valori in gioco, monetari e no, ma non devono portarci a ridurre il valore della Natura a un unico criterio, che non tenga conto della sostanza politica delle scelte. Infatti, se la monetizzazione ha in sé delle buone ragioni come, ad esempio la capacità di mostrare il valore di una risorsa con un codice a tutti noto, rischia di alimentare un perverso e incancellabile retropensiero secondo il quale, in fondo, ogni risorsa è una merce con un prezzo e, quindi, con un possibile mercato di scambio che non può tenere in conto il vero valore e il concetto di incommensurabilità della Natura (Pileri *et al.*, 2018). È lo stesso principio fissato dalla Commissione Europea (2021), che ha definito un preciso ordine di priorità da seguire per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo:

1. evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo;
2. in caso di nuove necessità, riutilizzare terreni già consumati e impermeabilizzati;
3. se non è possibile evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo, utilizzare aree già degradate;
4. infine, solo per interventi assolutamente inevitabili, applicare misure di mitigazione per ridurre al minimo la perdita di servizi ecosistemici e per la loro com-

³ Costi di ripristino, perdite potenziali di capitale prodotto, costi economici che è necessario sostenere per poter godere di un certo "servizio" ecosistemico, etc.

⁴ È utile, comunque, ricordare che molti ritengono, per dirla con le parole di George Monbiot, che "illusoria è l'aspettativa che si possa difendere il mondo vivente applicando la stessa mentalità che lo sta distruggendo. Idee come quella che la natura esista per servire a noi; che il suo valore stia nei benefici strumentali che possiamo estrarre; che questo valore possa essere misurato in moneta contante; e che ciò che non può essere misurato non ha importanza, si sono dimostrate letali per il resto della vita sulla Terra" (Femia e Monbiot, 2018).

pensazione attraverso interventi come la rinaturalizzazione di una superficie con qualità e funzione ecologica equivalente.

CONSUMO, COPERTURA, USO E DEGRADO DEL SUOLO

Terreni e suoli sono risorse fragili e limitate, soggette alla pressione di una sempre crescente ricerca di spazio: l'espansione urbana e l'impermeabilizzazione del suolo consumano la natura e trasformano preziosi ecosistemi in deserti di cemento (Commissione Europea, 2021).

Il consumo di suolo è un processo associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, limitata e non rinnovabile, dovuta all'occupazione di una superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale con una copertura artificiale. È un fenomeno legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.



Figura 1. Un edificio in costruzione

⁵ Il glossario completo e aggiornato delle definizioni utilizzate nel presente rapporto è disponibile sul sito www.consumosuolo.isprambiente.it.

⁶ La reversibilità non è mai a costo zero per l'ecosistema suolo. Ad esempio, i movimenti di terra in un cantiere implicano compattazioni, rimozioni e anche possibili contaminazioni. I suoli consumati in modo reversibile, in ogni caso, perdono o vedono ridursi significativamente alcune funzioni, specie quelle ecologiche e quelle legate alla biodiversità. Inoltre, il concetto di reversibilità implica comunque danni e impatti temporanei che spesso possono essere molto prolungati.

La definizione di consumo di suolo, che nel passato era stata oggetto di diverse interpretazioni, è ben chiarita da recenti documenti a livello europeo a cui ISPRA e il SNPA fanno riferimento per le attività di monitoraggio nazionale:

Land take can be defined as the increase in artificial areas over time (EEA, 2021).

Land take means the conversion of natural and semi-natural land into artificial land, i.e., land used as a platform for constructions and infrastructure or as a direct source of raw material or as archive for historic patrimony at the expense of the capacity of soils to provide other ecosystem services (Commissione Europea, 2023).

Il **consumo di suolo** è, quindi, definito come la variazione da una copertura non artificiale (**suolo non consumato**) a una copertura artificiale del suolo (**suolo consumato**)⁵.

Ci sono diverse forme di consumo di suolo e, in particolare, si possono distinguere il consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e il consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile)⁶.

Il **consumo di suolo netto** è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, deimpermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012). La Commissione ha chiarito che "azzeramento del consumo di suolo netto" significa evitare l'impermeabilizzazione di aree agricole e di aree aperte, anche in ambito urbano, e, per la componente residua non evitabile, compensarla attraverso la rinaturalizzazione di un'area di estensione uguale o superiore, che possa essere in grado di tornare a fornire i servizi ecosistemici forniti da suoli naturali (Commissione Europea, 2016)⁷. Va specificato che il

⁷ *What does 'no net land take' mean? Sealing agricultural land and open spaces should be avoided as far as possible and the focus should be on building on land that has already been sealed. This might require greater investment, for example to redevelop land previously used as an industrial site (including decontamination). However, new houses still need to be built and the 2050 goal does not aspire to reduce sealing of new land to zero. When land is taken, the aspiration is to ensure this is no more than is compensated for elsewhere. For example, unused land could be returned to cultivation or renaturalised so that it can once again provide the ecosystem services of unsealed soils (Commissione Europea, 2016).*

solo obiettivo del consumo di suolo netto zero rischia di non intervenire sulla qualità degli interventi ma solo sul bilancio complessivo; pertanto, è necessario accompagnarlo con misure per impedire consumi inutili e limitarli alla componente non evitabile. Inoltre, va sempre rafforzata la considerazione del suolo in quanto risorsa unica, rara e non riproducibile nella definizione dell'eventuale compensazione, anche perché, ad esempio, se un terreno agricolo impermeabilizzato venisse "neutralizzato statisticamente" da un *desealing* per una zona verde in città, si avrebbe comunque un effetto di degradazione netta del suolo.

Per **copertura del suolo** (*Land Cover*) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, che comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. La copertura artificiale può essere di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo).

L'Agenzia Europea per l'Ambiente definisce le superfici a **copertura artificiale** come:

Tutte le superfici dove il paesaggio è stato modificato o è influenzato da attività di costruzione sostituendo le superfici naturali con strutture artificiali abiotiche 2D/3D o con materiali artificiali. Le parti artificiali di aree urbane e suburbane, dove sono presenti infrastrutture insediative permanenti; inclusi anche gli insediamenti in aree rurali. Le aree verdi in ambiente urbano non sono considerate superfici artificiali (EEA, 2023).

Secondo questa definizione, solo una parte dell'area di insediamento è davvero artificiale, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati⁸.

Rientrano, invece, tra le superfici artificiali anche quelle presenti nelle zone agricole e naturali (Commissione Europea, 2013).

L'**impermeabilizzazione del suolo**, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. Altre forme di consumo di suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso la rimozione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali, ad esempio, la compattazione in aree non asfaltate adibite a parcheggio. L'impermeabilizzazione può avvenire sia su aree non consumate, sia su aree già consumate ma non ancora impermeabilizzate (Figura 2).



Figura 2. Impermeabilizzazione del suolo

L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa, comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce ai cambiamenti climatici, minaccia la biodiversità, provoca la perdita di terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale e alla perdita delle capacità di regolazione dei cicli naturali e di mitigazione degli effetti termici locali (Commissione Europea, 2012). La copertura con materiali impermeabili è probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione permanente della sua funzionalità tale da limitare/inibire il suo insostituibile ruolo nel

⁸ Si veda anche EEA, 2021: *Urban green areas are not considered when addressing artificial areas.*

ciclo degli elementi nutritivi. Le funzioni produttive dei suoli sono, pertanto, inevitabilmente perse, così come la loro possibilità di assorbire CO₂, di regolare i flussi idrici, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità e, spesso, la fruizione sociale. L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Commissione Europea, 2013).

Una diversa analisi delle trasformazioni territoriali che si intreccia, ma deve essere distinta dall'analisi del consumo di suolo, è quella basata sull'uso del suolo, che rappresenta il principale riferimento della pianificazione e lo strumento fondamentale per raggiungere l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo. L'**uso del suolo** (*Land Use*) è un concetto diverso dalla copertura del suolo, ovvero dall'effettivo stato biofisico, poiché rappresenta un riflesso delle interazioni tra l'uomo e il suolo e costituisce quindi una descrizione di come esso venga (o possa essere) impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro⁹ (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo). Un cambio di uso del suolo (e ancora meno un cambio di destinazione d'uso del suolo previsto da uno strumento urbanistico) potrebbe non avere alcun effetto sullo stato reale del suolo, che potrebbe mantenere intatte le sue funzioni e le sue capacità di fornire servizi ecosistemici, e quindi non rappresentare un reale consumo di suolo. Al contrario, forme significative di consumo di suolo potrebbero essere rilevate anche in aree a destinazione agricola. Si deve quindi distinguere il livello *de iure* da

quello *de facto*¹⁰, dovendo considerare il suolo come risorsa (Commissione Europea, 2016). La necessità di rilevare separatamente le classi di copertura e di uso del suolo è riconosciuta anche nell'ambito dello *European Land Use Land Cover (LULC) monitoring and reporting obligations* a cura dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2018).

La rappresentazione del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree a copertura artificiale (impermeabilizzate o non impermeabilizzate) e, in particolare, da edifici, fabbricati, infrastrutture e altre costruzioni, aree estrattive, discariche, cantieri, aree pavimentate, in terra battuta, ricoperte da materiali artificiali, pannelli fotovoltaici, non necessariamente in aree urbane. Tale definizione si estende, pertanto, a tutti gli interventi di nuove artificializzazioni in ambiti urbani, rurali e naturali ed esclude, invece, la realizzazione di nuove aree verdi urbane, che, indipendentemente dalla loro destinazione d'uso e dove non siano realizzate coperture artificiali, non rappresentano forme di consumo di suolo. Anche la densificazione urbana, se intesa come una nuova copertura artificiale del suolo all'interno di un'area urbana, rappresenta una forma di consumo di suolo¹¹.

Il **degrado del suolo** è il fenomeno di alterazione delle condizioni del suolo dovuto alla riduzione o alla perdita di produttività biologica o economica a causa principalmente dell'attività dell'uomo (Oldeman *et al.*, 1991). Oltre alla produttività, altri fattori come la copertura del suolo, l'erosione idrica o il contenuto di carbonio organico possono essere usati per valutare il degrado del suolo (Lal, 2015). Altre definizioni di degrado del suolo evidenziano la perdita, talvolta irreversibile, di biodiversità, delle funzioni e della capacità di fornire servizi ecosistemici (Orgiazzi *et al.*, 2016). La desertificazione consiste nel livello estremo di degrado del suolo. La UNCCD ha adottato il Quadro Strategico 2018-2030 che è imperniato sul con-

⁹ *Land Use is itself split up into two different types: 1. The Existing Land Use (current land use in the above definition), which objectively depicts the use and functions of a territory as it has been and effectively still is in real life; 2. The Planned Land Use (future planned land use in the above definition), which corresponds to spatial plans, defined by spatial planning authorities, depicting the possible utilization of the land in the future. Planned land use is regulated by spatial planning documents elaborated at various levels of administration* (Direttiva 2007/2/CE).

¹⁰ Per approfondimenti, con riferimento alla situazione italiana, si vedano, ad esempio, Maddalena (2014) e Pileri (2018).

¹¹ "Land take includes the conversion of land within an urban area (densification)" (Commissione Europea, 2012). Ci sono anche forme di densificazione che non consumano nuovo suolo, ad esempio quando si interviene su aree già edificate o su aree dismesse in cui, quindi, non aumentano le aree a copertura artificiale.

seguimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) finalizzato a conseguire la neutralità in termini di degrado del suolo entro il 2030 (*Land Degradation Neutrality - LDN*). La LDN è stata definita dall'UNCCD (2016) come “uno stato in cui la quantità e la qualità delle risorse territoriali, necessarie a sostenere funzioni e servizi ecosistemici e a rafforzare la sicurezza alimentare, rimangono stabili o aumentano entro specifiche scale temporali e territoriali ed ecosistemi”.

In Tabella 1 è riportata una sintesi delle definizioni utilizzate e delle differenze tra i concetti di espansione urbana e infrastrutturale, consumo di suolo (o artificializzazione), impermeabilizzazione del suolo e degrado del suolo attraverso una matrice dei cambiamenti di copertura del suolo.

Tabella 1. Matrice dei cambiamenti di copertura del suolo e definizione di espansione urbana e infrastrutturale (EUI - bordo rosso), consumo di suolo (CDS - bordo marrone), impermeabilizzazione (IMP - bordo viola) e degrado (riempimento arancione per le aree in peggioramento, in grigio per le aree stabili, in verde per le aree in miglioramento)

Copertura del suolo	Aree artificiali impermeabilizzate	Aree artificiali non impermeabilizzate	Aree vegetate in ambiente urbano	Suolo naturale non vegetato	Vegetazione erbacea in area agricola	Serre non pavimentate	Copertura arborea	Prati e pascoli	Acque
Aree artificiali impermeabilizzate									
Aree artificiali non impermeabilizzate	IMP								
Aree vegetate in ambiente urbano	CDS IMP	CDS							
Suolo naturale non vegetato	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Vegetazione erbacea in area agricola	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Serre non pavimentate	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Copertura arborea	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Prati e pascoli	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						
Acque	EUI CDS IMP	EUI CDS	EUI						

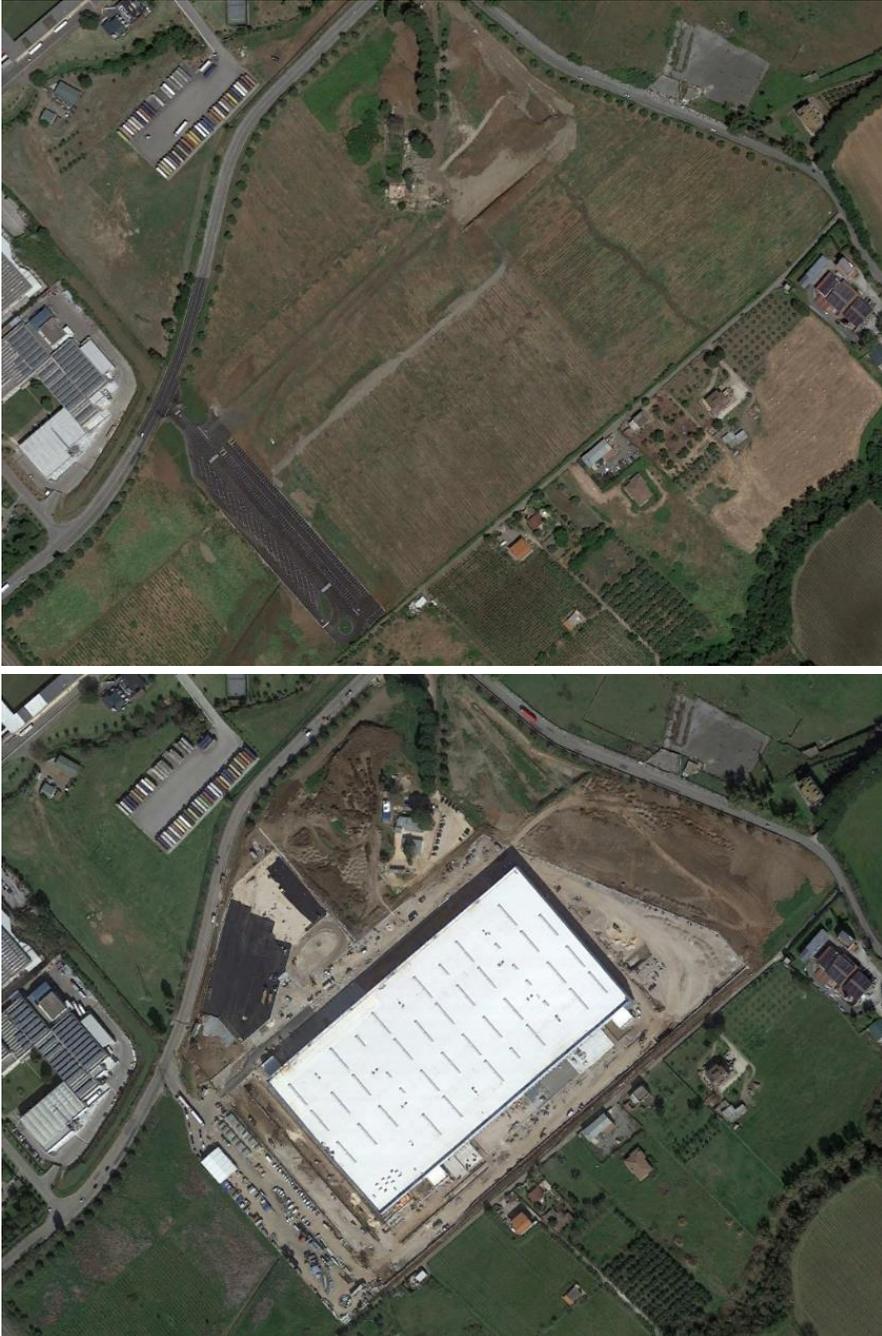


Figura 3. Consumo di suolo ad Ardea (Roma) per la realizzazione di un nuovo polo logistico di 5,67 ettari, dovuti all'area di cantiere (122) e annesso edificio (111). In alto l'immagine relativa all'anno 2021, in basso al 2022.

IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO E DEL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

Le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo nel nostro Paese, assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) come previsto dalla L.132/2016¹², permettono di avere un quadro aggiornato annualmente dell'evoluzione dei fenomeni del consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana, in particolare, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici.



Figura 4. Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

La L.132/2016, al fine di assicurare omogeneità ed efficacia all'esercizio dell'azione conoscitiva e di controllo pubblico della qualità dell'ambiente a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale e di prevenzione sanitaria a tutela della salute pubblica del nostro Paese, istituisce i LEPTA, i Livelli Essenziali delle Prestazioni Tecniche Ambientali, che costituiscono il livello minimo omogeneo su tutto il territorio nazionale delle attività che il Sistema nazionale è tenuto a garantire, anche ai fini del perseguimento degli obiettivi di prevenzione collettiva previsti dai livelli essenziali di assistenza sanitaria. Pro-

prio in tale ambito è previsto che il SNPA assicuri il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo attraverso la redazione di cartografia tematica e l'utilizzo di reti di monitoraggio puntali o di tecniche di *Earth Observation* per la classificazione della copertura del suolo. Il SNPA si è, quindi, organizzato per assicurare le attività di monitoraggio, costituendo un'apposita "rete tematica" per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo, coordinata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), a cui partecipano le 21 Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA-APPA).

Il monitoraggio avviene attraverso la produzione di una cartografia nazionale del consumo di suolo su base raster (griglia regolare) di 10x10m, prodotto secondo un sistema di classificazione il cui primo livello suddivide l'intero territorio in suolo consumato e suolo non consumato. Le elaborazioni annuali seguono una metodologia omogenea e prevedono un processo con le seguenti fasi:

- acquisizione dei dati di input (*Sentinel 1 e 2*, altre immagini satellitari disponibili, dati ancillari);
- preprocessamento dei dati;
- classificazione semi-automatica della serie temporale completa dell'anno in corso e dell'anno precedente di *Sentinel 1 e 2*;
- produzione di una cartografia preliminare;
- fotointerpretazione multitemporale completa dell'intero territorio ed editing a scala di dettaglio ($\geq 1:5.000$);
- revisione della serie storica;
- rasterizzazione;
- validazione;
- condivisione di dati preliminari con Regioni, Province autonome e Comuni per eventuali proposte di modifica;
- revisione e integrazione delle osservazioni;
- mosaicatura nazionale e riproiezione in un sistema equivalente per la produzione della cartografia;
- elaborazione e restituzione di dati e indicatori.

¹² Legge 28 giugno 2016, n. 132. Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore

per la protezione e la ricerca ambientale (GU Serie Generale n.166 del 18-07-2016).

La risoluzione geometrica dei dati è allineata ai dati disponibili in ambito *Copernicus* e, in particolare, alla missione *Sentinel-2*, che, lanciata a giugno 2015, fornisce dati multispettrali con una risoluzione di 10 metri, adatti quindi sia per processi di fotointerpretazione, sia di classificazione semiautomatica.

Tabella 2. Sistema di classificazione del consumo di suolo

<p>11. Consumo di suolo permanente</p> <p>111. Edifici, fabbricati</p> <p>112. Strade pavimentate</p> <p>113. Sede ferroviaria</p> <p>114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)</p> <p>115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)</p> <p>116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)</p> <p>117. Serre permanenti pavimentate</p> <p>118. Discariche</p>
<p>12. Consumo di suolo reversibile</p> <p>121. Strade non pavimentate</p> <p>122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)</p> <p>123. Aree estrattive non rinaturalizzate</p> <p>124. Cave in falda</p> <p>125. Impianti fotovoltaici a terra</p> <p>126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo</p>
<p>20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo</p> <p>201. Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)</p> <p>202. Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali, aree pertinenziali associate alle infrastrutture viarie</p> <p>203. Serre non pavimentate</p> <p>204. Ponti e viadotti su suolo non artificiale</p> <p>205. Impianti fotovoltaici a bassa densità</p>

Il sistema di classificazione (Tabella 2) prevede che il consumo di suolo sia suddiviso in due categorie principali, permanente e reversibile, che costituiscono il se-

condo livello di classificazione, e in un terzo livello di dettaglio. Sono inoltre classificate alcune classi di copertura che sono state escluse dal computo del consumo di suolo, ad esempio perché non coprono il 50% della cella di rilevazione (si veda più avanti) o perché è preservata in prevalenza la naturalità del suolo.

Le classi adottate per la descrizione del consumo di suolo afferiscono alla componente di copertura del suolo di "Superfici artificiali ed edifici" di EAGLE¹³ della rete Europea Eionet¹⁴. In particolare:

- il suolo consumato permanente include strutture sia verticali (come edifici e fabbricati), che orizzontali (come infrastrutture stradali, piazzali e altre aree pavimentate), che comportano l'impermeabilizzazione e la compromissione irreversibile della risorsa suolo e delle relative funzioni ecosistemiche. Al terzo livello di classificazione, il suolo consumato permanente si articola in sottoclassi riconducibili alle "superfici artificiali impermeabili" di EAGLE, con l'eccezione delle sedi ferroviarie (considerate superfici artificiali permeabili da EAGLE) e delle serre non pavimentate (attribuite all'abiotico artificiale impermeabile da EAGLE e al suolo non consumato da SNPA);
- il suolo consumato reversibile si verifica in aree in cui le superfici e i materiali naturali possono essere alterati, rimossi o sostituiti a seguito del verificarsi di interventi antropici che portano a coperture artificiali non impermeabili o ad azioni come compattazione, escavazione, stoccaggio di materiali. Le classi del consumo di suolo reversibile sono caratterizzate da condizioni di reversibilità molto diverse tra loro, in primo luogo per il tempo di recupero complessivo dei suoli (nella maggior parte dei casi molto lungo), ma anche per il diverso effetto transitorio e per la reale fattibilità del processo di rinaturalizzazione. Va sottolineato, infatti, che anche il consumo reversibile inibisce servizi ecosistemici cruciali, e che va sempre considerata la perdita di funzioni per tutto il periodo che precede l'effettivo e completo recupero. Le sottoclassi al terzo livello in cui si articola il suolo

¹³ Eionet Action Group on Land Monitoring in Europe.

¹⁴ La rete Eionet (*European Environment Information and Observation Network*) è coordinata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente e raccoglie i dati ambientali a supporto della Commissione Europea, in cooperazione con i Paesi membri.

consumato reversibile sono riconducibili per la gran parte alla sottoclasse EAGLE di “superfici artificiali permeabili”, con l’eccezione delle aree estrattive (considerate rocce nude naturali da EAGLE e assimilate a suolo consumato reversibile da SNPA, per via della forte alterazione subita da tali aree a causa dell’azione antropica), dei pannelli fotovoltaici a terra (considerate superfici artificiali impermeabili da EAGLE).

Le superfici artificiali vengono rilevate solo se di estensione tale da coprire più del 50% della cella di 10x10m. Sono, quindi, esclusi molti elementi lineari di spessore limitato, come le infrastrutture minori in contesto agricolo o naturale. Il nuovo sistema di classificazione, inoltre, non considera più come consumo le serre permanenti, escluse quelle pavimentate (dove rilevabili) e, in generale, gli interventi connessi con la conduzione dell’attività agricola in cui siano assicurate le condizioni di naturalità del suolo. Sono inoltre esclusi i corpi idrici artificiali (ma non le cave in falda), i ponti (se il suolo sottostante è mantenuto in condizioni di naturalità, dove rilevabile) e le gallerie. Gli impianti fotovoltaici che non coprono più del 50% della cella di rilevazione, a partire dal 2022, sono stati rilevati ma non inclusi nel consumo reversibile.

Le attività di monitoraggio sfruttano ampiamente le potenzialità del programma Europeo di osservazione della Terra *Copernicus* che, secondo il Regolamento UE n. 377/2014 “fornisce informazioni sullo stato dell’atmosfera, degli oceani, del territorio, a sostegno delle politiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici e della gestione delle emergenze e della sicurezza civile”. Il Programma *Copernicus* è, dunque, un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati. *Copernicus* integra ed elabora tutte queste risorse fornendo agli utenti istituzionali, della ricerca e dell’industria, informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all’ambiente, al territorio e alla sicurezza.

Il Programma si divide in due principali strutture: i servizi e la componente spazio. I servizi si articolano in aree tematiche (*Core Services*): il monitoraggio del territorio, del mare e degli oceani, dell’atmosfera, dei cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze, la sicurezza e l’in-situ. La componente spazio, costituita dai satelliti, le associate infrastrutture di terra e dall’acquisizione dei dati

da fornitori terzi, è gestita e sviluppata da ESA con il concorso dell’Organizzazione Europea per l’utilizzazione dei Satelliti in Meteorologia (*Eumetsat*).

Per quanto riguarda il servizio di monitoraggio del territorio (CLMS), esso fornisce informazioni geografiche su *land cover* e diverse variabili relative allo stato della vegetazione e al ciclo dell’acqua ed è composta da 3 principali componenti: la componente globale coordinata dal JRC, che produce dati a scala globale, la componente Pan-Europea, coordinata dall’Agenzia Europea dell’Ambiente, che produce gli strati ad alta risoluzione e provvede all’aggiornamento del *Corine Land Cover*, e la componente Locale coordinata anch’essa dall’Agenzia Europea dell’Ambiente che fornisce informazioni specifiche e dettagliate di *land cover* e *land use* su aree specifiche, di cui un esempio è *Urban Atlas*. In aggiunta alle 3 componenti, il servizio CLMS supporta i *Reference Data* relativi a dati *in-situ* necessari ai servizi *Copernicus*.

Nell’ambito del programma *Copernicus* sono resi disponibili, in modo completamente aperto e gratuito, tutti i dati dei servizi e le immagini acquisite dalla costellazione di satelliti *Sentinel*. Tali satelliti forniscono immagini radar e ottiche ad alta risoluzione del nostro pianeta, permettendo il monitoraggio del territorio (copertura vegetale, suolo ed acqua, etc.), del mare (temperatura, andamento della superficie marina, etc.) e dell’atmosfera.

Ai fini del monitoraggio del territorio a cura di SNPA, vengono oggi ampiamente utilizzate le immagini multispettrali *Sentinel-2* (13 bande) caratterizzate da un elevato tempo di rivisitazione (3-5 gg) ed una risoluzione compresa tra i 10m e i 60m, e le immagini radar delle missioni *Sentinel-1* (Radar ad Apertura Sintetica - SAR - in banda C). Entrambe, con un opportuno preprocessing, rendono possibile lo sviluppo di procedure di classificazione automatica e semi-automatica alla base delle successive fotointerpretazione, elaborazione e restituzione cartografica anche se, ai fini di un monitoraggio del territorio adeguato alle esigenze di questo rapporto, è spesso necessario ricorrere a dati a maggiore risoluzione geometrica.

A livello nazionale, il Piano strategico *Space Economy*, che nasce dai lavori della Cabina di Regia Spazio, iniziativa promossa dalla Presidenza del Consiglio dei ministri per la definizione della politica nazionale nel settore spaziale, insieme a quanto previsto anche all’interno del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), hanno lo scopo di utilizzare il settore spaziale in uno dei motori

propulsori della nuova crescita del Paese. Il sistema, attraverso la realizzazione di infrastrutture/sistemi innovativi abilitanti e la creazione di strutture operative nazionali, è basato su piattaforme *Big Data* di archiviazione, elaborazione e integrazione dei dati satellitari con altri dati osservativi e di previsione da modelli, in grado di abbattere le barriere di accesso alle informazioni utili per la fornitura di servizi informativi per utenti istituzionali e privati. Moltissime le applicazioni che possono essere abilitate da tali piattaforme, come l'Infrastruttura Operativa Nazionale per il monitoraggio dell'ambiente a supporto del SNPA, con servizi operativi relativi a monitoraggio del territorio, delle principali risorse ambientali e dell'ambiente costruito, sorveglianza marittima, *nowcasting* (previsione meteo marina a breve termine), agricoltura di precisione e suoi impatti sul territorio e sul suolo. In particolare, è stato recentemente avviato il programma IRIDE che prevede una componente di monitoraggio dell'uso e copertura del suolo sviluppata in numerosi servizi (denominati *Service Value Chain*), tra cui il monitoraggio ad altissima risoluzione del suolo consumato e del consumo di suolo, con alcuni servizi precursori che saranno disponibili tra il 2023 e il 2024, e sviluppati fino all'operatività nel 2026. Sempre in ambito PNRR, il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica ha progettato ed avviato il Sistema Integrato di Monitoraggio in cui sono previsti vari servizi relativi al consumo di suolo e copertura del suolo con risoluzione elevatissima.

PROSPETTIVE FUTURE PER IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO A LIVELLO EUROPEO

Nel 2019 l'Agenzia Europea dell'Ambiente e la Commissione Europea (DG DEFIS) hanno iniziato a sviluppare un sistema nell'ambito del *Copernicus Land Monitoring Service* (CLMS), che risponde agli attuali e futuri requisiti degli obblighi per il monitoraggio e il reporting del *Corine Land Cover* e *Land Use* Europeo. Il sistema è chiamato "CORINE Land Cover (CLC) di 2ª generazione" e i relativi prodotti e *database/web application* sono indicati come "CLC+" o "Sistema CLC+".

Il sistema CLC+ è basato sul concetto di *Land Cover* e *Land Use* (LC/LU) ed è conforme con il sistema di classificazione di *land cover* LCCS v.3 (FAO) e con le specifiche INSPIRE. È stato sviluppato in collaborazione con il gruppo EAGLE di Eionet e fornisce le basi per far fronte alla richiesta sempre più urgente di avere informazioni di LC/LU a maggiore risoluzione spaziale e maggiore frequenza di aggiornamento per i prossimi 10-15 anni. Il problema delle classi miste di LC e LU viene risolto e il sistema permette un arricchimento degli attributi più semplice e *query* più complesse.

Le figure seguenti mostrano i diversi elementi del sistema CLC+ (Figura 5) e lo schema del flusso di lavoro CLC+ (Figura 6) che descrive come ottenere, partendo dai dati di input, le specifiche istanze utilizzando il CLC+ *Core*.



Figura 5. La suite dei prodotti CLC+

Attraverso l'utilizzo del *database/web application*¹⁵ CLC+ *Core* è possibile:

- armonizzare i dati LC/LU di input esistenti (differenti tra loro) usando una nomenclatura comune (EAGLE);
- combinare i dati esistenti con lo sviluppo di regole di estrazione;
- ottenere come output un *grid* di 100 metri (es. istanze LULUCF).

*Prima istanza LULUCF*¹⁶ (*versione beta*)

Al fine di supportare il processo LULUCF e produrre una prima istanza, l'Agenzia Europea dell'Ambiente ha utilizzato come input i dati del CLMS di *land cover and land use* presenti nel CLC+ *Core database/web application*.

¹⁵ Attualmente l'accesso alla web application è possibile solo tramite un account EIONET.

¹⁶ Land Use, Land Use Change and Forestry

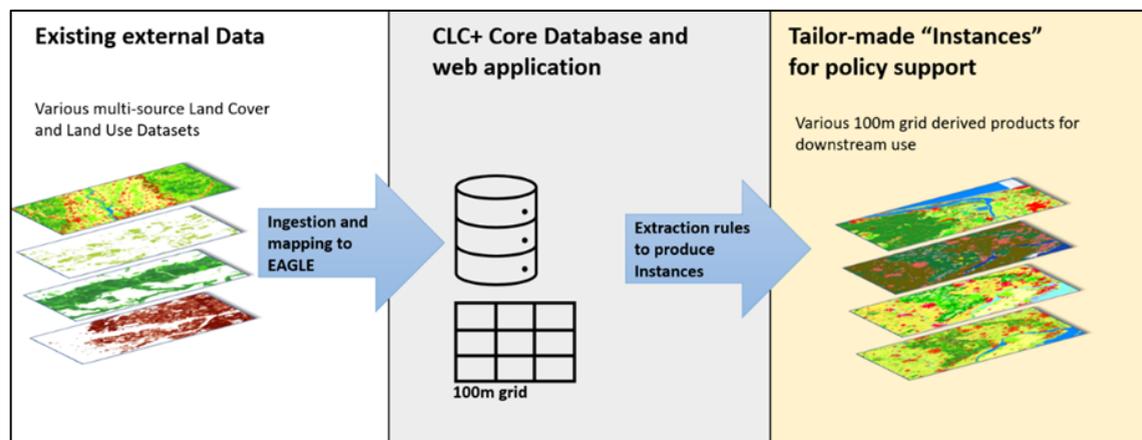


Figura 6. Flusso di lavoro per la produzione delle specifiche istanze

Tabella 3. Lista dei dati presenti nel CLC+ Core e utilizzati come input per l'istanza LULUCF

Product Category	Product Name	Data format
HRLs 2018		
Imperviousness	Degree of Imperviousness	Raster
Forest	Tree Cover Density	Raster
Forest	Dominant Leaf Type	Raster
Grassland	Grassland	Raster
Water and Wetness	Water and Wetness	Raster
Small Woody Features	Small Woody Features	Raster
CLC/ CLC+ Backbone 2018		
CLC raster	Corine Land Cover	Raster
CLC+ Backbone	Corine Land Cover Plus Backbone	Raster
Local Components 2018		
Urban Atlas	Urban Atlas LC/LU	Vector
Riparian Zones	Riparian Zones LC/LU	Vector
Natura 2000	Natura 2000 LC/LU	Vector
Coastal Zones	Coastal Zones LC/LU	Vector
Other products used		
EU Crop map 2018	D'Andrimont et al., 2021 EU Crop map 2018	Raster

Il prototipo realizzato rappresenta una prima versione, non è pubblico e non è operativo. È riferito in gran parte al 2018 e ha carenze significative in alcune aree tematiche (ad esempio *wetland* e *cropland*). Obiettivo di questo primo prototipo è quello di derivare (in gran parte dai dati di *land cover* ma anche dalle informazioni di *land use*) delle categorie LULUCF indipendenti che fungano da proxy, ma anche incoraggiare i paesi a utilizzare la *web application* CLC+ Core al fine di sviluppare dati LULUCF.

Nel CLC+ Core è possibile infatti aggiungere dati nazionali, modificare le regole di estrazione e creare delle proprie istanze specifiche.

L'istanza LULUCF è un *grid* a 100 m di risoluzione, realizzato¹⁷ con la *web application* dalla combinazione di informazioni di LC/LU presenti nel database. Classificato sulla base delle sei principali categorie LULUCF (*Forest Land, Cropland, Grassland, Wetland, Settlements e Other Land*) per la sua estrazione sono state utilizzate regole uguali per tutti i 27 paesi EU. I dati di input che sono stati utilizzati, tutti riferiti al 2018 sono riportati nella Tabella 3.

La Tabella 4 riporta alcune definizioni di base dei prodotti CLC+, mentre le principali azioni previste sono:

- nel Q4/2023 è prevista l'istanza LULUCF con dati dell'inventario 2021;
- produzione in modalità sincrona con gli anni dell'inventario da fine 2024;
- inclusione di *dataset* aggiuntivi e nuovi (*wetlands, crops*);
- test relativo all'adozione di regole di estrazione specifiche per paese (per sopperire al problema delle diverse definizioni di categorie LULUCF a livello nazionale, in particolare *Forest*);
- sensibilizzare i Paesi per cooperazione/feedback e possibili *training*;
- la risoluzione spaziale di 100 m è sicuramente un miglioramento significativo rispetto ai precedenti prodotti del CLC; tuttavia, l'aggregazione che viene fatta nella *web application* da dati di input a maggiore risoluzione porta necessariamente alla perdita di informazione. Non viene esclusa la possibilità di sviluppare in futuro la possibilità di avere dei prodotti di output a maggiore risoluzione spaziale.

Tabella 4. Definizioni di base dei prodotti CLC+

Corine Land Cover (CLC) - chiamato anche CLC tradizionale:
Prodotti di uso e copertura del suolo e mappatura dei cambiamenti basati su fotointerpretazione, ad alta risoluzione tematica e bassa risoluzione spaziale e temporale (1990, 2000, 2006, 2012, 2018). Il prossimo aggiornamento è previsto per il 2024.
Produzione coordinata da EEA/ETC e implementata dai paesi.
Dati dei cambiamenti affidabili, serie temporale consistente, 'ownership' dei paesi.
CLC+ ("Corine Land Cover plus"):
Differente dal CLC tradizionale. È un <u>sistema</u> che contiene sia nuovi dati geospaziali (CLC+ BB raster e vettoriale), che un database/web app (Core). CLC+ (come sistema) ha l'obiettivo di essere il successore del CLC, più agile e flessibile, a supporto delle politiche EU.
CLC+ BB (Backbone): componente geospaziale del sistema CLC+. Prodotti raster e vettoriali.
Prodotto raster: nuovi prodotti di sola copertura con 11 classi. Disponibile per il 2018 (il 2021 è in produzione). La frequenza di aggiornamento prevista è ogni 2 anni (2021-2023-2025...)
Prodotto vettoriale: 18 classi. Disponibile per il 2018. In discussione possibili aggiornamenti futuri.
CLC+ Core: database e web application basata sul concetto di EAGLE. Informazioni di uso e copertura del suolo, eterogenei tra di loro sono ingeriti nel sistema, mappati secondo la nomenclatura di EAGLE e poi combinati per creare un output geospaziale specifico (istanza), formato grid 100 m. Le prime istanze saranno:
CLC+ LULUCF: obiettivo è creare delle proxy indipendenti per le categorie LULUCF (attività in corso)
CLC+ legacy: sviluppare un prodotto bottom-up che permetta nel lungo termine la continuazione della serie temporale del CLC tradizionale.

¹⁷ Il prodotto è stato sviluppato e implementato da un consorzio di *service providers* (GeoVille, Cloudflight e GAF).

LA STRATEGIA EUROPEA PER IL SUOLO E GLI ORIENTAMENTI COMUNITARI

A fine 2021 la Commissione Europea ha approvato la nuova Strategia dell'UE per il suolo per il 2030¹⁸ per ribadire come la salute del suolo sia essenziale per conseguire gli obiettivi in materia di clima e di biodiversità del *Green Deal* europeo. La Strategia definisce un quadro e misure concrete per proteggere e ripristinare i suoli e garantire che siano utilizzati in modo sostenibile. Determina una visione e gli obiettivi per i terreni sani entro il 2050, con azioni concrete entro il 2030. La Commissione, con l'approvazione della Strategia, si è impegnata, inoltre, ad approvare una nuova legge sulla salute del suolo entro il

2023 per garantire parità di condizioni e un elevato livello di protezione dell'ambiente e della salute.

La nuova Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 è un risultato fondamentale della strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030¹⁹ e intende contribuire al raggiungimento degli obiettivi del *Green Deal*, in considerazione del fatto che suoli sani sono essenziali per raggiungere la neutralità climatica, per un'economia pulita e circolare, per fermare la desertificazione e il degrado del territorio, per invertire il processo di perdita di biodiversità, per garantire cibo sano e per salvaguardare la salute umana (Commissione Europea, 2021).



Figura 7. I collegamenti tra la Strategia europea per il suolo per il 2030 e le altre iniziative dell'Unione Europea (Commissione Europea, 2021)

¹⁸ Strategia dell'UE per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima (Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate) - COM/2021/699 final

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0699>

¹⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0380&from=EN>

Si segnala anche che Il 22 giugno 2022 la Commissione europea ha proposto al Parlamento europeo l'adozione di una nuova normativa, la *Nature Restoration Law*, volta a ripristinare l'habitat naturale europeo in cui, tra le varie misure previste, ci sono lo stop alla perdita netta di spazi verdi urbani entro il 2030, prevedendo un aumento del 5% entro il 2050, garantendo un minimo del 10% di copertura arborea in ogni area urbana e borgo europeo e raggiungendo un guadagno netto di spazi verdi integrati agli edifici e alle infrastrutture, oltre all'aumento complessivo della biodiversità negli ecosistemi agricoli e forestali.

La prospettiva della nuova strategia è di avere entro il 2050 tutti gli ecosistemi dei suoli dell'UE in buona salute e dunque più resilienti. Per questo, sono ritenuti necessari cambiamenti molto profondi nel corso dell'attuale decennio e vengono definiti obiettivi di medio termine e di lungo periodo.

Gli obiettivi di medio termine, da raggiungere entro il 2030 sono:

- combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo (Obiettivo per lo sviluppo sostenibile 15.3);
- ripristinare vaste superfici di ecosistemi degradati e ricchi di carbonio, compresi i suoli;
- raggiungere l'obiettivo di un assorbimento netto dei gas a effetto serra pari a 310 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente all'anno a livello di UE per il settore dell'uso del suolo, del cambiamento di uso del suolo e della silvicoltura (LULUCF);
- ottenere buone condizioni ecologiche e chimiche nelle acque di superficie e buone condizioni chimiche e quantitative nelle acque sotterranee entro il 2027;
- ridurre la perdita di nutrienti di almeno il 50%, l'uso generale e il rischio derivante dai pesticidi chimici del 50% e l'uso dei pesticidi più pericolosi del 50% entro il 2030;
- realizzare progressi significativi nella bonifica dei suoli contaminati.

Gli obiettivi di lungo periodo, da raggiungere entro il 2050 sono:

- raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero;
- ridurre l'inquinamento del suolo a livelli non più considerati nocivi per la salute umana e per gli ecosistemi naturali e rimanere entro limiti che il nostro pianeta può sostenere, così da creare un ambiente privo di sostanze tossiche;
- conseguire la neutralità climatica in Europa e, come primo passo, mirare a raggiungere la neutralità climatica basata sul suolo nell'UE entro il 2035;
- conseguire una società resiliente ai cambiamenti climatici nell'UE, pienamente adattata ai loro inevitabili effetti.

Con riferimento al consumo e all'impermeabilizzazione del suolo, la Strategia prevede una serie di azioni. In particolare, gli Stati membri dovrebbero:

- stabilire entro il 2023 degli ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali per ridurre il consumo netto di suolo entro il 2030, così da contribuire in modo quantificabile all'obiettivo dell'UE per il 2050 e registrare i progressi compiuti;
- integrare la "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 8) nei piani comunali e dare priorità al riutilizzo e al riciclo di terreni già costruiti e impermeabilizzati, tutelando i suoli a livello nazionale, regionale e locale, attraverso le idonee iniziative di regolamentazione e la graduale abolizione degli incentivi finanziari contrari a questa gerarchia, come ad esempio eventuali incentivi fiscali locali per la conversione di terreni agricoli o naturali in ambienti edificati.



Figura 8. La "gerarchia del consumo di suolo" prevista dalla strategia dell'UE per il suolo per il 2030 (Commissione Europea, 2021)

Inoltre, la Commissione intende:

- proporre una definizione di consumo netto di suolo nella normativa sulla salute del suolo;
 - nell'ambito della valutazione d'impatto per la normativa sulla salute del suolo, prendere in considerazione disposizioni per la rendicontazione dei progressi verso gli obiettivi relativi al consumo di suolo da parte degli Stati membri;
 - nell'ambito della valutazione d'impatto per la normativa sulla salute del suolo, prendere in considerazione le diverse opzioni per il monitoraggio e la rendicontazione dei progressi compiuti verso gli obiettivi di un consumo netto di suolo pari a zero e l'attuazione della gerarchia del consumo di suolo sulla base dei dati comunicati dagli Stati membri;
 - fornire orientamenti alle autorità pubbliche e alle aziende private su come ridurre l'impermeabilizzazione del suolo, comprese le migliori pratiche per iniziative locali di deimpermeabilizzazione delle superfici artificiali, così da permettere al suolo di respirare, con una revisione degli orientamenti dell'UE sull'impermeabilizzazione del suolo prevista entro il 2024;
 - promuovere uno scambio di migliori pratiche, sulla scorta delle esperienze di Stati membri o regioni dotati di sistemi di pianificazione spaziale che riescono ad affrontare con successo la sfida del consumo di suolo, al fine di sviluppare una metodologia comune.
- La Strategia evidenzia l'importanza del concetto di salute del suolo (*Soil Health*), che rimanda al suolo come organismo vivente da mantenere in buona salute per garantire la salute di tutti noi, definendo i suoli come sani quando presentano buone condizioni chimiche, biologiche e fisiche, e possono dunque fornire in modo continuativo il maggior numero possibile dei seguenti servizi ecosistemici:
- produrre alimenti e biomassa, anche in agricoltura e silvicoltura;
 - assorbire, conservare e filtrare l'acqua e trasformare i nutrienti e le sostanze, in modo da proteggere i corpi idrici sotterranei;
 - porre le basi per la vita e la biodiversità, compresi gli habitat, le specie e i geni;
 - fungere da serbatoio di carbonio;

- fornire una piattaforma fisica e servizi culturali per le persone e le loro attività;
- fungere da fonte di materie prime;
- costituire un archivio del patrimonio geologico, geomorfologico e archeologico.

Un suolo sano è, quindi, un suolo che fornisce i servizi ecosistemici di cui abbiamo bisogno per la nostra salute e il nostro benessere. *Caring for soil is caring for life* è, infatti, il tema del *Mission Board Soil Health and Food*²⁰, una delle cinque missioni dell'UE (le altre riguardano la lotta contro il cancro, l'adattamento ai cambiamenti climatici, la protezione degli oceani e la vita in città più verdi), parte integrante del programma quadro *Horizon Europe* a partire dal 2021. Le missioni rappresentano gli impegni dell'Unione per risolvere alcune delle più grandi sfide che il nostro mondo deve affrontare e che saranno al centro del processo di trasformazione e di ripresa che è in corso in tutta Europa. Anche le missioni contribuiranno in modo decisivo agli obiettivi del *Green Deal* europeo e agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals - SDGs*) dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015). Ognuna di esse opererà come un portafoglio di azioni - con progetti di ricerca, misure politiche o anche iniziative legislative - per raggiungere obiettivi misurabili.

Prima della nuova Strategia, anche il Parlamento europeo, con la risoluzione del 28 aprile 2021 sulla protezione del suolo²¹, aveva chiesto alla Commissione di predisporre una direttiva vincolante su questi temi e di prevedere "misure efficaci in materia di prevenzione e/o riduzione al minimo dell'impermeabilizzazione del suolo e qualsiasi altro uso del suolo che influisca sulle sue prestazioni, dando priorità al riuso dei terreni e del suolo dismessi e al riuso dei siti abbandonati rispetto all'uso di terreni non impermeabilizzati, al fine di conseguire l'obiettivo di non degrado del territorio entro il 2030 e di occupazione netta di suolo pari a zero al più tardi entro il 2050, con un obiettivo intermedio entro il 2030, per raggiungere un'economia circolare, nonché a includere il di-

ritto a una partecipazione e consultazione effettive e inclusive del pubblico riguardo alla pianificazione dell'uso del territorio e a proporre misure che prevedano tecniche di costruzione e drenaggio che consentano di preservare quanto più possibile le funzioni del suolo, laddove sia presente l'impermeabilizzazione del suolo" (Parlamento europeo, 2021).

La stessa risoluzione segnala che "è deplorabile che l'UE e i suoi Stati membri non siano attualmente sulla buona strada per rispettare i loro impegni internazionali ed europei relativi al suolo e ai terreni, in particolare:

- combattere la desertificazione, ripristinare i territori e i suoli degradati, comprese le aree colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo entro il 2030;
- conseguire l'obiettivo per il 2050 di consumo di suolo netto pari a zero e ridurre l'erosione, aumentare il carbonio organico nel suolo e avanzare con i lavori di bonifica entro il 2020;
- gestire in modo sostenibile i terreni nell'UE e proteggere adeguatamente i suoli".

Il Parlamento, inoltre, invita la Commissione ad aggiornare gli orientamenti sulle migliori pratiche per limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo in linea con gli obiettivi del *Green Deal* europeo; invita a stimare i terreni occupati e/o impermeabilizzati e la corrispondente perdita di servizi ecosistemici e connettività ecologica; chiede che questi aspetti siano presi in considerazione e adeguatamente compensati nel contesto delle valutazioni di impatto ambientale e strategiche di progetti e programmi; esprime il suo sostegno alla *Mission Board Soil Health and Food* con l'obiettivo di garantire che il 75% dei suoli sia sano entro il 2030 perché lo siano anche alimenti, persone, natura e clima; raccomanda lo sviluppo di nuove aree verdi, forestali e agroforestali, specialmente all'interno delle aree urbane, per compensare gli impatti negativi dell'attuale elevato livello di impermeabilizzazione del suolo nelle città europee.

²⁰ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/soil-deal-europe_en

²¹ Risoluzione del Parlamento europeo n. 2021/2548(RSP) https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2021-0221_IT.html

Questa rinnovata attenzione a livello europeo è da considerare molto positivamente e tenta di recuperare un evidente ritardo nella definizione delle politiche comuni sul suolo. Va ricordato che a livello europeo si è spesso fatto ricorso, in campo ambientale, all'emanazione di "strategie tematiche" finalizzate a stabilire misure di cooperazione e linee di indirizzo rivolte agli Stati membri e alle autorità locali e che l'assenza di specifiche Direttive che le rendano vincolanti rappresenta un punto di debolezza dell'azione europea, che non è stata finora in grado di formulare una politica integrata in grado di arrestare i processi di degrado del suolo e tutelare efficacemente questa fondamentale risorsa ambientale.

Sono passati molti anni, infatti, da quando, nel 2002, la Commissione Europea diffuse una "Comunicazione" dal titolo "Verso una strategia tematica per la protezione del suolo" (Commissione Europea, 2002) in cui si evidenziava l'importanza del suolo come risorsa vitale e fondamentalmente non rinnovabile, sottoposta a crescenti pressioni, e si riconosceva la complessità dell'argomento e la necessità di tempi lunghi per la formulazione di una politica europea integrata.

Nel settembre 2006 fu adottata dalla Commissione Europea la Strategia tematica per la protezione del suolo che includeva la proposta di una Direttiva quadro (Commissione Europea, 2006). Tale strategia poneva l'accento sulla prevenzione da un ulteriore degrado del suolo e sul mantenimento delle sue funzioni, sottolineando la necessità di attuare buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo e, in particolare, della sua forma più evidente e irreversibile: l'impermeabilizzazione (*soil sealing*). L'opposizione forte di alcuni Stati Membri portò, nel 2014, al ritiro definitivo della proposta di Direttiva, vista soprattutto come un ostacolo all'attuazione delle politiche nazionali esistenti in campo ambientale, agricolo e industriale.

A distanza di vent'anni dalla prima Comunicazione, l'evidenza dei "tempi lunghi" previsti per la formulazione e per l'attuazione di una politica europea di protezione del suolo è ormai assodata. L'importanza di una buona gestione del territorio e, in particolare, dei suoli è stata, comunque, riaffermata in più occasioni dalla Commissione anche prima della nuova Strategia, e nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011), fu introdotto

per la prima volta l'obiettivo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050. Tale obiettivo fu ribadito in seguito con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale, denominato "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta" (Parlamento europeo e Consiglio, 2013), con il quale si richiedeva anche che, entro il 2020, le politiche dell'Unione tenessero conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Da un punto di vista formale è importante sottolineare che il Settimo Programma Ambientale dell'Unione Europea, siglato il 20 novembre 2013 ed entrato in vigore nel gennaio 2014, è una Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio e ha quindi una natura normativa, a differenza della Tabella di marcia del 2011 della Commissione, limitata a delineare delle pur importanti priorità politiche.

La Commissione, anche prima della nuova strategia, aveva ritenuto utile indicare le priorità di azione e le linee guida da seguire per raggiungere l'obiettivo dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 pubblicando, nel 2012, le linee guida per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012). L'approccio proposto era quello di introdurre politiche e azioni finalizzate, nell'ordine, a limitare, mitigare e compensare il *soil sealing*, da definire dettagliatamente negli Stati membri e da attuare a livello nazionale, regionale e locale. In altri termini, gli Stati membri dovrebbero, prioritariamente, assicurare la limitazione dell'impermeabilizzazione attraverso la riduzione del tasso di conversione e di trasformazione del territorio agricolo e naturale e il riuso delle aree già urbanizzate, con la definizione di target realistici al consumo di suolo a livello nazionale e regionale e di linee di azione come la concentrazione del nuovo sviluppo urbano nelle aree già insediate. Nel caso in cui la perdita di suolo risulti inevitabile, dovrebbero essere previste misure di mitigazione, volte al mantenimento delle principali funzioni del suolo e alla riduzione degli effetti negativi sull'ambiente del *soil sealing*. Infine, tutti gli interventi inevitabili di nuova impermeabilizzazione del suolo dovrebbero essere compensati assicurando, ad esempio, una rinaturalizzazione di terreni già impermeabilizzati, che tuttavia non consente il pieno ripristino della perduta fertilità del suolo, oppure, come ultima possibilità, sotto forma di corrispettivi economici, purché vincolati all'utilizzo in azioni di protezione o ripristino del suolo. Questo approccio è

alla base della già citata "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 8) della nuova strategia europea.

A luglio scorso, inoltre, ha adottato la posizione negoziale sulla legge europea sul ripristino della natura (*Nature Restoration Law*) in cui si sottolinea che il ripristino degli ecosistemi è fondamentale per combattere il cambiamento climatico e la perdita di biodiversità e riduce i rischi per la sicurezza alimentare. La *Nature Restoration Law* prevede, tra l'altro, che entro il 2030 vengano messe in atto azioni di ripristino che coprano il 20 per cento del territorio marino e terrestre e che non sia più ammessa la perdita di spazi verdi all'interno delle aree urbane. Per il 2050, nelle aree urbane, è previsto un incremento della superficie delle aree verdi pari almeno al 5 per cento della superficie totale urbana, fissando una soglia minima del 10 per cento di copertura arborea in ogni città europea.

L'importanza del suolo e dei servizi ecosistemici che è in grado di fornire è, quindi, ormai chiaramente riconosciuta a livello europeo anche se le politiche rimangono ancora oggi piuttosto lacunose e nel prossimo decennio saranno necessarie azioni incisive e molto più efficaci per invertire la rotta e imboccare la strada per un futuro sostenibile. Non è facile, infatti, prevedere come un intervento pubblico inciderà sul consumo di suolo e sui relativi servizi ecosistemici. L'approccio a problemi complessi come la tutela del suolo deve comunque necessariamente basarsi su misure e politiche integrate, comprese quelle previste dalla riforma della Politica Agricola Comune (PAC post-2020) relative alla tutela del suolo, alla mitigazione dell'erosione, alla tutela del paesaggio, alla riduzione dell'abbandono delle aree agricole, che rappresentano elementi importanti per i quali sono attualmente allo studio strumenti innovativi di intervento e di finanziamento.

LA NUOVA PROPOSTA DI DIRETTIVA SUL MONITORAGGIO DEL SUOLO E LA RESILIENZA

Il 5 luglio 2023 la Commissione Europea ha adottato una proposta di direttiva denominata "*Soil Monitoring and Resilience*"²². Rispetto all'attesa legge sulla salute del suolo, annunciata nella Strategia europea del suolo per il 2030, la Commissione Europea ha preferito un approccio a due tempi²³, anticipando il monitoraggio e la valutazione della qualità dei suoli rispetto all'entrata in vigore di stringenti limiti di legge, i quali sono rimandati alla fase di valutazione della direttiva, sei anni dopo la sua approvazione.

La proposta di direttiva fissa tre obiettivi principali:

1. la creazione di un sistema coerente di monitoraggio del suolo;
2. l'adozione di pratiche sostenibili di gestione del suolo;
3. la gestione dei siti contaminati.

Ai fini del monitoraggio del suolo, i Paesi Membri sono chiamati a definire dei distretti del suolo, per cui sono nominate delle autorità competenti, e a ripetere il monitoraggio e il reporting ogni cinque anni. La proposta istituisce un quadro solido e coerente di monitoraggio del suolo per tutti i suoli nell'UE, che affronterà il problema dell'attuale carenza di conoscenze in merito. Il quadro dovrebbe consistere in un sistema di monitoraggio integrato basato sui dati a livello di UE, Stati membri e privati. Questi dati si baseranno su una definizione comune di ciò che costituisce un suolo sano e saranno alla base della gestione sostenibile dei suoli per mantenerne o migliorarne la salute fino a ottenere suoli sani e resilienti ovunque nell'UE entro il 2050.

Un suolo è considerato in salute se sono rispettati tutti i criteri di valutazione degli indicatori appartenenti al Gruppo A e al Gruppo B; viceversa, un suolo è in degrado quando anche solo uno dei criteri non è soddisfatto e, di conseguenza, deve essere segnalato nel *reporting*.

²² European Commission, Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (*Soil Monitoring Law*). COM(2023) 416 final.

²³ Da più parti si sono sollevate perplessità sulla scelta di rimandare al futuro l'individuazione di obiettivi e azioni più stringenti per la tutela del suolo. Tra tutte, si può riportare la dichiarazione di Luca Montanarella, che ha seguito il complesso iter per conto del *Joint Research*

Center dell'Unione Europea e che per sei anni è stato il presidente del Comitato tecnico intergovernativo sui suoli: "il testo presentato non può che scontentare chiunque studi il suolo e abbia a cuore il suo futuro. Ma è probabilmente l'unico testo che potrebbe essere approvato in questo momento" (<https://resoilfoundation.org/ambiente/commento-proposta-direttiva-ue-suolo>).

I dati del monitoraggio, costituiti sia da misure *in situ* che da osservazioni satellitari, confluiranno in un portale digitale europeo dedicato alla salute del suolo, in cui saranno pubblicamente accessibili in formato georeferenziato. Ogni Paese membro deve inoltre definire un meccanismo accessibile a proprietari e gestori di terreni per la certificazione volontaria della salute dei suoli.

Nell'Allegato I della proposta vengono descritti gli indicatori di degrado che costituiscono la base per la valutazione della salute dei suoli, nonché le metodologie standardizzate da seguire per determinare i punti di campionamento, eseguire il campionamento ed effettuare l'analisi dei campioni. Sono inoltre definiti i principi per la gestione sostenibile dei suoli, la cui valutazione e ottimizzazione è basata sui dati del monitoraggio. In particolare, gli indicatori di degrado del suolo sono suddivisi in quattro gruppi, di cui viene data di seguito una breve descrizione, con inquadramento dell'attuale situazione italiana circa la disponibilità di dati coerenti sull'intero territorio nazionale.

- Gruppo A: per questi indicatori chimico-fisici sono definiti criteri generali per la valutazione della salute del suolo validi per tutto il territorio UE.
- Gruppo B: per questi indicatori chimico-fisici i criteri per la valutazione della salute del suolo devono essere definiti dai singoli Paesi Membri, eventualmente entro intervalli di ammissibilità definiti dallo stesso allegato.
- Gruppo C: per questi indicatori chimico-fisici e biologici non sono fissati criteri di valutazione; i Paesi Membri possono monitorare anche altri indicatori opzionali di biodiversità, quali il *metabarcoding* di batteri, funghi, protisti e animali, l'abbondanza e diversità di nematodi, la biomassa microbica, l'abbondanza e diversità di lombrichi, la presenza di specie aliene invasive e parassiti delle piante.
- Gruppo D: per questi indicatori di consumo e impermeabilizzazione del suolo non sono fissati criteri di valutazione; i Paesi Membri possono monitorare anche altri indicatori opzionali, quali la frammentazione del territorio, la velocità di riuso/ripristino del territorio, il suolo consumato per attività commerciali, poli logistici, energie rinnovabili, aeroporti, strade e attività estrattive, gli impatti del consumo di suolo, quali la quantificazione della perdita dei servizi ecosistemici e l'aumento della pericolosità idraulica. Con riferimento agli indicatori sul consumo e sull'impermeabilizzazione del suolo, il *core set* proposto rappresenta una base di riferimento comune a livello europeo a cui il nostro Paese è già in grado di rispondere attraverso il monitoraggio annuale ISPRA-SNPA.

In Tabella 5 è riportato il quadro completo degli indicatori proposti per i quattro gruppi e una prima valutazione della disponibilità di dati per il loro popolamento al livello nazionale. Occorre sottolineare che, con l'eccezione dei dati del gruppo D, si tratta di banche dati di livello europeo o globale poiché, a livello nazionale, non esistono ancora dati armonizzati, anche se esistono dati regionali, talvolta di maggior dettaglio²⁴. La mancanza ad oggi di un sistema di monitoraggio armonizzato tra le Regioni e comprensivo di tutto il territorio nazionale per i primi tre gruppi di indicatori fa sì che, in caso di entrata in vigore della proposta di direttiva, l'Italia sia tenuta a mettere in piedi un sistema armonizzato di monitoraggio parzialmente *ex novo* per integrare i dati attualmente resi disponibili direttamente dalla Commissione Europea attraverso il *Joint Research Center* tramite le ripetute campagne di monitoraggio del suolo "Lucas". Per il gruppo D relativo agli indicatori di consumo e di impermeabilizzazione del suolo si può, invece, fare riferimento ai dati aggiornati annualmente dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.

²⁴ Si veda ad esempio il portale dei suoli della regione Emilia-Romagna <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/suoli/il-suolo-nel-web-siti-delle-regioni-italiane>

Tabella 5. Quadro degli indicatori individuati dalla proposta di direttiva europea per il monitoraggio del suolo e la resilienza e prima valutazione della disponibilità dei dati a livello nazionale

Gruppo	Indicatore	Disponibilità di dati per il territorio italiano
A	Salinizzazione del suolo	Saline and Sodic Soils in European Union, ESDAC, 2008, 1km resolution (Saline and Sodic Soils in European Union - ESDAC - European Commission (europa.eu)) Global Map of Salt-affected Soils (GSASmap), FAO, 2021 (non consultabile a Settembre 2023) (GSASmap Global Soil Partnership Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)), in alternativa consultabile all'indirizzo: https://zenodo.org/record/8176730
	Erosione del suolo	Soil Loss by water erosion in Europe, ESDAC, 2015, 100m resolution Soil erosion by water (RUSLE2015) - ESDAC - European Commission (europa.eu)
	Perdita di carbonio organico nel suolo	Topsoil Organic Carbon Content for Europe (OCTOP), ESDAC, 2004, 1km resolution OCTOP: Topsoil Organic Carbon Content for Europe - ESDAC - European Commission (europa.eu) Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap), FAO, 2017, top 30 cm Soil Organic Carbon, ISRIC, 250m resolution SoilGrids250m 2.0
	Compattazione del sottosuolo	Subsoil Reference Bulk Density, FAO, 2012 https://data.apps.fao.org/catalog/dataset/a66f61a2-fdfa-41a1-b14b-8a26fe869bc1/re-source/3edaccae-ab58-4943-abbf-99b2ce12bdc1 Bulk density, ISRIC, 250m resolution SoilGrids250m 2.0
B	Eccesso di contenuto di nutrienti (fosforo) nel suolo	Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data, Phosphorous, ESDAC, 2019, 500m resolution Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data - ESDAC - European Commission (europa.eu) Global Database of Soil Plant Available Phosphorus, 1km resolution Olsen P interactive map (agr.nz)
	Contaminazione del suolo da metalli pesanti (As, Sb, Cd, Co, Cr (total), Cr (VI), Cu, Hg, Pb, Ni, Ti, V, Zn)	Zinc concentrations in EU topsoils, ESDAC, 2023, 250m resolution Zinc concentrations in EU topsoils - ESDAC - European Commission (europa.eu) Mercury content in the European Union topsoil, ESDAC 2021, 250m resolution Mercury content in the European Union topsoil - ESDAC - European Commission (europa.eu) Copper distribution in topsoils in the European Union, ESDAC, 2018, 500m resolution Copper distribution in topsoils in the European Union - ESDAC - European Commission (europa.eu) Maps of heavy metals in the soils of the EU, based on LUCAS 2009 HM data, ESDAC, 2018, 1km resolution Maps of heavy metals in the soils of the EU, based on LUCAS 2009 HM data - ESDAC - European Commission (europa.eu)
	Riduzione della capacità di ritenzione idrica del suolo	Maps of indicators of soil hydraulic properties for Europe – water retention of topsoil, ESDAC, 2016 Maps of indicators of soil hydraulic properties for Europe - ESDAC - European Commission (europa.eu)
C	Eccesso di contenuto di nutrienti (azoto) nel suolo	Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data, Nitrogen, ESDAC, 2019, 500m resolution Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data - ESDAC - European Commission (europa.eu) Nitrogen, ISRIC, 250m resolution SoilGrids250m 2.0
	Acidificazione	Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data, pH, ESDAC, 2019, 500m resolution Maps of Soil Chemical properties at European scale based on LUCAS 2009/2012 topsoil data - ESDAC - European Commission (europa.eu)

		pH water, ISRIC, 250m resolution SoilGrids250m 2.0
	Compattazione del suolo superficiale	Topsoil physical properties for Europe (based on LUCAS topsoil data), Bulk density derived from soil texture datasets, ESDAC, 2015, 500m resolution Topsoil physical properties for Europe (based on LUCAS topsoil data) - ESDAC - European Commission (europa.eu) Bulk density, ISRIC, 250m resolution SoilGrids250m 2.0
	Perdita di biodiversità del suolo	Soil microbial biomass and respiration, ESDAC, 2021, 1km resolution Soil microbial biomass and respiration - ESDAC - European Commission (europa.eu)
D	Suolo artificializzato totale	Carta nazionale del consumo di suolo, ISPRA-SNPA, 2006-2022, 10m resolution Carta nazionale del consumo di suolo
	Consumo di suolo, rinaturalizzazione del suolo consumato e consumo di suolo netto	Carta nazionale del consumo di suolo, ISPRA-SNPA, 2006-2022, 10m resolution Carta nazionale del consumo di suolo
	Impermeabilizzazione del suolo	Carta nazionale del consumo di suolo, ISPRA-SNPA, 2006-2022, 10m resolution Carta nazionale del consumo di suolo

Il Capo 4 della proposta di Direttiva riguarda i “Siti Contaminati”, e fissa i seguenti obblighi:

- entro 4 anni la predisposizione di un Registro nazionale dei siti potenzialmente contaminati e dei siti contaminati;
- entro 7 anni dall'entrata in vigore il completamento della procedura di identificazione dei siti potenzialmente contaminati.

Entrando più nel dettaglio delle differenze tra la normativa nazionale e la proposta di Direttiva, quest'ultima estende la procedura di individuazione dei siti potenzialmente contaminati, aggiungendo all'approccio “accidentale” previsto dalla normativa nazionale, ovvero legato ad eventi di contaminazione, l'approccio “sistematico”, che prevede la definizione di una lista di attività potenzialmente inquinanti, l'identificazione del pericolo di inquinare il suolo e la classificazione delle priorità di indagine. Conseguentemente, la nuova definizione di siti potenzialmente contaminati, ovverosia “*i siti in cui si sospetta una contaminazione del suolo sulla base delle prove raccolte con tutti i mezzi disponibili*”, differisce dalla definizione della normativa nazionale basata sul superamento dei valori di concentrazione soglia di contaminazione (CSC).

Si nota che anche le informazioni che derivano dalle attività di monitoraggio del suolo possono sinergicamente contribuire all'identificazione delle potenziali criticità legate alla contaminazione.

La procedura *risk-based* della proposta di Direttiva non si discosta molto da quanto previsto dalla norma nazionale, anche se per la valutazione dello stato di contaminazione di un sito si fa riferimento alla modalità diretta (*baseline risk assessment*) di valutazione del rischio sito-specifica, ovvero alla definizione dei livelli di rischio sanitario e ambientale associati alla contaminazione riscontrata tenendo conto “*delle specificità locali e degli usi del suolo attuali e futuri*” e al confronto con i livelli di accettabilità del rischio definiti a livello nazionale, mentre la prassi attuale in ambito bonifiche è esclusivamente in modalità inversa (calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio).

Si nota che la valutazione del rischio ambientale per i suoli non ha ancora metodologie condivise in Italia. Per quel che concerne i contenuti minimi del Registro nazionale previsto dalla proposta di Direttiva, la Banca Dati Nazionale per i siti contaminati MOSAICO²⁵ di ISPRA dovrebbe essere in grado di rispondere alle richieste della Direttiva.

²⁵ <https://mosaicositicontaminati.isprambiente.it/index.html>

L'AGENDA GLOBALE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Le azioni relative al suolo e al territorio sono prioritarie anche a livello globale. Nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), della Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la desertificazione (UNCCD), del Global Soil Partnership della FAO e, più in generale, nell'azione esterna dell'UE e della cooperazione allo sviluppo, sono numerosi i riferimenti alla tutela del suolo al fine di evitarne il consumo e di non aumentare il degrado del territorio. In particolare l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015), definisce gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile e indica, tra gli altri, alcuni target di particolare interesse per il territorio e per il

suolo, da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine, da raggiungere entro il 2030 e da monitorare attraverso un sistema di indicatori, tra cui alcuni specifici per assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica, per assicurare l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili e per raggiungere *un land degradation neutral world*²⁶, quale elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici (UN, 2015):

- 11.3.1 - allineamento del consumo alla crescita demografica entro il 2030;
- 15.3.1 - bilancio non negativo del degrado del territorio entro il 2030.

Una sintesi dei principali obiettivi sul consumo di suolo a livello europeo e globale è riportata in Tabella 6.

Tabella 6. Principali obiettivi sul consumo di suolo a livello europeo e globale

Fonte	Obiettivi
Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030 (Commissione Europea, 2020)	Impegno per la "neutralità del degrado del suolo" attraverso l'aggiornamento della strategia tematica del suolo, della strategia per un ambiente edificato sostenibile e della missione per la salute del suolo e il cibo nell'ambito di <i>Horizon Europe</i>
Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 (Commissione Europea, 2021)	Raggiungere un consumo netto di suolo pari a zero entro il 2050 e stabilire entro il 2023 degli ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali per ridurre il consumo netto di suolo entro il 2030
Missione "Soil health and food" (Commissione Europea, 2020b)	Azzeramento dell'impermeabilizzazione del suolo Aumento del tasso di riutilizzo del suolo già artificializzato
Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011)	Azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2050
Regolamento sull'uso del suolo e la silvicoltura per il periodo 2021-2030 (Commissione Europea, 2018)	Regola del no-debit: il regolamento stabilisce un impegno vincolante per ciascuno Stato membro per il settore LULUCF, che contribuisce al raggiungimento degli obiettivi dell'accordo di Parigi e al raggiungimento dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra dell'UE per il periodo 2021-2030. L'ambito di applicazione è esteso dalle sole foreste a tutti gli usi del suolo entro il 2026
Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile (UN, 2015)	Allineamento del consumo alla crescita demografica entro il 2030 Bilancio non negativo del degrado del territorio entro il 2030
VIII Programma di azione per l'ambiente fino al 2030 (EC, 2020c)	Disaccoppiamento tra crescita economica e uso delle risorse/degrado ambientale Perseguire l'obiettivo "inquinamento zero" anche per l'aria, l'acqua e il suolo, e proteggere la salute e il benessere degli europei Proteggere, preservare e ripristinare la biodiversità e rafforzare il capitale naturale – in particolare aria, acqua, suolo, foreste, zone umide ed ecosistemi marini
Protocollo sulla protezione del suolo (Convenzione delle Alpi, 1998)	Evitare l'impermeabilizzazione del suolo Rinaturalizzare i terreni non più utilizzati o compromessi

²⁶ Si veda il target 15.3 "lotta alla desertificazione, ripristino di terreni e suoli degradati, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e

inondazioni, nonché realizzazione di un mondo neutrale dal punto di vista del degrado dei terreni".

LA TUTELA DELL'AMBIENTE NELLA COSTITUZIONE ITALIANA

A livello nazionale, con la promulgazione della Legge costituzionale 11 febbraio 2022 n. 1 (G.U. n. 44 del 22 febbraio) il Parlamento italiano ha compiuto un'importante innovazione normativa che introduce due diverse modifiche alla Carta costituzionale:

- all'articolo 9, inserisce tra i principi fondamentali un nuovo comma volto alla "tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni" e pone sotto la legislazione dello Stato la tutela degli animali;
- all'articolo 41, inserisce tra i diritti e doveri dei cittadini nell'ambito della libera iniziativa economica privata al comma 2 la previsione di svolgersi "in modo da non arrecare danno alla salute e all'ambiente" e, al comma 3, che sia indirizzata e coordinata, oltre ai già previsti fini sociali, anche "ai fini ambientali".

In particolare, quest'ultimo è un comando precettivo, cioè va rispettato e fatto rispettare anche in assenza di norme regolatrici della materia. In generale, comunque, queste modifiche dovranno necessariamente indirizzare verso una profonda revisione delle politiche e delle norme di tutela del suolo e di governo dei processi di trasformazione del territorio ai diversi livelli, in una chiara prospettiva di sostenibilità ambientale e di conservazione e ripristino delle risorse naturali, degli ecosistemi e della biodiversità, mettendo al centro l'azzeramento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo che, evidentemente, quando effettivamente compiuti, arrecano un danno alla salute e all'ambiente quasi sempre irreversibile e assai difficilmente compensabile.

LA STRATEGIA NAZIONALE PER LA BIODIVERSITÀ AL 2030

Nel 2021 il Ministero della Transizione Ecologica ha avviato il processo di definizione della nuova Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030, adottata con il Decreto n. 252 del Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica il 3 agosto 2023. Il nuovo documento strategico nazionale, in coerenza con gli obiettivi della Strategia Europea per la Biodiversità al 2030, punta a invertire

l'attuale tendenza alla perdita di biodiversità e al collasso degli ecosistemi e a contribuire all'obiettivo internazionale di garantire che entro il 2050 tutti gli ecosistemi del pianeta siano ripristinati, resilienti e adeguatamente protetti. Il testo²⁷ riporta, tra gli altri, diversi obiettivi specifici di particolare interesse per la tutela del suolo (Ministero per la Transizione Ecologica, 2022):

- B.2 Garantire il non deterioramento di tutti gli ecosistemi e ripristinare vaste superfici di quelli degradati, con particolare attenzione a quelli più idonei a catturare e stoccare il carbonio nonché a prevenire e ridurre l'impatto delle catastrofi naturali;
- B.6 Destinare almeno il 10% delle superfici agricole ad elementi caratteristici del paesaggio con elevata diversità;
- B.8 Ridurre l'inquinamento da azoto e fosforo causato dai fertilizzanti dimezzando le perdite di nutrienti e riducendo l'utilizzazione dei fertilizzanti di almeno il 20%;
- B10. Arrestare la perdita di ecosistemi verdi urbani e periurbani e favorire il rinverdimento urbano e l'introduzione e la diffusione delle soluzioni basate sulla natura;
- B.13 Raggiungere la neutralità del degrado del territorio e l'aumento pari a zero del consumo del suolo e compiere progressi significativi nella bonifica e nel ripristino dei siti con suolo degradato e contaminato.

La nuova Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030 prevede anche azioni e sotto-azioni specifiche (Ministero per la Transizione Ecologica, 2022):

- Azione B13.1 Approvare ed attuare una legge nazionale sul consumo del suolo
Sotto-Azione B13.1.a) Approvare e attuare una legge nazionale sul consumo del suolo che consideri il suolo come bene comune e risorsa non rinnovabile e stabilisca obiettivi nazionali e regionali, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile (11.3.1, 15.3.1), con gli obiettivi europei (aumento netto pari a zero del consumo di suolo) e con il sistema di monitoraggio SNPA, favorendo, di conseguenza, la rigenerazione urbana;

²⁷ <https://www.mite.gov.it/pagina/strategia-nazionale-la-biodiversita-al-2030>

Sotto-Azione B13.1. b) Necessità di fissare l'obiettivo di allineamento del consumo di suolo alla dinamica demografica entro il 2030 a livello nazionale per poi recepirlo a livello regionale in base alla capacità di carico dei territori per "ripartire" le superfici a livello comunale con conseguente obbligo di rivedere i piani urbanistici.

- Azione B13.2 Affrontare il tema dell'impermeabilizzazione del suolo e della riqualificazione dei siti dismessi contaminati per un ambiente edificato sostenibile

Sotto-Azione B13.2.a) Definire ed attuare misure concrete e decise per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo adottando la "Land take hierarchy" indicata dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final) che prevede, in ordine di priorità decrescente, di: a) evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo; b) riutilizzare le aree già consumate e impermeabilizzate; c) utilizzare aree già degradate in caso di interventi assolutamente non evitabili; d) in questo ultimo caso, compensare gli interventi per arrivare a un bilancio non negativo di consumo e di impermeabilizzazione del suolo e per mantenere o ripristinare i servizi ecosistemici. Avviare, inoltre, processi di rinaturalizzazione di suoli degradati, anche ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico, in ambito urbano e periurbano;

Sotto-Azione B13.2.b) Prevedere il ripristino e la riqualificazione dei siti dismessi contaminati al fine di ridurre al minimo l'ulteriore uso e impermeabilizzazione del suolo;

Sotto-Azione B13.2.c) Utilizzare nei processi di rigenerazione urbana i principi dell'invarianza idraulica e *restoration ecology*, incentivando l'uso di *Nature Based Solutions*, con vantaggi sia dal punto di vista ambientale che sociale.

- Azione B13.3 Adottare pratiche sostenibili di gestione del suolo

Sotto-Azione B13.3.a) Promuovere e finanziare attraverso il Piano Strategico Nazionale PAC 2023-2027, l'attuazione di pratiche agro-ecologiche sostenibili di gestione del suolo che ne aumentino e mantengano la fertilità, ne incrementino la capacità di

sequestro di carbonio e di invaso idrico, ne contengano il compattamento e la salinizzazione e ne riducano l'erosione e il degrado, in linea, anche, con le Linee guida volontarie per promuovere la gestione sostenibile del suolo" (VGSSM) della FAO nell'ambito della *Global Soil Partnership* e in sinergia con l'Azione B8.1 di questa Strategia e relative Sotto-azioni;

Sotto-Azione B13.3.b) Riqualificare gli agroecosistemi con pendenze superiori al 20% per evitare l'erosione e altri gravi processi degradativi capaci di limitare o inibire totalmente la funzionalità del suolo (es. perdita di sostanza organica, perdita della fertilità del suolo, dissesto), promuovere l'adozione di colture di copertura anche in pianura e garantire la piena e corretta attuazione delle Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali (BCAA) nella condizionalità della PAC post 2020;

Sotto-Azione B13.3.c) Combattere lo spreco alimentare e promuovere l'impiego di fertilizzanti e ammendanti di origine organica per mantenere la ricchezza microbica dei suoli, ridurre e scongiurare la competizione nell'uso del suolo tra scopi alimentari (servizi ecosistemici di approvvigionamento) e altre destinazioni d'uso (servizi ecosistemici di regolazione, energetici e culturali);

Sotto-Azione B13.3.d) Promuovere sistemi di drenaggio urbano sostenibili basati sull'utilizzo di soluzioni che ripristinino il naturale ciclo delle acque meteoriche al fine di aumentare le disponibilità idriche, migliorare la qualità delle acque, diminuire il rischio di allagamento e contenere gli effetti avversi dei cambiamenti climatici;

Sotto-Azione B13.3.e) Promuovere ed incentivare il recupero dei paesaggi rurali storici caratterizzati dalla presenza di muretti a secco e altre sistemazioni idraulico-agrarie tradizionali, al fine di preservare infrastrutture *low tech* con valore di contenimento del dissesto idrogeologico e alta valenza paesaggistica e culturale come riconosciuto dall'UNESCO. Favorire il coinvolgimento attivo degli agricoltori nelle azioni di manutenzione attiva del territorio;

Sotto-Azione B13.3.f) Definire in linea con i dati e gli orientamenti della UE un percorso che porti alla graduale eliminazione entro il 2030 dei biocarburanti di

prima generazione ad alto rischio indiretto di cambiamento nell'uso del suolo così come alla diffusione del fotovoltaico su terreni agricoli;

Sotto-Azione B13.3.g) Ridurre al minimo l'uso di alberi interi, colture alimentari e foraggiere per la produzione di energia, favorendo l'impiego efficace di materiali di scarto e sottoprodotti dall'agricoltura nella filiera delle energie rinnovabili in una prospettiva di economia circolare;

Sotto-Azione B13.3.h) Fissare l'obiettivo di neutralità del degrado del suolo e del territorio entro il 2030 considerando almeno i tre sub-indicatori stabiliti dalla UNCCD.

- Azione B13.4 Ripristinare gli ecosistemi del suolo (cfr. azione B.2) in coerenza con gli obiettivi e le azioni della nuova strategia europea per il suolo

Sotto-Azione B13.4.a) Identificazione dei siti del suolo contaminati e definizione del tipo e grado di contaminazione del suolo;

Sotto-Azione B13.4.b) Definizione di obiettivi di ripristino/rinaturalizzazione di aree consumate/impermeabilizzate;

Sotto-Azione B13.4.c) Ripristino degli ecosistemi terrestri degradati e dei suoli degradati e protezione della fertilità del suolo anche attuando le azioni per il ripristino dell'integrità e delle funzioni del suolo elaborate nell'ambito della missione *Horizon Europe* nel settore "Prodotti alimentari e salute del suolo" per garantire il ruolo chiave per la vita sulla Terra e per il benessere umano;

Sotto-Azione B13.4.d) Definizione delle condizioni per il buono stato ambientale dei suoli;

Sotto-Azione B13.4.e) Miglioramento delle conoscenze e del monitoraggio della qualità del suolo attraverso l'aggregazione e l'omogeneizzazione di dati regionali pedologici. Occorre migliorare la conoscenza del suolo, compresa la biodiversità in essa contenuta ed i processi pedogenetici che avvengono in esso, considerando anche i fattori che

portano al degrado del suolo e del territorio, attraverso la promozione della ricerca scientifica e tecnologica e la messa in opera di opportuni sistemi e reti di monitoraggio;

Sotto-Azione B13.4.f) Organizzazione e gestione di una rete nazionale di monitoraggio dei suoli in Italia per valutare lo stato di conservazione della biodiversità ed i livelli di contaminazione, in particolare per l'inquinamento da prodotti fitosanitari, idrocarburi e metalli pesanti, in relazione alle maggiori fonti di inquinamento, con redazione di specifici report annuali o periodici.

LA STRATEGIA NAZIONALE PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Per la messa a sistema dell'attuazione dell'Agenda 2030, lo strumento di riferimento è rappresentato dalla Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS), presentata al Consiglio dei ministri a ottobre 2017 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017) e approvata dal CIPE a dicembre dello stesso anno²⁸. La SNSvS 2017-2030 si configura, anche alla luce dei cambiamenti intervenuti a seguito della crisi economico-finanziaria degli ultimi anni, come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO₂, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'utilizzo del suolo. Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali (scelta II) "Arrestare il consumo del suolo e la desertificazione" è stato individuato come uno degli obiettivi strategici (obiettivo II.2) che, quindi, dovrebbe essere anticipato al 2030.

IL PIANO PER LA TRANSIZIONE ECOLOGICA

Sulla Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022²⁹ è stata pubblicata la delibera del Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (CITE) con l'approvazione del Piano per la transizione ecologica (PTE). Il PTE prevede

²⁸ <https://www.mite.gov.it/pagina/la-strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile>

²⁹ <https://www.gazzettaufficiale.it/do/gazzetta/downloadPdf?dataPubblicazioneGazzetta=20220615&numeroGazzetta=138&tipoSerie=SG&tipoSupplemento=GU&numeroSupplemento=0&progressivo=0&estensione=pdf&edizione=0&home=true>

di agire su cinque macro-obiettivi condivisi a livello europeo (Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica, 2022):

- neutralità climatica;
- azzeramento dell'inquinamento;
- adattamento ai cambiamenti climatici;
- ripristino della biodiversità e degli ecosistemi;
- transizione verso l'economia circolare e la bioeconomia.

Nell'ambito di tali macro-obiettivi, il Piano interviene su otto ambiti:

- la decarbonizzazione;
- la mobilità sostenibile;
- il miglioramento della qualità dell'aria;
- il contrasto al consumo di suolo e al dissesto idrogeologico;
- il miglioramento delle risorse idriche e delle relative infrastrutture;
- il ripristino e il rafforzamento della biodiversità;
- la tutela del mare;
- la promozione dell'economia circolare, della bioeconomia e dell'agricoltura sostenibile.

Il contrasto al consumo di suolo è, quindi, presente tra gli ambiti prioritari che il nostro Paese ha posto alla base del processo di transizione ecologica della nostra economia.

L'obiettivo del Piano è arrivare a un **consumo netto pari a zero entro il 2030**, ovvero anticipando di vent'anni l'obiettivo europeo e allineandosi alla data fissata dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile. L'azzeramento del consumo di suolo, riporta il PTE, dovrà av-

venire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, da normare attraverso un'apposita legge nazionale, come già richiamato anche dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)³⁰.

Il PTE rappresenta uno strumento dinamico, da aggiornare e adattare nel tempo, e il CITE è già al lavoro per la redazione della nuova edizione del Piano, che farà leva sulle competenze e sulle metodologie già presenti all'interno di istituzioni e centri di ricerca e che si doterà di analisi di scenario di natura climatica, ambientale, sociale ed economica al fine di garantire un adeguato supporto quantitativo al processo di identificazione delle scelte politiche. Per questo sono stati istituiti otto gruppi di lavoro istituzionali con il compito di definire lo scenario di riferimento rispetto al settore di competenza e gli obiettivi di transizione al 2030 e al 2050, assicurare analisi e contributi delle politiche e degli strumenti attuali e proponendo politiche e azioni coerenti con gli obiettivi di transizione.

Con riferimento al consumo di suolo, oltre a confermare la necessità e l'urgenza dell'approvazione della Legge nazionale sul consumo di suolo, prevista tra le riforme del PNRR, sono proposte una serie di azioni coordinate, tra cui il potenziamento del sistema di monitoraggio nazionale del suolo e del degrado del territorio, integrato con la rilevazione delle destinazioni d'uso e delle previsioni non attuate degli strumenti di pianificazione e del monitoraggio degli interventi di rigenerazione urbana, la realizzazione di una rete di laboratori sul territorio, la realizzazione di interventi di de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione e di rigenerazione all'interno di una strategia unitaria.

³⁰ <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf> (cfr. pag 87: "[...] in conformità agli obiettivi europei, il Governo si impegna ad approvare una legge sul consumo di suolo, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana e limitazione del consumo dello

stesso, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola." (Governo, 2021)

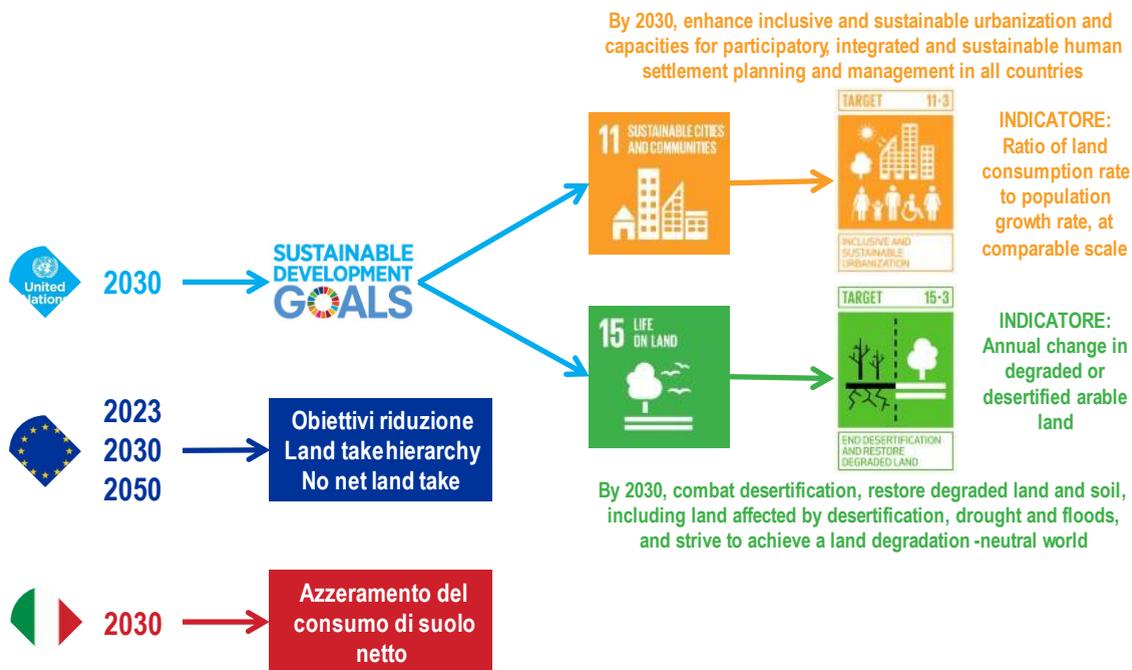


Figura 9. Principali obiettivi e indicatori a livello globale, europeo e nazionale relativi al consumo e al degrado del suolo

IL FONDO NAZIONALE PER IL CONTRASTO AL CONSUMO DI SUOLO

Con la legge di Bilancio del 2023³¹ è stato istituito un “fondo per il contrasto del consumo di suolo” indirizzato alle Regioni per sviluppare iniziative di contrasto al consumo di suolo, rigenerazione urbana e rinaturalizzazione dei terreni degradati. In pratica il fondo finanzia “interventi per la rinaturalizzazione di suoli degradati o in via di degrado in ambito urbano e periurbano”, attraverso una dotazione di 10 milioni di euro per l'anno 2023, di 20 milioni di euro per l'anno 2024, di 30 milioni di euro per l'anno 2025 e di 50 milioni di euro per ciascuno degli anni 2026 e 2027.

LE PROPOSTE DI LEGGE

Per il raggiungimento degli obiettivi definiti a livello globale, comunitario e nazionale sono necessari atti normativi efficaci che possano indirizzare le politiche di governo e le azioni di trasformazione del territorio verso l'azzeramento del consumo di suolo netto entro il 2030. Come in Europa, tuttavia, pesa l'assenza di una Direttiva quadro sul suolo, anche in Italia il Parlamento, nonostante i tentativi, non ha ad oggi approvato una legge nazionale che abbia lo scopo di proteggere il suolo dall'uso indiscriminato e dalla sua progressiva artificializzazione.

L'urgenza per il nostro Paese è data anche dall'aggravarsi della crisi climatica e alla luce delle particolari condizioni di fragilità e di criticità del nostro territorio, rendendo non più rinviabili la definizione e l'attuazione di politiche, norme e azioni che possano portarci rapidamente all'azzeramento del consumo di suolo e alla revisione

³¹ LEGGE 29 dicembre 2022, n. 197, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2023 e bilancio pluriennale per il triennio 2023-

2025. (22G00211) (GU Serie Generale n.303 del 29-12-2022 - Suppl. Ordinario n. 43). Cfr. art. 1 comma 695.

delle previsioni degli strumenti urbanistici esistenti, spesso sovradimensionate rispetto alla domanda reale e alla capacità di carico dei territori.

È perciò sempre più spesso richiamata l'importanza di avere una legge nazionale, fondamentale per la tutela dell'ambiente, del territorio e del paesaggio italiano, indispensabile anche per assicurare un futuro adeguato ai cittadini di oggi e di domani, in un'ottica di sviluppo sostenibile dell'uso del suolo e di aumento della resilienza delle aree urbane di fronte a vecchie e nuove sfide, dalla mitigazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico all'attuazione di politiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto³². La necessità di procedere rapidamente è posta anche dalle necessità che sono indicate dalla recente risoluzione del Parlamento europeo e dalla nuova strategia europea per il suolo per il 2030 già richiamate.

La prima proposta di legge per la limitazione del consumo di suolo risale al 2012, quando l'allora Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, Mario Catania, presentò il Rapporto "Costruire il futuro: difendere l'agricoltura dalla cementificazione"³³ e il disegno di legge "valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo di suolo"³⁴, non approvato a causa della fine anticipata della Legislatura.

La discussione in questi dieci anni ha riguardato diversi disegni di legge, tra cui quello di iniziativa governativa del 2014, approvato alla Camera il 12 maggio 2016 e poi fortemente revisionato in Senato per rispondere ad alcune criticità relative alle numerose deroghe previste, alla complessa procedura di definizione dei limiti e al fatto che non erano stabilite le percentuali di riduzione da raggiungere nel corso degli anni fino al 2050, ma anche per il mancato rilancio dell'attività edilizia verso una strategia di riqualificazione dell'esistente. Anche in questo caso, però, la fine della legislatura non consentì di arrivare all'approvazione finale.

In questa legislatura sono in discussione diverse proposte di legge, da quelle dedicate specificamente al consumo di suolo a quelle invece dedicate principalmente alla rigenerazione urbana e alla protezione del suolo, le

cui pratiche ricadute sui temi qui di interesse devono ancora essere chiaramente definite.

ALCUNE CONSIDERAZIONI PER UNA LEGGE SUL CONSUMO DI SUOLO

In considerazione del quadro disomogeneo delle norme regionali, delle urgenti necessità di tutela del suolo e dei già richiamati impegni del nostro Paese per raggiungere gli obiettivi di azzeramento del consumo di suolo, è sempre più urgente l'approvazione di un testo che possa dare indirizzi chiari, delineando le azioni ai vari livelli e definire da subito il percorso verso lo stop al nuovo consumo di suolo con un significativo e immediato obiettivo di riduzione, sia per la componente permanente, sia per quella reversibile, vigente ai vari livelli amministrativi.

L'obiettivo nazionale è necessario per inquadrare e orientare le possibilità di trasformazione e di sviluppo del territorio e per garantire l'adeguamento, in tempi non troppo lunghi, degli strumenti urbanistici e l'adozione di tecniche di ripristino, di recupero e di de-impermeabilizzazione del suolo.

L'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo netto, ovvero il bilancio alla pari tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione, deve essere visto anche come un motore di rigenerazione e ridisegno del tessuto urbano e come un'opportunità per la riqualificazione edilizia, urbana e territoriale, che deve essere raggiunto attraverso la contemporanea messa in opera di tutte le azioni possibili per mettersi in linea con gli obiettivi a livello nazionale, europeo e globale.

Il testo dovrebbe evidenziare l'importanza di un monitoraggio continuo e omogeneo che in Italia, come previsto dalla L.132/2016, viene assicurato da ISPRA e dalle ARPA/APPA nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA).

Le definizioni dovrebbero essere adeguate dal punto di vista tecnico-scientifico per rendere possibile un monitoraggio in linea con gli strumenti e con gli obiettivi globali,

³² Come, del resto, ribadito anche dalla Corte dei Conti con la deliberazione del 31 ottobre 2019, n. 17/2019/G in cui si ribadisce che il consumo di suolo contribuisce a rendere sempre più fragile il nostro Paese e a esporlo a una spesa pubblica crescente.

³³ <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/Serve-BLOB.php/L/IT/IDPagina/8850>

³⁴ AS 3601 dell'11 dicembre 2012.

comunitari e nazionali, assicurando univocità e omogeneità sull'intero territorio nazionale e coerenza con le attività di monitoraggio del territorio previste a livello comunitario e nazionale, a cui ISPRA e SNPA fanno riferimento, eventualmente integrando altri parametri da monitorare, quali le superfici urbanizzate e urbanizzabili secondo gli strumenti urbanistici vigenti. Le definizioni proposte sono quelle utilizzate dal SNPA e ormai adottate, da diversi anni, per il monitoraggio su tutto il territorio nazionale:

- a) "consumo di suolo": variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), con la distinzione fra consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile);
- b) "consumo di suolo netto": l'incremento della copertura artificiale del suolo al netto delle aree in cui è avvenuta una variazione da una copertura artificiale (suolo consumato) a una copertura non artificiale del suolo (suolo non consumato);
- c) "copertura artificiale del suolo": la presenza di una copertura biofisica artificiale del terreno di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovute alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo);
- d) "impermeabilizzazione del suolo": il cambiamento della natura del suolo mediante interventi di copertura artificiale permanente tali da eliminarne o ridurne la permeabilità.

Si dovrebbe, quindi, tenere in considerazione che ci sono diverse forme di consumo di suolo e, conseguentemente, diversi impatti sulla perdita di questa risorsa. Pertanto, dovrebbe essere prevista almeno la suddivisione tra consumo di suolo permanente e consumo di suolo reversibile, sempre in considerazione dello stato di fatto e non della destinazione d'uso.

Si dovrebbero limitare al massimo le deroghe, se possibile evitandole del tutto. L'inserimento di eventuali eccezioni ostacola, infatti, le attività di monitoraggio del fenomeno e potrebbe creare disomogeneità significative sul territorio, anche in considerazione del diverso stato degli strumenti di pianificazione vigenti.

Tutte le diverse tipologie di consumo di suolo dovrebbero rientrare all'interno della quantificazione e dei relativi limiti, lasciando alle amministrazioni, in caso di necessità (ad esempio, in caso di un'infrastruttura strategica di livello sovracomunale), la possibilità di una diversa ripartizione interna.

Andrebbe evitato anche l'inserimento di deroghe in una fase transitoria, che potrebbe costituire un incentivo temporaneo al consumo di suolo.

Si dovrebbero porre il "saldo zero di consumo di suolo" e, considerando i limiti dei processi di recupero, l'"azzeramento del consumo di suolo" al centro delle politiche e dei programmi di rigenerazione, come un motore per la riqualificazione edilizia, urbana e territoriale.

La rigenerazione, infatti, può funzionare solo se parallelamente si ferma il consumo e si rende così economicamente vantaggioso intervenire sull'esistente, diversamente, stenterà soprattutto nelle aree a bassa rendita fondiaria e immobiliare a meno di non favorire negativi processi di gentrificazione.

A tal fine sarà necessario intervenire anche attraverso strumenti di incentivazione e disincentivazione efficaci per Amministrazioni e privati che stimolino il recupero, la riqualificazione e la rigenerazione assicurando il mantenimento (o l'incremento) della permeabilità e della copertura non artificiale del suolo, dei servizi ecosistemici e lo sviluppo di nuove infrastrutture verdi, temi che potrebbero essere considerati anche nell'ambito della revisione del decreto interministeriale 1444/68 sugli standard urbanistici.

Negli strumenti urbanistici di livello comunale dovrà essere integrata la "gerarchia del consumo di suolo" (Figura 8), come definita dalla nuova strategia europea per il suolo per il 2030 e dare assoluta priorità, quindi, al riutilizzo di aree già costruite e impermeabilizzate, evitando nuove costruzioni e impermeabilizzazioni su suoli vegetati o permeabili.

Si dovrebbe considerare, infine, l'opportunità di inserire un termine di decadenza delle previsioni di piano non attuate³⁵ e di indirizzare i Comuni verso la revisione degli strumenti urbanistici in riduzione.

LA RIGENERAZIONE URBANA

Il complesso dei testi sulla rigenerazione urbana ha ad oggetto un ampio quadro di disposizioni, dall'adozione di una cornice di definizioni, alla previsione di appositi strumenti, anche finanziari e in termini di monitoraggio, anche con riferimento al fenomeno della dispersione delle aree edificate e per i profili di attuazione e coordinamento.

La rigenerazione urbana e territoriale viene spesso proposta come uno strumento utile ad evitare il consumo di

suolo e sicuramente rappresenta una priorità per ripensare, in direzione di una sempre più indispensabile e urgente transizione ecologica, l'assetto di un territorio diventato, nel corso del tempo, sempre più fragile e poco attrezzato ad affrontare le grandi sfide poste dai cambiamenti climatici e dal diffuso degrado ambientale e paesaggistico.

La rigenerazione, per essere sostenibile, deve quindi intervenire sull'esistente, senza portare a nuovo consumo di suolo, ovvero senza causare la perdita di porzioni di suolo non ancora artificiali, da considerare come risorse limitate e non rinnovabili, beni preziosi per la comunità, da valorizzare nelle loro funzioni naturali anche attraverso le stesse iniziative di promozione della rigenerazione.



Figura 10. Un edificio abbandonato

³⁵ La separazione tra piani strutturali e operativi, introdotta da alcune Regioni a metà degli anni '90, serviva in primis a garantire la decadenza delle previsioni operative allo scadere dei cinque anni di validità dello strumento; nonostante alcuni ricorsi di privati contro la decadenza così determinata, la giurisprudenza ha sancito l'efficacia di tale dispositivo. Si potrebbe riprendere, ad esempio, l'art. 18 della Legge Regionale 11/2004 del Veneto che, al comma 7, prevede che "decorso

cinque anni dall'entrata in vigore del piano decadono le previsioni relative alle aree di trasformazione o espansione soggette a strumenti attuativi non approvati [...]" e che, al comma 9, prevede che "l'approvazione del piano e delle sue varianti comporta la decadenza dei piani urbanistici attuativi (PUA) vigenti limitatamente alle parti con esso incompatibili espressamente indicate, salvo che i relativi lavori siano oggetto di convenzione urbanistica già sottoscritta ed efficace".

Non si può nascondere che molte leggi regionali, seppure abbiano la finalità del contenimento del consumo di suolo, riportano ad alcune “definizioni” che non considerano come consumo di suolo quello effettuato all’interno di perimetri di aree urbanizzate o su suoli destinati all’urbanizzazione, seppure allo stato ancora liberi. Questo tipo di classificazione, divergente da quella ormai consolidata e ufficiale a livello nazionale ed europeo, finisce per incentivare l’ulteriore artificializzazione mascherata da utilizzo di aree già “occupate”, quando invece produce consumo di suolo e perdita di servizi ecosistemici, vanificando lo sforzo per raggiungere l’obiettivo fondamentale di tutelare il suolo, anche in ambito urbano.

I dati annuali del monitoraggio del territorio in Italia evidenziano, infatti, come i suoli urbani, quelli candidati alla rigenerazione, siano stati quelli dove il fenomeno del consumo di suolo si è maggiormente intensificato negli ultimi anni, portando alla scomparsa di preziosissime aree permeabili, aggravando la frequenza e l’intensità di allagamenti e di ondate di calore e causando la perdita di aree verdi fruibili dai cittadini, di biodiversità e di servizi ecosistemici. In questi casi è probabile che ci si limiti ad assecondare un processo guidato prevalentemente dalla rendita che porta alla densificazione del tessuto urbano e alla saturazione dei preziosi spazi verdi rimasti all’interno delle aree urbane (spesso chiamati ‘vuoti urbani’ per negarne l’importanza ecologica e sociale). Questi spazi naturali in ambiente urbano, anche quando non rientrano nella categoria “verde urbano”, sono essenziali per la qualità della vita dei cittadini, dell’ambiente e del paesaggio, oltre a essere fondamentali per il corretto deflusso delle acque meteoriche, per la mitigazione del rischio idrogeologico, per l’adattamento ai cambiamenti climatici, per la riduzione dell’isola di calore, per il mantenimento della biodiversità e, a volte, anche per la produzione agricola. Per questo la rigenerazione urbana dovrebbe essere l’occasione per contribuire a rendere le nostre città più sostenibili e resilienti, migliorando la capacità di fornire servizi ecosistemici e riducendo il degrado ambientale e territoriale, intervenendo sull’esistente per tutelare i suoli naturali e le aree agricole.

Senza arrestare il consumo di suolo la rigenerazione urbana non potrebbe perseguire gli obiettivi di sostenibilità ambientale, che ne rappresentano uno dei principi fondanti. La rilevanza della rigenerazione urbana come stru-

mento è, tra l’altro, nata proprio dal dibattito su come tutelare il suolo da ulteriore consumo, assicurando che le aree non ancora artificiali, beni preziosi per la comunità all’interno e all’esterno del tessuto urbano, mantengano o migliorino le loro funzioni naturali. La rigenerazione urbana, per essere sostenibile, è rigenerazione senza consumo di suolo.

L’impegno di ISPRA (e dell’intero SNPA) è da anni concentrato, anche in questo campo, sulle attività di monitoraggio delle trasformazioni urbane e sulla valutazione dei loro impatti, al fine di fornire dati e informazioni autorevoli e trasparenti a supporto dei processi decisionali e delle attività di governo e di gestione del territorio.

Il tema è, comunque, oggetto di ampio dibattito a livello nazionale, anche in considerazione di quanto previsto dal PNRR e si richiama, tra le altre, la posizione dell’ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili), che ha recentemente pubblicato un “Decalogo per la rigenerazione urbana” (ANCE, 2022), comprensivo di una serie di proposte presentate negli ultimi anni da diversi soggetti (istituzioni, università, professionisti, operatori economici) sul tema della rigenerazione urbana. All’interno del decalogo viene indicato l’obiettivo del “saldo zero” di consumo di suolo come principio fondamentale sul quale basare gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica. Viene anche ribadita la necessità di definizione, a livello nazionale, della quota di riduzione progressiva del consumo di suolo, e viene proposta la definizione di criteri per la ripartizione tra le Regioni e le Province autonome di questa quota, per riuscire a rispettare gli obiettivi dell’Agenda 2030. Alcuni punti del decalogo sintetizzano efficacemente le azioni necessarie a garantire la rigenerazione urbana come strumento chiave anche per rivedere in chiave di maggiore sostenibilità ambientale gli insediamenti urbani e le aree costruite. Tra questi, si possono citare:

- la definizione di rigenerazione urbana e la dichiarazione di interesse pubblico degli interventi;
- la definizione della quota di riduzione progressiva di consumo a livello nazionale e regionale e le rinaturalizzazioni e le de-impermeabilizzazioni come mezzi per conseguire l’obiettivo di consumo di suolo netto pari a zero;

- utilizzare l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo netto come principio portante della pianificazione urbanistica e territoriale, concentrando gli interventi sul suolo già consumato;
- la decadenza dei diritti edificatori attribuiti dai piani urbanistici;
- il calcolo del contributo di costruzione con l'incremento nel caso di interventi che comportino consumo di suolo e la riduzione nel caso di interventi di riuso di aree già impermeabilizzate di edifici degradati o abbandonati. Inoltre, in caso di edifici abbandonati da dieci anni, dare ai comuni la possibilità di acquisire gli immobili in questione e prevedere facilitazioni economiche per le imprese che acquisiscono fabbricati al fine di recuperarli e riqualificarli.

IL MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI DI RIGENERAZIONE

La previsione di criteri prestazionali da monitorare e da valutare nel corso del tempo attraverso sistemi tecnicamente e scientificamente riconosciuti potrebbe indirizzare maggiormente gli interventi di rigenerazione verso il raggiungimento degli obiettivi ambientali.

Il monitoraggio dovrebbe essere effettuato e garantito da un soggetto tecnico che, per quanto riguarda gli aspetti ambientali, viene già individuato dalla L.132/2016 nel Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). Ad oggi, con riferimento al testo in discussione in Parlamento, è possibile identificare molti obiettivi ambientali³⁶ che andrebbero monitorati per valutare la reale efficacia degli interventi e della norma. Il monitoraggio dovrebbe essere assicurato attraverso un sistema basato su diversi livelli di analisi, che si propone possano essere suddivisi nei quattro macro ambiti riportati di seguito con i rispettivi indicatori di riferimento.

1. Obiettivi di azzeramento del consumo di suolo netto e di miglioramento della permeabilità dei suoli

In linea con gli orientamenti a livello europeo e globale è sempre necessario verificare che sia possibile evitare di impermeabilizzare il suolo e solo in caso di assenza di

alternative e di interventi non realizzabili su aree già impermeabilizzate, attivare pratiche di mitigazione e, quindi, di compensazione, arrivando a un bilancio nullo delle superfici impermeabilizzate e perseguendo il saldo zero del consumo di suolo. In questo ultimo caso si ritiene necessario seguire un ordine temporale che dia precedenza all'intervento di compensazione (de-impermeabilizzazione, ripristino e naturalizzazione), che verrà monitorato durante i lavori, e successivamente procedere con la nuova impermeabilizzazione di superficie non superiore all'area ripristinata.

Indicatori da utilizzare per questo ambito potrebbero essere:

- consumo di suolo (componente permanente; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo (componente reversibile; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo netto (componente permanente; fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo netto (componente reversibile; fonte ISPRA-SNPA);
- impermeabilizzazione del suolo rispetto alla superficie complessiva (fonte ISPRA-SNPA);
- area di ripristino (fonte ISPRA-SNPA);
- consumo di suolo su suolo utile (fonte ISPRA-SNPA).

2. Copertura del suolo e presenza di vegetazione

La dotazione di coperture a verde naturale, seminaturale o agricolo in ambito urbano rappresenta un elemento centrale per mantenere la qualità ambientale e la fornitura di servizi ecosistemici. Le aree a verde naturale, seminaturale o agricolo dovrebbero, pertanto, essere considerate oltre che per la loro fruizione e proprietà, anche, e soprattutto, per la loro funzione ecosistemica, da calcolare al netto della presenza di coperture artificiali al loro interno (aree pavimentate, edifici, etc.). Si potrebbe introdurre un criterio idoneo ad assicurare una corretta dotazione territoriale di verde con funzione ecosistemica

³⁶ Nel testo unificato si fa esplicito riferimento ai seguenti obiettivi: sostenibilità ambientale, permeabilità dei suoli, invarianza idraulica, mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, sostenibilità ecologica, presenza di aree verdi, rimboscimento, isole di calore, eventi mete-

reologici estremi, dissesto idrogeologico, biodiversità, sviluppo ecosostenibile, "saldo zero" del consumo di suolo, pareggio di bilancio dei servizi ecosistemici, rinaturalizzazione, de-impermeabilizzazione e bonifica.

e andrebbe valutato l'indice di copertura arborea, considerando il rapporto tra la superficie coperta da alberi e la superficie territoriale al netto della copertura artificiale (si vedano, ad esempio, i dati elaborati per l'intero territorio nazionale da ISPRA) ed ulteriori parametri di valutazione della qualità e funzionalità. Si propongono quindi i seguenti indici con le fonti attualmente già disponibili:

- indice di copertura arborea sull'area di riferimento (fonte: ISPRA);
- indice di incidenza di aree vegetate (fonte: ISPRA);
- indice NDVI su base multitemporale (fonte: Copernicus);
- indice di forma (Edge Density) sull'area di riferimento (fonte: ISPRA);
- indice di frammentazione medio sull'area di riferimento (fonte: ISPRA).

3. Invarianza idraulica

L'invarianza di permeabilità assicura già le principali condizioni per assicurare un corretto equilibrio idrologico; tuttavia, non è sufficiente per la sicurezza dei beni dagli effetti di alluvioni e allagamenti. Rispetto agli eventi di piena sarebbe dunque necessario adottare il criterio della invarianza idraulica/idrologica.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato approvato con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017) e prevede tra le misure di prevenzione quella di associare alle aree che risultano allagabili un'idonea normativa d'uso del territorio.

Molte Regioni italiane hanno emanato atti di tipo normativo e/o tecnico-amministrativo (a titolo esemplificativo Regione Lombardia, Regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica, di recente aggiornamento Regolamento regionale 19 aprile 2019 - n. 8). Anche rispetto a questo tema è dunque necessaria la considerazione delle diverse previsioni regionali.

4. Pareggio di bilancio dei servizi ecosistemici

Gli indicatori possono essere integrati da un'analisi quantitativa di alcuni servizi ecosistemici e con l'utilizzo di proxy di qualità ecologica che possono essere analizzati

prima e dopo l'attuazione dell'intervento, al fine di verificarne lo stato, che dovrebbe essere invariato o migliorato. Il principio dell'invarianza o del miglioramento si dovrebbe applicare a tutti gli indicatori, senza una struttura gerarchica e senza compensazione tra indicatori diversi. In particolare, il monitoraggio può essere effettuato attraverso l'individuazione di metriche per la valutazione del pareggio di bilancio non economico dei servizi ecosistemici.

Tra i servizi ecosistemici utili a quantificare l'impatto degli interventi di rigenerazione urbana ci sono sicuramente i servizi di regolazione e di approvvigionamento, quali l'assorbimento di carbonio, la regolazione del microclima, la qualità dell'aria, la regolazione del ciclo idrologico, la produzione agricola e la qualità degli habitat che possono essere misurati utilizzando indicatori quantitativi specifici, supportati da strumenti cartografici per il monitoraggio della copertura del suolo.

Possibili indicatori sono:

- l'assorbimento di carbonio, calcolato attraverso l'applicazione di coefficienti specifici di ogni tipologia di copertura del suolo (ISPRA);
- il servizio di miglioramento della qualità dell'aria, valutato con la misura della dimensione della chioma di specie sempreverdi e caducifoglie (ISPRA);
- la regolazione del ciclo idrologico, valutata attraverso l'analisi del rapporto tra superfici permeabili e non permeabili (ISPRA);
- la produzione agricola, stimata con l'analisi delle superfici potenzialmente utilizzabili da uso agricolo e da quelle con presenza di colture permanenti e temporanee (ISPRA);
- la qualità degli habitat è calcolata attraverso indici di frammentazione (metriche di paesaggio come *mean patch size* ed *edge density*) che considerano il mantenimento delle dimensioni medie delle *patch* vegetate (ISPRA);
- la regolazione del microclima, stimata attraverso l'analisi del rapporto tra superfici vegetate e non vegetate e la temperatura superficiale al suolo LST (ISPRA).

Il monitoraggio dei servizi ecosistemici può essere eseguito anche attraverso modelli più articolati, utilizzati an-

nualmente da ISPRA per la valutazione a scala nazionale dell'impatto delle trasformazioni territoriali, richiedendo necessariamente più dati e, in alcuni casi, un'analisi di un ambito territoriale più ampio a cui riferirsi. I servizi ecosistemici attualmente monitorati da ISPRA sono:

- stoccaggio e sequestro di carbonio;
- qualità degli habitat;
- produzione agricola;
- produzione di legname;
- impollinazione;
- regolazione del microclima/isola di calore;
- rimozione di particolato e di ozono/miglioramento della qualità dell'aria;
- disponibilità di acqua;
- regolazione del regime idrologico;
- purificazione dell'acqua dai contaminanti.

I quattro macro ambiti e gli indicatori proposti potrebbero essere rivisti periodicamente per assicurare un monitoraggio efficace e tempestivo e supportare la pianificazione e la programmazione degli interventi.

Nel testo unificato potrebbe essere inserito, pertanto, il seguente comma:

Il monitoraggio degli obiettivi ambientali di cui all'art. 1, comma 2, lettere a) b) c) d) e) è assicurato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale che predispongono apposite linee guida entro novanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge e che rendono disponibili pubblicamente i dati, aggiornandoli su base annuale. Le linee guida possono essere aggiornate su base annuale. Le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano assicurano la disponibilità dei dati relativi ai singoli interventi di rigenerazione secondo le modalità individuate dalle linee guida.

CARTA NAZIONALE DEI PRINCIPI SULL'USO SOSTENIBILE DEL SUOLO

Nell'ambito del progetto europeo Soil4Life è stata recentemente pubblicata, a cura di ISPRA e degli Osservatori sul monitoraggio del consumo di suolo e sulla pianificazione sostenibile del territorio delle Regioni e Province autonome e con il contributo di ERSAF, Legambiente,

Roma Capitale e Politecnico di Milano, la Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo (ISPRA, 2021).

Alla Carta, che si riporta integralmente di seguito, hanno aderito sul piano tecnico 15 Osservatori delle Regioni e Province autonome e diversi Comuni.

La Carta promuove l'obiettivo di favorire l'uso sostenibile del suolo, inteso come prerequisito per la convivenza tra le attività umane e i sistemi naturali.

La Carta, relativamente a obiettivi, azioni, valutazioni e monitoraggio con riferimento al suolo e al territorio nella sua dimensione più completa, tiene in considerazione quanto riportato nella Risoluzione del Parlamento Europeo sulla protezione del suolo (2021/2548 RSP) e nella Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final).

La Carta intende definire i principi fondamentali per affrontare e ridurre il degrado del suolo (consumo e uso non sostenibile, perdita di carbonio organico, contaminazione, erosione, compattazione, perdita di produttività e di servizi ecosistemici, riduzione della biodiversità, salinizzazione, etc.) e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali, agendo sulle principali attività umane che li impattano e indicando la strada della sostenibilità, in particolare nel governo del territorio e nella programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica delle aree urbane e peri-urbane, nell'agricoltura, nella gestione forestale e nella gestione integrata delle acque e dei suoli.

Principi

I principi che devono guidare l'azione politica, amministrativa, di gestione pubblica e privata per l'uso sostenibile del suolo sono:

1. Attenzione prioritaria al suolo nelle politiche di governo del territorio.

Il suolo fornisce servizi fondamentali per l'esistenza umana e la sopravvivenza degli ecosistemi. Pertanto, il mantenimento della sua salubrità, produttività e funzionalità ecologica, ovvero il ripristino, il riuso e la rigenerazione delle aree degradate, sottoutilizzate e dismesse al fine di restituire "suoli di qualità", devono essere oggetto di attenzione prioritaria nelle politiche nazionali, regionali e locali di governo del territorio e della pianificazione territoriale e paesaggistica. Infatti, la protezione delle funzioni

ecosistemiche del suolo è indispensabile per conseguire una gestione sostenibile del territorio, in linea con gli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda ONU 2030, dell'accordo di Parigi e del *Green Deal* europeo, della Strategia per la biodiversità e della *Farm to Fork*, e infine con riferimento alla nuova Strategia europea sul suolo, che conferma l'obiettivo della UE di occupazione netta pari a zero entro il 2050, in un quadro giuridico armonico e con l'allocatione di adeguate risorse finanziarie ed incentivi e con la definizione entro il 2023 di obiettivi ambiziosi per la riduzione del consumo di suolo anche a livello locale.

2. Necessità di un monitoraggio integrato dello stato del suolo e del relativo consumo.

Conoscenza e monitoraggio della qualità dei suoli, dell'uso, della copertura, del consumo e delle previsioni di consumo vanno assicurati attraverso adeguati finanziamenti con garanzia di accesso pubblico alle informazioni tramite sistemi che integrino le informazioni pedologiche, agronomiche, ecologiche, ambientali, territoriali, paesaggistiche e socio-economiche. Il controllo degli interventi, degli effetti delle politiche e dell'efficacia dei finanziamenti richiedono un sistema di monitoraggio stabile e condiviso con definizioni chiare e omogenee a livello nazionale.

3. Necessità di integrazione di politiche, piani e programmi a livello nazionale e locale.

L'uso sostenibile del suolo richiede un coordinamento tra le politiche settoriali e di queste con la politica finanziaria. Allo stesso tempo, comporta l'integrazione tra i sistemi di monitoraggio del consumo di suolo (*land take*), del grado di impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*) e della futura occupazione del suolo (*planned land take*) mediante la riduzione delle previsioni di consumo di suolo. Una politica integrata per l'uso sostenibile del suolo è un prerequisito chiave per attuare gli obiettivi del *Green Deal* europeo, per rendere operative la nuova Strategia europea sul suolo e la Strategia sulla biodiversità e per utilizzare efficacemente le risorse della Politica Agricola Comunitaria e in generale per allocare strategicamente le risorse per investimenti pubblici e privati, incluse quelle per la ripresa post-pandemica.

4. Coerenza degli strumenti attuativi.

È essenziale coordinare tra loro gli strumenti (di pianificazione e programmazione territoriale e finanziaria) di riferimento per le varie politiche settoriali alle diverse scale di intervento, indirizzandoli a integrare le misure adottate da tutte le istituzioni per la riduzione del consumo di suolo, nonché i relativi sistemi di monitoraggio, e superare la frammentazione della competenza istituzionale e tematica in modo da assicurare il coinvolgimento degli enti pubblici ai diversi livelli, insieme agli operatori economici, alle categorie interessate, alle organizzazioni della società civile e ai cittadini.

5. Promozione della formazione e dell'informazione.

Formazione e informazione rappresentano uno strumento essenziale per tecnici, amministratori, operatori economici e cittadini, al fine di favorire la conoscenza e la consapevolezza del valore del suolo e della sua gestione sostenibile nell'ambito delle molteplici attività umane e per favorire l'applicazione di metodi e strumenti per l'uso sostenibile del suolo, ponendo l'accento sui benefici derivanti dal buono stato della risorsa e dalla sua capacità di svolgere funzioni ecosistemiche, nonché sugli effetti negativi e le perdite, anche economiche, derivanti da un suo uso non sostenibile. Fondamentale è garantire l'accesso alle informazioni sullo stato dei suoli e sugli effetti delle misure attraverso strumenti e metodi innovativi.

Obiettivi prioritari

Le politiche nazionali, regionali e locali, nonché le strategie di azione pubbliche e private, in attuazione dei principi di questa Carta, perseguono i seguenti obiettivi prioritari:

1. Arresto del consumo di suolo dovuto all'aumento della copertura artificiale e dell'impermeabilizzazione del suolo (dati ISPRA/SNPA) e riduzione della frammentazione del territorio e della dispersione insediativa, anticipando l'obiettivo dell'UE di occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 e adottando da subito la "*Land take hierarchy*" indicata dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 (SWD 2021 323 final) che prevede, in ordine di priorità decrescente, di:

- evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo;
 - riutilizzare le aree già consumate e impermeabilizzate;
 - utilizzare aree già degradate in caso di interventi assolutamente non evitabili;
 - in questo ultimo caso, compensare gli interventi per arrivare a un bilancio non negativo di consumo e di impermeabilizzazione del suolo e per mantenere i servizi ecosistemici.
2. Promozione nelle politiche territoriali di azioni coerenti con gli indirizzi espressi dalla UE nella Strategia per il suolo per il 2030 al fine di raggiungere l'obiettivo dell'arresto del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo con un uso circolare del terreno e intervenendo sulla:
- limitazione della futura occupazione dei terreni agendo sulle politiche di governo del territorio e dunque sulle previsioni di sviluppo dei piani comunali rapportate all'evolversi degli scenari demografici con un monitoraggio pluriennale;
 - limitazione della copertura artificiale e della superficie impermeabilizzata dei terreni rappresentata dallo stato di fatto rilevato dalla Carta Nazionale del consumo di suolo SNPA, volto all'individuazione delle principali trasformazioni che in alcuni casi possono avvenire, ad esempio, in aree precedentemente libere ma all'interno o ai margini del tessuto urbanizzato consolidato.
- È importante che vengano considerate entrambe le metodologie sopraindicate per un'efficace politica di arresto del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo;
3. Inversione dei processi di degrado attraverso la conoscenza, la mappatura, il monitoraggio, nonché con l'inserimento delle azioni di ripristino della naturalità dei suoli e di recupero della loro funzionalità ecologica, di incremento delle aree verdi, forestali ed agroforestali, in una logica di rete nelle strategie e negli strumenti di programmazione e pianificazione nazionali, regionali e locali, in coerenza con il perseguimento a livello globale dell'arresto del degrado del suolo come indicato dall'Agenda 2030 (*Land Degradation Neutrality*).
4. Aumento del contenuto di sostanza organica dei suoli attraverso la protezione dei suoli naturali, la corretta gestione forestale, nonché attraverso l'adozione di pratiche conservative in agricoltura, la gestione sostenibile dei nutrienti minerali, dei reflui zootecnici, dei correttivi e degli ammendanti, l'utilizzo appropriato delle matrici organiche di origine extra agricola, applicando principi di agroecologia e di circolarità nel flusso dei nutrienti.
5. Identificazione, caratterizzazione, bonifica e rigenerazione dei siti contaminati e monitoraggio della contaminazione da fonti diffuse derivanti dall'uso del suolo, nonché da ricadute atmosferiche provenienti da attività industriali e impiego di combustibili.
6. Definizione e perseguimento del buono stato ecologico dei suoli ai fini della conservazione e del ripristino della loro biodiversità e della capacità di fornire servizi ecosistemici, che devono essere riconosciuti, mappati e tutelati.
7. Riduzione dell'erosione, della compattazione e della salinizzazione attraverso l'applicazione di buone pratiche agricole, gestione corretta delle aree agricole, naturali urbane e periurbane, finalizzata a preservare la struttura, la sostanza organica, la fertilità e la biodiversità dei suoli, e quindi la loro funzionalità.
8. Introduzione di criteri e indirizzi operativi rivolti agli enti locali per promuovere la sostenibilità ecologica nella rigenerazione delle aree urbane e periurbane, dei sistemi produttivi e infrastrutturali, assicurando il consumo di suolo netto pari a zero e dando la priorità al riuso ed al riutilizzo di aree dismesse e/o abbandonate. Nella pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistica devono assumere un ruolo centrale la resilienza e la sicurezza territoriale da assicurare attraverso la gestione integrata delle risorse e attraverso azioni di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico, azioni di integrazione delle infrastrutture verdi e blu e di rafforzamento dei servizi ecosistemici fondamentali per aumentare il benessere insediativo e la qualità ecologica dell'ambiente urbano, anche facendo ricorso a interventi di desigillatura (*de-sealing*) e rivegetazione e rinaturalizzazione delle superfici impermeabili.

9. Sviluppo dell'approccio ecosistemico nella pianificazione territoriale e urbanistica come strumento per introdurre la salvaguardia dei suoli agricoli altrimenti non tutelati da alcuna normativa.
10. Finanziamento e attivazione di un sistema di monitoraggio della qualità dei suoli, del loro uso e consumo e dei processi di degrado che li affliggono, che produca dati aggiornati, armonizzati e accessibili a livello regionale e nazionale.
11. Incremento degli investimenti in ricerca e sperimentazione applicata, per far sì che i concetti espressi nelle normative riguardanti il suolo siano universalmente condivisi e misurabili, rivolti sia all'innovazione delle tecnologie e alla loro diffusione che allo sviluppo e all'adozione dei principi dell'agroecologia, e degli investimenti nell'educazione scolastica, nella formazione e informazione sulle tematiche riguardanti il suolo.

LE NORME REGIONALI: AGGIORNAMENTO AL 2023

Da molti anni il quadro normativo regionale continua ad evolversi sia sul tema specifico del consumo di suolo, sia attraverso gli strumenti normativi finalizzati a favorire la rigenerazione urbana, tutto in assenza di un riferimento di livello nazionale. Il risultato è un panorama complessivamente piuttosto eterogeneo e complessivamente ancora di scarsa efficacia che comprende disposizioni, normative o principi inseriti in leggi finalizzate al contenimento del consumo del suolo e alla rigenerazione urbana, intesa spesso come alternativa al nuovo consumo di suolo. Tuttavia, praticamente dovunque, la definizione di consumo di suolo non è coerente con quella europea e nazionale o, comunque, sono presenti deroghe o eccezioni significative relative a tipologie di interventi e di trasformazioni del territorio che non vengono inclusi nel computo (e quindi nella limitazione) ma che sono in realtà causa evidente di consumo di suolo (ad esempio per il consumo che avviene in aree già previste dai piani comunali o per quello dovuto ad alcune opere pubbliche).

In generale, la materia urbanistica e il governo del territorio nel suo complesso ha sempre costituito un tema molto delicato nei rapporti tra interventi normativi statali e potestà regionali: all'interno del quadro normativo di principio dettato dallo Stato, tutte le Regioni nell'applica-

zione della loro potestà concorrente hanno nel corso degli anni prodotto una propria legge urbanistica di carattere organico, contenente le norme regionali sugli standard urbanistici, i relativi piani, la disciplina edilizia e la relativa organizzazione amministrativa.

Le Regioni a Statuto speciale e le due Province Autonome di Trento e Bolzano, godono invece di competenza c.d. primaria nella materia urbanistica e quindi la potestà legislativa di queste istituzioni incontra nella disciplina statale limiti meno stringenti rispetto a quella concorrente, tipica delle Regioni a Statuto ordinario.

A tal fine le Regioni hanno principalmente identificato, quali scelte di pianificazione territoriale, gli strumenti del riuso e della rigenerazione del territorio urbanizzato, mentre il consumo di suolo all'esterno dell'area insediabile non connesso all'attività agricola può essere ammesso esclusivamente ove non sussistono alternative economicamente ed ecologicamente ragionevoli, mediante interventi di riuso, recupero, adeguamento o densificazione degli insediamenti esistenti.

La ratio delle scelte politiche degli amministratori regionali è stata proprio nel riuscire a far coesistere il richiamato obiettivo del consumo di suolo a saldo zero da raggiungere entro il 2050 con la necessità di salvaguardare il tessuto economico e sociale dei loro territori, ancor più in una fase congiunturale decisamente poco favorevole attraverso incentivi urbanistici ed economici (esonero contributo straordinario, incentivi volumetrici, riduzione contributo costruzione, etc.), standard differenziati rigenerazione/espansione (riduzione quantità aree da reperire) ed altri.

Le Regioni hanno quindi focalizzato il proprio agire normativo e politico per assicurare una maggiore tutela del territorio regionale e promuovere la trasformazione urbana in termini di qualità, riducendo il consumo di suolo e definire, nel rispetto della disciplina di tutela del patrimonio culturale e del paesaggio, strategie integrate di rigenerazione urbana, intese come complesso sistematico di trasformazioni urbanistiche ed edilizie concernenti aree e complessi edilizi caratterizzati da degrado urbanistico, edilizio, ambientale o socio-economico, che non determinino consumo di suolo. Queste trasformazioni devono essere realizzate secondo metodologie e tecniche di sostenibilità ambientale, rinaturalizzazione dei suoli consumati in modo reversibile, recupero dei servizi ecosistemici persi, de-impermeabilizzazione, bonifica,

innalzamento del potenziale ecologico-ambientale e della biodiversità urbana, finalizzate alla priorità del riuso. All'interno del perimetro del territorio urbanizzato è spesso agevolato il riuso e la rigenerazione del patrimonio edilizio esistente, etc.), deroghe al DM 1444/1968 (distanze, altezze, densità), semplificazioni procedurali, altri strumenti (costruzione e successiva demolizione, opere incongrue, albo immobili convenzionati, usi temporanei).

Alcune Regioni (Sicilia, Friuli-Venezia Giulia) hanno emanato specifiche disposizioni per il recupero del patrimonio edilizio esistente abbandonato situato nel territorio rurale e nei centri storici anche al fine di garantire lo sviluppo sostenibile delle attività rispetto alle trasformazioni territoriali da esse indotte evitando il nuovo consumo di suolo, attraverso la riqualificazione e riorganizzazione del patrimonio edilizio esistente.

L'impegno è quindi nel perseguire la riqualificazione e rigenerazione urbana intese in senso ampio e integrato, sorta di nuovo *genius loci* laico e comprendente, quindi, aspetti sociali, culturali, economici, urbanistici ed edilizi, ma anche culturali, per promuovere o rilanciare territori soggetti a situazioni di disagio o degrado sociali ed economici, favorendo forme di *co-housing* per la condivisione di spazi ed attività.

In questo concetto si inseriscono le Regioni Calabria, Puglia ed Abruzzo che vedono la rigenerazione quale strumento per la qualità non solo urbana, edilizio-architettonica ma anche territoriale, paesaggistica e ambientale, per l'efficienza energetica e idrica, per la sicurezza sismica e la dotazione tecnologica e la sicurezza per le aree soggette a rischi territoriali.

Quali strumenti normativi di tutela dell'ambiente e del paesaggio e della salvaguardia delle funzioni economiche ed ecosistemiche del suolo, si può segnalare l'esempio della Regione Piemonte che con LR 3/2023 ha recepito i due decreti attuativi del Testo unico in materia di foreste e filiere forestali:

- D.M. 28 ottobre 2021 "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali inerenti agli scopi, le tipologie e le caratteristiche tecnico-costruttive della viabilità forestale e silvo-pastorale, delle opere connesse alla gestione dei boschi e alla sistemazione idraulico-forestale";

- D.M. 28 ottobre 2021 "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei piani forestali di indirizzo territoriale e dei piani di gestione forestale".

A questo si può aggiungere la Regione Valle d'Aosta con la L.R. 15.05.2023 n. 4 - Disposizioni in materia di strutture turistico-ricettive. Modificazioni alla legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 che ha esteso l'accesso ai benefici volumetrici previsti dal "Piano casa" (l.r. 24/2009) ad un maggior numero di edifici e la Legge regionale 15.5.2023, n. 5 - Legge di manutenzione dell'ordinamento regionale per l'anno 2023, che ha introdotto nuove disposizioni in materia di piste da sci (art.3) e disposizioni in materia di urbanistica, prevedendo all'art. 5 modificazioni alla legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 in relazione alla disciplina di piccoli bacini di stoccaggio delle acque per irrigazione (capacità inferiore o uguale a 100 mc).

In Regione Veneto, la Giunta regionale con Deliberazione n. 303 del 21 marzo 2023 ha incaricato il Direttore della Direzione Pianificazione Territoriale di porre in essere tutti gli atti necessari per avviare la sistematizzazione e il rinnovamento del complesso insieme di disposizioni regionali aventi implicazioni dirette o indirette sulla disciplina e sulla pianificazione dell'uso dei suoli, finalizzati alla predisposizione di una proposta di testo normativo di aggiornamento della suddetta normativa. Il gruppo di lavoro istituito dall'Amministrazione ha pertanto provveduto a effettuare un intervento di sistematizzazione e rinnovamento del nutrito insieme di disposizioni regionali aventi implicazioni dirette o indirette sulla disciplina e sulla pianificazione dell'uso dei suoli, realizzando la proposta di aggiornamento della suddetta normativa.

La bozza di proposta formulata dal gruppo di lavoro è ora, come previsto dalla DGR 303 del 2023, oggetto di un processo partecipativo, di dialogo e confronto, con gli *stakeholder* interni ed esterni all'amministrazione regionale.

Nel perseguire le finalità di semplificazione e sistematizzazione normativa afferente ai settori dell'urbanistica-edilizia (governo del territorio) e del paesaggio, il Testo Unico in via di definizione prevede in particolare che vengano abrogate le seguenti leggi regionali: LR n. 61/1985; LR n. 11/2004 (nonché articoli modificativi contenuti in varie disposizioni ordinamentali e collegati alla legge di stabilità); LR n. 14/2017 (Consumo di suolo); LR n. 14/2019 (Veneto 2050); Capo I della LR n. 55/2012

(SUAP); articoli 2, 7 e 8 della LR n. 4/2015; LR n. 19/2021 (Veneto cantiere veloce); LR n. 21/1996 (spessori strutture per isolamento termico).

Nel quadro generale della produzione normativa nel suo complesso emergono, in conclusione, alcuni punti forti e alcune possibili criticità non ancora superate. L' intensa attività normativa si è stabilizzata nel suo insieme e le politiche territoriali regionali si sono concentrate verso l'obiettivo di ridurre progressivamente il consumo di suolo non ancora urbanizzato per usi insediativi e infrastrutturali, in coerenza con l'obiettivo europeo di azzerarlo entro il 2050, ma al momento non sembrano essere riuscite a fermare questa corsa al consumo di suolo.

Le scelte politiche di normazione poste in essere per assicurare l'auspicata tutela dei territori regionali hanno cercato di affrontare tutte le possibili matrici e le problematiche specificatamente intese come prioritarie che in-

fluiscono sulla "salute del suolo", introducendo però concetti e strumenti anche molto diversi tra loro, da misure economico-fiscali a quelle urbanistiche e di edilizia di recupero dei centri storici, fino a scelte finalizzate alla tutela ecosistemica del territorio coniugata con la sostenibilità dello sviluppo delle attività delle popolazioni, alla difesa del paesaggio. Una situazione complessa e variegata che riflette sicuramente le diversità specifiche delle varie aree del nostro Paese, ma che potrebbe determinare da un lato effetti distorsivi nelle scelte di sviluppo economico dei territori e dall'altro rallentare l'efficacia complessiva nel raggiungimento dell'ambizioso target di riferimento e, in alcuni casi, potrebbero essere rivisti in considerazione delle recenti modifiche agli articoli 9 e 41 della Carta costituzionale (cfr. § *La tutela dell'ambiente nella Costituzione italiana*).

Tabella 7. Descrizione sintetica delle normative regionali su urbanistica, consumo di suolo e rigenerazione urbana – aggiornamento al 30/08/2023

REGIONE PIEMONTE	
Normative e finalità	<p>LR 9 marzo 2023 n. 3 “Legge annuale di riordino dell’ordinamento regionale. Anno 2022” ha innovato la LR 7/2022 “Norme di semplificazione in materia urbanistica ed edilizia” di modifica alla legge sulla rigenerazione urbana 16/2018</p> <p>La LR 3/2023 ha recepito i due decreti attuativi TUFF (Testo unico in materia di foreste e filiere forestali - costituisce la legge quadro di indirizzo e coordinamento in materia di selvicoltura e filiere forestali e prevede una serie di decreti attuativi per la sua applicazione):</p> <p>D.M. 28 ottobre 2021 "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali inerenti agli scopi, le tipologie e le caratteristiche tecnico-costruttive della viabilità forestale e silvo-pastorale, delle opere connesse alla gestione dei boschi e alla sistemazione idraulico-forestale";</p> <p>D.M. 28 ottobre 2021 "Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei piani forestali di indirizzo territoriale e dei piani di gestione forestale"</p>
REGIONE VALLE D'AOSTA	
Normative e finalità	<p>L.R 15.05.2023 n. 4 - Disposizioni in materia di strutture turistico-ricettive. Modificazioni alla legge regionale 6 aprile 1998, n. 11. Sono stati modificati gli artt. 90bis, 90ter e 90quater della l.r. 11/1998 “normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d’Aosta”. Tra le finalità della legge consentire l’accesso ai benefici volumetrici previsti dal “Piano casa” (l.r. 24/2009) ad un maggior numero di edifici.</p> <p>Legge regionale 15.5.2023, n. 5 - Legge di manutenzione dell’ordinamento regionale per l’anno 2023 e ulteriori disposizioni. La legge ha introdotto nuove disposizioni in materia di piste da sci (art.3) e disposizioni in materia di urbanistica, prevedendo all’art. 5 modificazioni alla legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 in relazione alla disciplina di piccoli bacini di stoccaggio delle acque per irrigazione (capacità inferiore o uguale a 100 mc)</p>
REGIONE LOMBARDIA	
Normative e finalità	<p>LR 12/2005 Legge regionale per il governo del territorio</p> <p>LR 31/2014 “Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato”.</p> <p>La legge regionale 26 novembre 2019, n. 18 “Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente. Modifiche e integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e ad altre leggi regionali” ha introdotto modifiche nell’articolato della Legge per il governo del territorio inserendo puntuali disposizioni relative alla rigenerazione urbana, in raccordo con la Legge regionale n. 31 del 2014 “Misure di semplificazione e incentivazione per la rigenerazione urbana e territoriale, nonché per il recupero del patrimonio edilizio esistente”, che riconosce gli interventi finalizzati alla rigenerazione urbana e territoriale, riguardanti ambiti, aree o edifici, quali azioni prioritarie per ridurre il consumo di suolo.</p> <p>Presenta disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato” di contenimento del consumo di suolo oltre che il suo riallineamento alle norme statali in materia di edilizia), con riguardo altresì all’obiettivo di aumentare la sicurezza delle costruzioni relativamente al rischio sismico e la riduzione della vulnerabilità.</p> <p>La stessa l.r. n. 18 del 2019 riallinea alle sopravvenute norme statali le disposizioni in materia di edilizia di cui alla parte seconda della l.r. 12 del 2005. In evidenza i contenuti più significativi con l’indicazione del corrispondente articolo della l.r. 12 del 2005:</p> <p>Introduce promozione di interventi di rigenerazione urbana e territoriale mediante incentivazioni all’interno delle aree della rigenerazione con possibilità per i Consigli comunali di individuare gli ambiti di rigenerazione mediante delibera, rispetto ai quali possono essere previste azioni di semplificazione amministrativa, usi temporanei e sviluppo di studi di fattibilità economica e urbanistica (art.8 bis), riduzioni degli oneri di urbanizzazione e del contributo sul costo di costruzione (art. 43);</p> <p>incentivazioni per il recupero del patrimonio edilizio esistente di immobili degradati o dismessi (individuati con una delibera ad hoc di Consiglio comunale, ovvero già individuati nel PGT o anche periziati direttamente da</p>

	<p>privati) attraverso premi volumetrici e deroghe; i comuni aventi popolazione inferiore a 20.000 abitanti possono limitarne l'applicazione in relazione a motivate ragioni di tutela paesaggistica (art. 40 bis); recupero degli edifici rurali dismessi o che versano in stato di abbandono da almeno tre anni, in deroga alla previsione dei PGT, purché non interferiscano con l'attività agricola e non siano stati realizzati in assenza di titolo abilitativo. Sono escluse le destinazioni produttive-industriali e le medie e grandi strutture di vendita. È consentito un ampliamento del 20%, con l'esclusione di nuova costruzione, e il contributo sul costo di costruzione non è dovuto se la destinazione d'uso dell'edificio recuperato rimane agricola (art. 40 ter); norme per favorire gli usi temporanei di aree ed edifici dismessi (art. 51 bis); l'inclusione degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza permanente e interventi di gestione sostenibile delle acque meteoriche tra le urbanizzazioni secondarie (art. 44); semplificazione del cambio di destinazione d'uso all'interno della superficie urbanizzata, come definita nel PTR, eccetto che per le destinazioni esplicitamente escluse dal PGT, le attività di logistica o autotrasporto incidenti su una superficie territoriale superiore a 5.000 mq, le grandi strutture di vendita e le attività insalubri (art. 51).</p>
Definizioni	<p>Consumo di suolo= la trasformazione, per la prima volta, di una superficie agricola da parte di uno strumento di governo del territorio, non connessa con l'attività agro-silvo-pastorale, esclusa la realizzazione di parchi urbani territoriali e inclusa la realizzazione di infrastrutture sovra comunali; il consumo di suolo è calcolato come rapporto percentuale tra le superfici dei nuovi ambiti di trasformazione che determinano riduzione delle superfici agricole del vigente strumento urbanistico e la superficie urbanizzata e urbanizzabile.</p> <p>Superficie agricola = i terreni qualificati dagli strumenti di governo del territorio come agro-silvo-pastorali</p> <p>Superficie urbanizzata e urbanizzabile = i terreni urbanizzati o in via di urbanizzazione calcolati sommando le parti del territorio su cui è già avvenuta la trasformazione edilizia, urbanistica o territoriale per funzioni antropiche e le parti interessate da previsioni pubbliche o private della stessa natura non ancora attuate.</p> <p>Bilancio ecologico del suolo = la differenza tra la superficie agricola che viene trasformata per la prima volta dagli strumenti di governo del territorio e la superficie urbanizzata e urbanizzabile che viene contestualmente ridestinata nel medesimo strumento urbanistico a superficie agricola. Se il bilancio ecologico del suolo è pari a zero, il consumo di suolo è pari a zero.</p> <p>Rigenerazione urbana = l'insieme coordinato di interventi urbanistico-edilizi e di iniziative sociali che possono includere la sostituzione, il riuso, la riqualificazione dell'ambiente costruito e la riorganizzazione dell'assetto urbano attraverso il recupero delle aree degradate, sottoutilizzate o anche dismesse, nonché attraverso la realizzazione e gestione di attrezzature, infrastrutture, spazi verdi e servizi e il recupero o il potenziamento di quelli esistenti, in un'ottica di sostenibilità e di resilienza ambientale e sociale, di innovazione tecnologica e di incremento della biodiversità dell'ambiente urbano</p> <p>Rigenerazione territoriale = l'insieme coordinato di azioni, generalmente con ricadute sovralocali, finalizzate alla risoluzione di situazioni di degrado urbanistico, infrastrutturale, ambientale, paesaggistico o sociale che mira in particolare a salvaguardare e ripristinare il suolo e le sue funzioni ecosistemiche e a migliorare la qualità paesaggistica ed ecologica del territorio, nonché dei manufatti agrari rurali tradizionali, per prevenire conseguenze negative per la salute umana, gli ecosistemi e le risorse naturali. (Art. 2 LR 31/2014)</p>
Target quantitativi/qualitativi	Concretizzare sul territorio della Lombardia il traguardo previsto dalla Commissione europea di giungere entro il 2050 a una occupazione netta di terreno pari a zero (Art.1 LR 31/2014)
Sistema di monitoraggio	Il monitoraggio è in capo all'Osservatorio permanente della programmazione territoriale regionale (Art. 5 della LR 12/2005), che redige una relazione annuale sull'attività svolta.
REGIONE LIGURIA	
Normative e finalità	<p>L.R. 22/2021 "Disposizioni collegate alla legge di stabilità regionale 2022 (Disposizioni per la formazione del bilancio di previsione 2022-2024)." - Articolo 8 Programmazione regionale degli interventi di rigenerazione urbana.</p> <p>Ai fini della concessione dei finanziamenti regionali, nazionali e comunitari in materia di rigenerazione</p>

	<p>urbana, la Giunta regionale approva un elenco triennale di ambiti di intervento sulla base delle ricognizioni dei fabbisogni prioritari del territorio ligure, fatti salvi termini o procedure speciali dettate da normative statali o comunitarie di finanziamento.</p> <p>Ai fini dell'attuazione del presente articolo, la Giunta regionale approva apposite linee guida per la definizione delle modalità di ricognizione dei fabbisogni, della programmazione degli interventi e delle modalità di assegnazione ed erogazione dei finanziamenti</p> <p>L.R. 22 dicembre 2015, n. 22 "MODIFICHE ALLA LEGGE REGIONALE 3 NOVEMBRE 2009, N. 49 (MISURE URGENTI PER IL RILANCIO DELL'ATTIVITÀ EDILIZIA E PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO URBANISTICO – EDILIZIO)"</p> <p>La pianificazione urbanistica è finalizzata al contrasto all'abbandono del territorio agrario, alla riqualificazione del patrimonio edilizio esistente e al rinnovo urbano, alla conservazione e della valorizzazione delle risorse ambientali e paesaggistiche disponibili, con particolare riguardo a quelle irripetibili (LR 36/1997).</p> <p>Favorire il miglioramento della qualità ambientale, paesaggistica, architettonica e sociale del tessuto edificato, individua la rigenerazione urbana quale alternativa strategica al consumo di nuovo e costituisce un elemento di attuazione del percorso previsto dalla Commissione Europea "Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse" (COM/2011/0571), per giungere entro il 2050 all'obiettivo di edificazione su nuove aree pari a zero (LR 23/2018).</p>
REGIONE VENETO	
Normative e finalità	<p>Testo Unico in materia di Governo del Territorio e del Paesaggio Veneto</p> <p>Con Deliberazione n. 303 del 21 marzo 2023 la Giunta regionale ha incaricato il Direttore della Direzione Pianificazione Territoriale di porre in essere tutti gli atti necessari per avviare la sistematizzazione e il rinnovamento del complesso insieme di disposizioni regionali aventi implicazioni dirette o indirette sulla disciplina e sulla pianificazione dell'uso dei suoli, finalizzati alla predisposizione di una proposta di testo normativo di aggiornamento della suddetta normativa.</p> <p>Con Decreto del Direttore della Direzione Pianificazione Territoriale n. 75 del 26 aprile 2023, in attuazione di quanto previsto con DGR n. 303 del 2023, è stato istituito il gruppo di lavoro al fine di predisporre la proposta di testo normativo.</p> <p>Il gruppo di lavoro ha pertanto provveduto ad effettuare un intervento di sistematizzazione e rinnovamento del nutrito insieme di disposizioni regionali aventi implicazioni dirette o indirette sulla disciplina e sulla pianificazione dell'uso dei suoli, realizzando la proposta di aggiornamento della suddetta normativa.</p> <p>La bozza di proposta formulata dal gruppo di lavoro è ora, come previsto dalla DGR 303 del 2023, "oggetto di un processo partecipativo, quale percorso strutturato di dialogo e confronto, con gli stakeholder interni ed esterni all'amministrazione regionale".</p> <p>Finalità del TU: semplificare e riordinare in un testo unico tutta la legislazione regionale afferente ai settori dell'urbanistica-edilizia (governo del territorio) e del paesaggio;</p> <p>in particolare, vengono abrogate le seguenti leggi regionali: LR n. 61/1985; LR n. 11/2004 (nonché articoli modificativi contenuti in varie disposizioni ordinarie e collegati alla legge di stabilità); LR n. 14/2017 (Consumo di suolo); LR n. 14/2019 (Veneto 2050); Capo I della LR n. 55/2012 (SUAP); articoli 2, 7 e 8 della LR n. 4/2015; LR n. 19/2021 (Veneto cantiere veloce); LR n. 21/1996 (spessori strutture per isolamento termico);</p> <p>Confermare il quadro normativo di riferimento e le relative scelte, salva l'introduzione di correzioni, modifiche e integrazioni dove opportuno e necessario;</p> <p>Includere tutte le leggi e disposizioni regionali che attengono alla materia urbanistico-edilizia, lasciando quelle afferenti specifici temi inserite nella relativa disciplina di settore (commercio, turismo, lavori pubblici, etc.).</p>
REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA	
Normative e finalità	<p>LR 10/2023 "Misure per la semplificazione e la crescita economica" - Art. 4 Strumenti per la rigenerazione culturale, sociale ed economica dei centri storici, delle frazioni e borghi storici.</p> <p>La Regione riconosce la priorità delle iniziative e delle misure finalizzate al rilancio economico e sociale dei centri storici, delle frazioni e dei borghi storici come individuati negli strumenti di pianificazione comunale, anche caratterizzati da un avanzato processo di declino e abbandono, per i quali i Comuni competenti per</p>

	territorio prevedano progetti di recupero e rigenerazione al fine di integrare le politiche di salvaguardia e riqualificazione dei piccoli insediamenti storici con le esigenze di rivitalizzazione e rifunzionalizzazione degli stessi.
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO	
Normative e finalità	L.P. 5/2008 approvazione Piano Urbanistico Provinciale e assunzione nella VAS dei parametri dimensionali della Delibera 3015/2005 (note aggiunte) L.P. 15/2015 “Legge provinciale per il governo del territorio” come modificata dalla LP 3/2020, finalizzata a garantire la riproducibilità, la qualificazione e la valorizzazione del sistema delle risorse territoriali e del paesaggio provinciali per migliorare la qualità della vita, dell’ambiente e degli insediamenti e a promuovere la realizzazione di uno sviluppo sostenibile e durevole mediante il risparmio del territorio, l’incentivazione delle tecniche di riqualificazione, limitando l’impiego di nuove risorse territoriali alle ipotesi di mancanza di alternative alla riorganizzazione e riqualificazione del contesto urbanistico-edilizio esistente (art. 1) DPP 8-61/2017 “Regolamento urbanistico-edilizio provinciale”
Definizioni	Consumo del suolo = il fenomeno di progressiva artificializzazione dei suoli, generato dalle dinamiche di urbanizzazione del territorio, monitorabili attraverso specifici indici (Art. 3, comma 1, lett. b)
Target quantitativi/qualitativi	Limitazione del consumo del suolo (Art. 18 LP 15/2015) misure di vantaggio, il riuso e la rigenerazione urbana delle aree insediate, attraverso interventi di ristrutturazione urbanistica e di densificazione e l’individuazione, da parte degli strumenti di pianificazione di nuove aree in assenza di soluzioni alternative con riferimento al possibile e razionale utilizzo delle aree esistenti o già insediate, nell’ambito del territorio della comunità (c.1); Al fine di contenere nuovi consumi del suolo, nella realizzazione di edifici da destinare a finalità di pubblica utilità gli enti locali promuovono l’utilizzo del patrimonio edilizio esistente e, in particolare, di aree ed edifici degradati o dismessi (c.2) Rigenerazione urbana attraverso: - specifiche misure di riqualificazione urbana ed edilizia (Artt. 108 – 111). - Piani di riqualificazione urbana, d’iniziativa pubblica o privata o mista (art. 50); - Riduzione del contributo di costruzione (artt. 88-89)
Sistema di monitoraggio	Art. 10 Sistema informativo ambientale e territoriale (SIAT), che costituisce la base obbligatoria per la redazione degli strumenti di pianificazione urbanistica Art. 12 Osservatorio del paesaggio. L’Osservatorio ha funzioni di documentazione, studio, analisi e monitoraggio dell’evoluzione del paesaggio trentino. Art.20 Valutazione dei piani.
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO	
Normative e finalità	LP 9/2018 “Territorio e paesaggio” che disciplina la tutela e la valorizzazione del paesaggio, il governo del territorio e il contenimento del consumo del suolo. (Art. 1) DPP 31/2018 (decreto attuativo della LP 9/2018) che stabilisce i criteri applicativi per il contenimento del consumo di suolo. Circolare del Dirigente del Servizio Urbanistica prot. 504720 di data 29 giugno 2023 "Sanatoria degli abusi edilizi realizzati in aree di cui al Capo IV delle norme di attuazione del Piano urbanistico provinciale. Indicazioni operative" Fornisce indicazioni operative di massima in ordine allo svolgimento della procedura sanzionatoria nel caso di interventi abusivi realizzati nelle aree di cui al Capo IV delle norme di attuazione del Piano urbanistico provinciale (PUP) recante “Carta di Sintesi della pericolosità” che, “disciplina le aree caratterizzate da diversi gradi di penali ai fini dell’uso del suolo, in ragione della compresenza di fattori relativi ai pericoli idrogeologici, valanghivi, sismici e d’incendio boschivo” Circolare dell’Assessore all’Urbanistica prot. 320518 di data 28 aprile 2023 "Decorrenza degli effetti degli accordi urbanistici" gli accordi, comunque denominati, sottoscritti dalle Amministrazioni per il governo e la pianificazione del territorio, inclusi i provvedimenti adottati a seguito di obbligo di ripianificazione, esplicano effetti di rilevanza urbanistica a decorrere dalla loro approvazione da parte del Consiglio comunale unitamente all’adozione della variante urbanistica cui accedono.

	<p>È solo con l'adozione preliminare della variante che approva, come parte integrante e sostanziale, l'accordo preliminare urbanistico che cominciano ad esplicitarsi i primi effetti di natura urbanistica propri di un atto pianificatorio di prima adozione, restando l'accordo – prima di tale momento – una obbligazione tra le parti che l'hanno sottoscritta, non avendo tuttavia ancora, né per contenuto, né per forza giuridica, la capacità di determinare riflessi ed effetti urbanistici, riservati al provvedimento assunto dal Consiglio comunale</p>
REGIONE EMILIA-ROMAGNA	
Normative e finalità	<p>LR 24 2017 “Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio” DGR. n. 376 del 19 marzo 2018 “Modalità operative e contenuti informativi per il monitoraggio delle trasformazioni realizzate in attuazione del Piano Urbanistico Comunale” DGR n.2135 del 22 novembre 2019 “Strategia per la qualità urbana ed ecologica – ambientale e valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale del Piano Urbanistico Generale” DGR n. 110 del 28 gennaio 2021 “Atto di coordinamento tecnico sulle dotazioni territoriali” LR 14/2014, art. 8, contiene misure per ridurre il consumo del suolo nella localizzazione dei nuovi insediamenti produttivi</p>
Definizioni	<p>Suolo = bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici, anche in funzione della prevenzione e della mitigazione degli eventi di dissesto idrogeologico e delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici (Art. 1, comma 2, lett a); Consumo di suolo = saldo tra le aree per le quali la pianificazione urbanistica attuativa prevede la trasformazione insediativa al di fuori del perimetro del territorio urbanizzato, di cui all'articolo 32, commi 2 e 3, e quelle per le quali la medesima pianificazione stabilisca una destinazione che richieda, all'interno del medesimo perimetro, interventi di desigillazione, attraverso la rimozione dell'impermeabilizzazione del suolo (Art.5, comma 5); Perimetro dell'urbanizzato = a) le aree edificate con continuità a prevalente destinazione residenziale, produttiva, commerciale, direzionale e di servizio, turistico ricettiva, le dotazioni territoriali, le infrastrutture, le attrezzature e i servizi pubblici comunque denominati, i parchi urbani nonché i lotti e gli spazi ineditati dotati di infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti; b) le aree per le quali siano stati rilasciati o presentati titoli abilitativi edilizi per nuove costruzioni o siano state stipulate convenzioni urbanistiche attuative; c) i singoli lotti di completamento individuati dal piano vigente alla data di entrata in vigore della presente legge e collocati all'interno delle aree edificate con continuità o contermini alle stesse; d) i lotti residui non edificati, dotati di infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti in quanto facenti parte di un piano urbanistico attuativo, comunque denominato, attuato o in corso di completamento (articolo 32, comma 2).</p>
Target quantitativi/qualitativi	<p>Obiettivo del consumo di suolo a saldo zero da raggiungere entro il 2050; a tal fine gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica perseguono la limitazione del consumo di suolo, attraverso il riuso e la rigenerazione del territorio urbanizzato (Art.5, comma 1). Il consumo di suolo è consentito esclusivamente per opere pubbliche e opere qualificate dalla normativa vigente di interesse pubblico e per insediamenti strategici volti ad aumentare l'attrattività e la competitività del territorio, nei soli casi in cui non esistano ragionevoli alternative consistenti nel riuso di aree già urbanizzate e nella rigenerazione delle stesse (Art. 5, comma 2). La pianificazione territoriale e urbanistica può prevedere, per l'intero periodo, un consumo del suolo complessivo entro il limite massimo del 3 % della superficie del territorio urbanizzato. Non sono computate nel calcolo alcune tipologie in particolare opere pubbliche di livello sovracomunale. La Città metropolitana di Bologna e i soggetti d'area vasta di cui all'articolo 42, comma 2, possono attribuire ai Comuni e alle loro Unioni quote differenziate di superficie territoriale consumabile, nell'osservanza della quota complessiva. (Art.6) Le nuove urbanizzazioni sono attuabili, al di fuori del perimetro del territorio urbanizzato o nelle aree permeabili collocate all'interno del perimetro del territorio urbanizzato che non siano dotate di infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti, nell'osservanza di alcune limitazioni (Art. 35) All'interno del perimetro del territorio urbanizzato è agevolato il riuso e la rigenerazione del patrimonio edilizio esistente, attraverso: incentivi urbanistici ed economici (esonero contributo straordinario, incentivi volumetrici, riduzione contributo costruzione, ecc.), standard differenziati rigenerazione/ espansione (riduzione quantità aree da reperire, ecc.), deroghe al DM 1444/1968 (distanze, altezze, densità), semplificazioni procedurali,</p>

	altri strumenti (costruzione e successiva demolizione, opere incongrue, albo immobili convenzionati, usi temporanei, ecc.) (artt. 7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17)
Sistema di monitoraggio	<p>I Comuni monitorano le trasformazioni realizzate in attuazione del piano vigente e provvedono all'invio degli esiti dello stesso alla Regione, alla scadenza di ogni semestre dalla data di approvazione della presente legge. La Regione provvede al monitoraggio del consumo di suolo ai sensi della presente legge e alla pubblicazione sul proprio sito web dei relativi dati (Art. 5 comma 6). In attuazione di questa norma è stata approvata la DGR 376/2018.</p> <p>Il data base topografico regionale (DBTR) costituisce la base informativa territoriale per la raccolta e la gestione dei dati di supporto alle funzioni di programmazione e pianificazione previste dalla presente legge. Il DBTR costituisce inoltre, unitamente all'anagrafe comunale degli immobili (ACI), il supporto cartografico ed informativo per la raccolta e rappresentazione delle trasformazioni edilizie ed urbanistiche, al fine del calcolo del consumo di suolo (Art. 57).</p>
REGIONE MARCHE	
Normative e finalità	<p>LR 14/2021 "Disposizioni in materia di rigenerazione urbana e attività edilizia."</p> <p>LR 7 dicembre 2022 n. 28 – proroga al 31 dicembre 2024 del termine fissato ai Comuni dall'art. 11 della LR 22/2011 (24 mesi dalla entrata in vigore della legge)</p> <p>LR 2 dicembre 2021 n. 34 Disposizioni di adeguamento della legislazione regionale alla LR 22/2011</p> <p>L. R. Marche 17/06/2021, n. 11 Modifiche e integrazioni alle leggi regionali 5 agosto 1992, n. 34 "Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio" e 20 aprile 2015, n. 17 "Riordino e semplificazione della normativa regionale in materia di edilizia"</p> <p>LR 22/2011 "Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico" come modificata dalle LR 44/2013, LR 16/2015, LR 28/2015, LR 8/2018, LR 8/2019, LR 34/2021</p>
Definizioni	Assicurare un'adeguata tutela del territorio regionale e a promuovere la trasformazione urbana in termini di qualità, riducendo il consumo di suolo (art. 1).
Target quantitativi/qualitativi	<p>L'art.4 della 34/2021 modifica la legge 22/2011 Disposizioni in materia urbanistica come segue: Art 1) c. 2) lett. E) definire, nel rispetto della disciplina di tutela del patrimonio culturale e del paesaggio, strategie integrate di rigenerazione urbana, intese come complesso sistematico di trasformazioni urbanistiche ed edilizie concernenti aree e complessi edilizi caratterizzati da degrado urbanistico, edilizio, ambientale o socio-economico, che non determinino consumo di suolo, realizzate secondo metodologie e tecniche di sostenibilità ambientale, rinaturalizzazione dei suoli consumati in modo reversibile, recupero dei servizi ecosistemici persi, de-impermeabilizzazione, bonifica, innalzamento del potenziale ecologico- ambientale e della biodiversità urbana, finalizzate alla priorità del riuso</p> <p>Il comma 2 aggiunge il comma 1 bis all'art. 11, LR 23 novembre 2011, n. 22</p> <p>c. 1 bis. Gli interventi di rigenerazione urbana di cui alle lettere b) e b bis) del comma 1 sono individuati ed attuati dai Comuni nel rispetto dei regimi di tutela previsti dal decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137), nonché in conformità al piano paesaggistico approvato ai sensi degli articoli 135 e 143 del medesimo decreto ovvero, in mancanza di tale strumento, al piano paesistico ambientale regionale ed alle condizioni previamente stabilite, per le aree ed i beni sottoposti a vincolo paesaggistico, mediante apposito accordo tra la Regione e il Ministero della Cultura.</p> <p>LR 7 dicembre 2022 n. 38 modifica l'art. 11 c. 1) della LR 22/2011 come segue: Fermo restando quanto previsto al Capo I, fino all'entrata in vigore della legge regionale organica per il governo del territorio e comunque non oltre il 31 dicembre 2024 (non oltre 24 mesi dall'entrata in vigore nella versione originale), i Comuni si attengono alle seguenti disposizioni, finalizzate alla riduzione del consumo di suolo nonché al massimo utilizzo e riqualificazione del patrimonio edilizio e urbano esistente, anche a fini di tutela paesaggistica</p> <p>LR22/2011 principio della riduzione del consumo di suolo, da attuare attraverso il massimo utilizzo del patrimonio edilizio esistente. Secondo tale norma fino all'entrata in vigore della legge regionale organica per il governo del territorio (attualmente in discussione), non possono essere adottati nuovi PRG (Piani regolatori generali) o varianti a PRG vigenti che prevedano ulteriori espansioni di aree edificabili in zona agricola</p>

	<p>La legge prevede a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ridurre i tempi per la presentazione di varianti non sostanziali; - sanare gli utilizzi impropri; - ampliare le unità abitative esistenti, senza crearne di nuove, con interventi di recupero dei sottotetti, la cui altezza media ponderata viene portata a 2,20 metri. <p>Fino all'entrata in vigore della legge regionale organica per il governo del territorio e comunque non oltre il 31 dicembre 2022, i comuni non possono adottare nuovi PRG o varianti a PRG vigenti che prevedono ulteriori espansioni di aree edificabili in zona agricola nei Comuni che non hanno completato per almeno il 75 per cento l'edificazione delle aree esistenti con medesima destinazione d'uso urbanistica (art. 11). Programmi Operativi per la riqualificazione urbana (PORU) (art. 3).</p>
REGIONE TOSCANA	
Normative e finalità	<p>LR 3/2017 "Disposizioni per il recupero del patrimonio edilizio esistente abbandonato situato nel territorio rurale e nei centri storici. Modifiche alla L.R. 65/2014"</p> <p>LR 65/2014 "Norme per il governo del territorio" per Garantire lo sviluppo sostenibile delle attività rispetto alle trasformazioni territoriali da esse indotte anche evitando il nuovo consumo di suolo</p>
Definizioni	<p>Territorio urbanizzato (art. 4) = i centri storici, le aree edificate con continuità dei lotti a destinazione residenziale, industriale e artigianale, commerciale, direzionale, di servizio, turistico-ricettiva, le attrezzature e i servizi, i parchi urbani, gli impianti tecnologici, i lotti e gli spazi ineditati interclusi dotati di opere di urbanizzazione primaria.</p> <p>Territorio rurale (art.64) = tutto ciò che è esterno al territorio urbanizzato come definito dall'articolo 4 e come individuato negli atti di governo del territorio comunali in conformità alla presente legge, al PIT, al PTC e al PTCM.</p> <p>Rigenerazione urbana (art. 125) come alternativa strategica al consumo di suolo. Concorrono alla rigenerazione urbana gli interventi volti a riqualificare il contesto urbano attraverso un insieme sistematico di opere consistenti in:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) riorganizzazione del patrimonio edilizio esistente; b) riqualificazione delle aree degradate; c) riorganizzazione funzionale delle aree dismesse; d) recupero e riqualificazione degli edifici di grandi dimensioni o complessi edilizi dismessi; e) riqualificazione delle connessioni con il contesto urbano
Target quantitativi/qualitativi	<p>Art.4 - Le trasformazioni che comportano impegno di suolo non edificato a fini insediativi o infrastrutturali sono consentite esclusivamente nell'ambito del territorio urbanizzato. Non sono comunque consentite nuove edificazioni residenziali fuori dal territorio urbanizzato.</p> <p>Le previsioni di trasformazione che comportano impegno di suolo non edificato all'esterno del perimetro del territorio urbanizzato sono subordinate al previo parere favorevole della Conferenza di co-pianificazione di cui all'art. 25.</p> <p>Nuovi impegni di suolo a fini insediativi o infrastrutturali sono consentiti esclusivamente qualora non sussistano alternative di riutilizzazione e riorganizzazione degli insediamenti e delle infrastrutture esistenti.</p>
Sistema di monitoraggio	<p>Art. 15 - Monitoraggio degli strumenti della pianificazione territoriale e urbanistica effettuato dall'osservatorio paritetico della pianificazione,</p> <p>Art. 54-bis - Sistema informativo regionale integrato per il governo del territorio e infrastruttura per l'informazione territoriale, che acquisisce i dati territoriali di base anche tramite tecniche di telerilevamento</p>
REGIONE UMBRIA	
Normative e finalità	<p>LR 1/2015 Testo Unico del governo del territorio e regolamento attuativo e Reg. Reg. 2/2015, successivamente modificata dalla LR 13/2016</p> <p>Obiettivi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Assetto ottimale del territorio regionale - Contenimento del consumo di suolo - Riuso del patrimonio edilizio esistente e rigenerazione urbana (art. 2). <p>Sistema basato sul principio del contenimento del consumo di suolo, di riuso del patrimonio edilizio esistente e di rigenerazione urbana, di valorizzazione del paesaggio, dei centri storici e dei beni culturali (Art. 2 comma</p>

	<p>1). Il consumo di suolo è riferito alle nuove previsioni di espansione in termini di superficie territoriale. È prevista la totale esclusione dal computo del consumo di suolo per interventi costituiti da OO.PP, da interventi che utilizzano le procedure ex art. 8 DPR 160/2010 (SUAP), da interventi che utilizzano l'istituto della premialità (anche per la eliminazione di detrattori).</p> <p>Non è presente una definizione di rigenerazione urbana ma sono presenti definizioni dei diversi tipi di situazioni insediative (artt. 89-97 del RR 2/2015).</p> <p>La LR 1/2015 individua un sistema di contenimento del consumo del suolo integrato nei PRG che possono prevedere incrementi di aree per insediamenti entro il limite del 10% delle previsioni in termini di superfici territoriali esistenti nello strumento urbanistico generale vigente alla data del 13 novembre 1997 e tenendo conto dell'andamento demografico dell'ultimo decennio.</p> <p>Le aree per nuovi insediamenti devono essere contigue a quelle esistenti.</p> <p>Percentuali minime di permeabilità dei suoli in caso di alcune trasformazioni edilizie (art. 33 RR 2/2015).</p> <p>La LR 1/2015 contiene una normativa organica sulla rigenerazione urbana che prevede:</p> <ul style="list-style-type: none"> - programmi di riqualificazione urbana (piani attuativi) - interventi di ampliamento - interventi di demolizione e ricostruzione - deroghe al DM 1444/1968
<p>Sistema di monitoraggio</p>	<p>Il monitoraggio non è espressamente previsto, la verifica avviene solo in via preventiva, in sede di formazione/approvazione del PRG-PS. È comunque previsto un sistema generale di conoscenze, SIAT - Sistema Informativo Ambientale e Territoriale</p>
<p>REGIONE LAZIO</p>	
<p>Normative e finalità</p>	<p>LR 7/2017 "Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio" e relativa Circolare applicativa approvata con DGR 19 dicembre 2017, n. 867, successivamente modificata dalla LR 1/2020 e da LR 19/2022 La Legge 7/2017 vuole</p> <ul style="list-style-type: none"> - promuovere, incentivare e realizzare la rigenerazione urbana intesa in senso ampio e integrato; - incentivare la razionalizzazione del patrimonio edilizio esistente, favorire il recupero delle periferie, promuovere e agevolare la riqualificazione delle aree urbane degradate e delle aree produttive con presenza di funzioni eterogenee e tessuti edilizi disorganici o incompiuti nonché di complessi edilizi e di edifici in stato di degrado o di abbandono o dismessi o inutilizzati o in via di dismissione o da rilocalizzare; - qualificare la città esistente, limitare il consumo di suolo, aumentare le dotazioni territoriali; - promuovere e tutelare l'attività agricola, il paesaggio e l'ambiente, contenere il consumo di suolo quale bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici nonché favorire l'effettivo utilizzo agricolo attraverso il riuso o la riqualificazione, anche con la demolizione e la ricostruzione, di fabbricati esistenti utilizzando le tecniche ed i materiali tipici del paesaggio rurale; in tale contesto la Regione incentiva la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente nelle aree agricole, promuovendo misure volte a disincentivare l'abbandono delle coltivazioni, a sostenere il recupero produttivo, la rigenerazione delle aree agricole dismesse od obsolete, il ricambio generazionale in agricoltura e lo sviluppo dell'imprenditorialità agricola giovanile; - promuovere lo sviluppo del verde urbano, l'adozione di superfici permeabili e coperture a verde pensile, la realizzazione di interventi per la regimentazione ed il recupero delle acque piovane (art. 1) <p>Determinazione 20 dicembre 2019, n. G18248 Approvazione "Linee Guida per la redazione delle deliberazioni e per le elaborazioni cartografiche ai fini dell'applicazione della legge regionale 18 luglio 2017, n. 7 «Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio»".</p> <p>Piano Territoriale Paesistico Regionale riapprovato (dopo annullamento della Corte Costituzionale) con DCR 5 del 21/04/2021.</p>
<p>REGIONE ABRUZZO</p>	
<p>Normative e finalità</p>	<p>LR 16/2023«Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e la riqualificazione del patrimonio edilizio. Modifiche alle LL.RR 18/1983, 10/2011, 49/2012, 05/2017 ed altre>></p> <p>Art. 1 Oggetto e finalità.</p>

	<p>1. La Regione Abruzzo, nell'ambito delle politiche di contenimento del consumo di suolo, di recupero del patrimonio edilizio e di rigenerazione urbana, promuove misure volte al miglioramento della qualità della vita delle persone ed al riordino urbano mediante la realizzazione di interventi mirati alla qualità architettonica, alla sostenibilità ed efficienza ambientale, con particolare attenzione alla valorizzazione e alla tutela dei terreni agricoli, alla valorizzazione del paesaggio, alla rinaturalizzazione dei suoli, alla implementazione delle centralità urbane, nonché alla sicurezza delle aree soggette a rischi territoriali.</p>
REGIONE MOLISE	
Normative e finalità	<p>LR 30/2009 "Piano casa regionale" operativo fino al 31 dicembre 2022 Miglioramento della qualità abitativa, per preservare, mantenere, ricostruire e rinnovare il patrimonio edilizio esistente nonché a migliorare le caratteristiche architettoniche, energetiche, tecnologiche e di sicurezza dei fabbricati mediante una pluralità di interventi fra cui anche quelli per la delocalizzazione degli edifici ubicati in aree a elevato o molto elevato rischio idraulico o di frana (Art. 1).</p>
REGIONE CAMPANIA	
Normative e finalità	<p>L.R. 13/2022 "Disposizioni in materia di semplificazione edilizia, di rigenerazione urbana e per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente" — Regione Campania Art 1 – Finalità a) l'attività edilizia, intesa come ogni attività che produce una trasformazione del territorio, attraverso la modifica dello stato dei suoli o dei manufatti edilizi esistenti; b) gli interventi di rigenerazione urbana, al fine di contrastare il consumo del suolo, incentivando il recupero, il riuso e la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente e dei tessuti urbani favorendo usi compatibili degli edifici e degli spazi pubblici e privati, nonché promuovendo la qualità urbana ed architettonica La Regione, per perseguire l'obiettivo della riduzione del consumo di suolo, promuove processi di rigenerazione territoriale e urbana rivolti al contenimento dell'espansione urbana e al rinnovamento del patrimonio urbanistico ed edilizio esistente La pianificazione urbanistica, nel perseguire le finalità di rigenerazione urbana, di sostenibilità ambientale, ecologica e sociale, di rafforzamento della resilienza urbana, di contrasto al consumo di suolo, è orientata a promuovere processi di sviluppo sostenibile delle comunità insediate LR 16/2004 legge urbanistica regionale, come modificata da ultimo dalla LR 6/2020 LR 6/2016 "Rilancio dell'economia campana"</p>
Definizioni	<p>Art. 5 (Definizione di Edilizia residenziale sociale) 1. L'Edilizia residenziale sociale (ERS) si realizza, in conformità alla disciplina statale in materia, attraverso interventi di natura immobiliare ed urbanistica e mira a garantire il diritto di abitare in una soluzione abitativa in proprietà o in locazione a costi convenzionati, a individui e nuclei familiari il cui reddito non consente di accedere ai prezzi di mercato, né sia idoneo per l'accesso al comparto dell'Edilizia residenziale pubblica (ERP). (1) L'alloggio sociale deve essere adeguato, salubre, sicuro e costruito o recuperato nel rispetto delle caratteristiche tecnico-costruttive indicate agli articoli 16 e 43 della legge 5 agosto 1978, n. 457 (Norme per l'edilizia residenziale) e della disciplina regionale sugli alloggi di ERS. Gli interventi di edilizia residenziale sociale devono garantire livelli di qualità in linea con le più recenti esigenze dell'abitare sostenibile, attraverso un approccio integrato di carattere architettonico, di sostenibilità ambientale e di risparmio energetico LR 16/2004, art.2 co.1 - Principio dell'uso razionale e dello sviluppo ordinato del territorio urbano ed extraurbano mediante il minimo consumo di suolo (art. 2). Il Piano urbanistico comunale PUC individua le aree non suscettibili di trasformazione (art. 23).</p>
Target quantitativi/qualitativi	<p>Art. 3 (La rigenerazione urbana nella pianificazione urbanistica) 1.. A tal fine alla legge regionale 22 dicembre 2004, n.16 (Norme sul governo del territorio) sono apportate le seguenti modifiche: (estratto) 9.septies. Per gli interventi di cui al comma 9.sexies l'incentivazione può prevedere un incremento volumetrico per l'edilizia residenziale esistente, fino a un massimo del venti per cento, per operazioni di ristrutturazione edilizia, e del trentacinque per cento, per interventi di demolizione e ricostruzione</p>

	<p>9. octies. I comuni, al fine di favorire la delocalizzazione di edifici posti in aree ad alto rischio idrogeologico da frana e da alluvione, individuano nello strumento urbanistico comunale gli edifici da delocalizzare e le aree di possibile destinazione, determinando specifici incentivi edilizi-urbanistici, nel rispetto dei limiti inderogabili e delle prescrizioni del decreto ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444. (Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra gli spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi, da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge n. 765 del 1967). In tal caso l'incentivazione può prevedere un incremento volumetrico dell'indice fondiario per l'edilizia residenziale fino a un massimo del cinquanta per cento. L'incentivo volumetrico può essere consentito solo per la delocalizzazione dell'intero edificio e non per parti di esso e, in ogni caso, non è applicabile agli edifici abusivi. Lo strumento urbanistico comunale prevede per le aree rese libere a seguito della delocalizzazione, acquisite al patrimonio comunale, la destinazione d'uso a verde agricolo o attrezzato o in ogni caso una destinazione compatibile con il rischio idrogeologico. Detti interventi sono realizzati mediante la sottoscrizione di un'apposita convenzione con l'amministrazione comunale, ovvero direttamente se l'area di sedime non risulta variata per oltre il venti per cento di quella precedentemente occupata.”</p> <p>Art. 4 (Interventi edilizi di rigenerazione urbana)</p> <p>2. Gli interventi di cui al comma 1 (riqualificazione di aree urbane degradate con presenza di funzioni eterogenee e tessuti edilizi disorganici o incompiuti nonché di edifici dismessi o in via di dismissione ovvero da rilocalizzare), sono realizzati anche attraverso meccanismi di incentivazione urbanistica.</p> <p>3. L'incentivazione urbanistica ha come obiettivo il miglioramento della qualità architettonica e urbana nell'edilizia privata tramite la rigenerazione del patrimonio edilizio esistente, la riqualificazione di aree degradate, la scelta di tecniche costruttive innovative, mediante soluzioni architettoniche e spaziali che si propongono nelle forme della contemporaneità, coniugando l'eredità della storia dei luoghi con la cultura e l'innovazione tecnologica, con interventi a elevate prestazioni in campo energetico-ambientale e paesaggistico, il ricorso all'utilizzo di fonti rinnovabili e l'eventuale promozione della bioedilizia, dell'uso di materiali ecosostenibili e di miglioramento sismico.</p> <p>4. L'incentivazione può prevedere un incremento volumetrico per l'edilizia residenziale fino a un massimo del venti per cento, per operazioni di ristrutturazione edilizia senza demolizione e ricostruzione e del trentacinque per cento per interventi di ristrutturazione edilizia con demolizione e ricostruzione, con applicazione delle previsioni dell'articolo 3, comma 1 lett. d) del dpr 380/2001. Eventuali ampliamenti consentiti dallo strumento urbanistico comunale per altre finalità sono cumulabili con gli ampliamenti di cui al presente comma nei limiti massimi delle percentuali indicate al periodo precedente.</p>
Sistema di monitoraggio	<p>Art. 4</p> <p>8. Gli interventi di cui al comma 4 sono attuati attraverso titoli abilitanti diretti e prevedono la cessione di standard nel caso di incremento del carico urbanistico o la loro monetizzazione in caso di comprovata mancanza di spazi adeguati. Essi sono subordinati all'esistenza delle opere di urbanizzazione primaria ovvero al loro adeguamento ove necessario. Ai sensi dell'articolo 28 bis, del dpr 380/2001, qualora le esigenze di urbanizzazione possano essere soddisfatte con una modalità semplificata, gli interventi di rigenerazione urbana finalizzati a sostituire l'esistente tessuto urbanistico edilizio con altro diverso, mediante un insieme sistematico di interventi edilizi, anche con la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati e della rete stradale, che consentono l'applicazione degli incentivi di cui al comma 4 sono attuati mediante permesso di costruire convenzionato</p> <p>11. Il rispetto delle condizioni e delle prescrizioni è attestato dal direttore dei lavori e dal tecnico progettista abilitato, ai fini del conseguimento del titolo edilizio, e certificato con la Comunicazione di ultimazione dei lavori, con espresso riferimento al raggiungimento degli obiettivi di miglioramento sismico ed efficientamento energetico. Il mancato rispetto delle condizioni e il mancato conseguimento degli obiettivi indicati determinano la decadenza del relativo titolo abilitativo per la parte relativa all'ampliamento volumetrico premiale con immediata applicazione del regime sanzionatorio previsto dal dpr 380/2001.</p> <p>LR 16/2004 Art. 17 Sistema informativo territoriale</p>
REGIONE BASILICATA	

Normative e finalità	LR 23/1999 "Tutela, governo ed uso del territorio" come integrata da LR 19/2017 sul Piano Paesistico Regionale LR 25/2009 Piano casa regionale, stabilizzato dalla LR 11/2018 che ha soppresso il termine temporale. mantenendo la deroga ai piani urbanistici comunali per interventi di ampliamento del patrimonio edilizio esistente
	La Regione Basilicata: a) promuove misure per migliorare la qualità e la sicurezza del patrimonio edilizio esistente; b) promuove misure per ridurre il consumo dei suoli attraverso il riuso del patrimonio edilizio esistente; c) incentiva la riqualificazione di aree urbane degradate (art. 1)
REGIONE PUGLIA	
Normative e finalità	L.R. 12/8/2022 n. 20 - Norme per il riuso e la riqualificazione edilizia e modifiche alla legge regionale 26 novembre 2007, n. 33 (Recupero dei sottotetti, dei porticati, di locali seminterrati e interventi esistenti e di aree pubbliche non autorizzate). La norma promuove la riqualificazione e il riuso del patrimonio edilizio esistente, al fine di migliorare la qualità architettonica e ambientale dello spazio abitabile, aumentare la sicurezza statica e igienico-funzionale e le prestazioni energetiche dei manufatti, favorire la riqualificazione ambientale, paesaggistica e architettonica del tessuto edificato, contribuire alla riduzione dei cambiamenti climatici. In particolare la norma - oltre a modificare la L.R. 33/2007 in materia di recupero dei sottotetti, dei porticati, di locali seminterrati e interventi esistenti e di aree pubbliche non autorizzate - prevede una disposizione di carattere transitorio secondo la quale le pratiche edilizie inoltrate e protocollate ai sensi della L.R. 14/2009 (c.d. Piano Casa) presso gli sportelli unici per l'edilizia dei comuni, prima della data del 29/07/2022, sono istruite e concluse secondo le prescrizioni della medesima legge regionale.
REGIONE CALABRIA	
Normative e finalità	LR 25/2022 "Norme per la rigenerazione urbana e territoriale, la riqualificazione e il riuso." La norma individua nella rigenerazione urbana e territoriale lo strumento finalizzato a promuovere il governo sostenibile del territorio, a contenere il consumo del suolo, al recupero del patrimonio costruito per migliorarne la qualità non solo urbana, edilizia-architettonica ma anche territoriale, paesaggistica e ambientale, l'efficienza energetica e idrica, la sicurezza sismica e la dotazione tecnologica, per favorire la promozione di politiche urbane integrate e sostenibili, per il perseguimento della coesione sociale, della tutela dell'ambiente e del paesaggio e della salvaguardia delle funzioni ecosistemiche del suolo.
REGIONE SICILIA	
Normative e finalità	LR 23 del 06/8/2021, di modifica della LR 13/2015 "Norme per favorire il recupero del patrimonio edilizio di base dei centri storici" La novità di maggiore rilevanza è la sostituzione del comma 1 dell'art. 1 della L.R. 16/2016. La nuova formulazione del comma non riporta più l'elenco degli articoli del TU edilizia recepiti dinamicamente ma stabilisce che dal 13/08/2021 nel territorio della Regione Sicilia trova applicazione il D.P.R. 380/2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia) e successive modificazioni, fatto salvo quanto previsto al Titolo II della legge stessa. La modifica ha l'intento di semplificare e chiarire, rispetto alla precedente formulazione del comma, la necessità di recepimento o meno delle modifiche nazionali al D.P.R. 380/2001. Con l'attuale formulazione consegue che d'ora in avanti le eventuali modifiche a livello nazionale apportate al D.P.R. 380/2001 devono essere automaticamente inserite nell'ordinamento siciliano, fatta eccezione per le modifiche relative a quegli articoli recepiti con modifiche nella Regione ed elencati nella rubrica del Titolo II della legge di recepimento, ovvero gli articoli 4, 6, 6-bis, 9, 10, 15, 16, 17, 19, 22, 23, 23-bis, 32, 34, 36, 63, 85, 86, 89 e 100 del D.P.R. 06/06/2001, n. 380. Oltre ad altre rilevanti modifiche - come, ad esempio, la riscrittura dell'articolo 3 della L.R. 16/2016 con la correzione di refusi, l'introduzione di ulteriori fattispecie e la ridefinizione delle opere di edilizia libera - un altro aspetto degno di nota contenuto nella legge è la riscrittura della norma sui compensi dei professionisti. In particolare, la legge abroga l'articolo 36 della L.R. 1/2019 e all'articolo 31 introduce un'ulteriore disposizione in materia di documentazione relativa alle spettanze dovute ai professionisti.

REGIONE SARDEGNA	
Normative e finalità	<p>LR 22/11/2021, N. 17 «Disposizioni di carattere istituzionale-finanziario e in materia di sviluppo economico e sociale.» ha modificato la LR 18 gennaio 2021, n. 1 art. 28</p> <p>LR 8/2015 "Norme per la semplificazione e il riordino di disposizioni in materia urbanistica ed edilizia e per il miglioramento del patrimonio edilizio" come modificata da ultimo dalla LR 1/2021. Costituisce un aggiornamento e revisione della precedente normativa nota come "piano casa" (LR 4/2009)</p> <p>Piano Paesaggistico Regionale (PPR), approvato con Delibera di Giunta regionale n.36/7 del 5 settembre 2006,</p> <p>LR 18 gennaio 2021, n. 1 (Disposizioni per il riuso, la riqualificazione ed il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in materia di governo del territorio. Misure straordinarie urgenti e modifiche alle leggi regionali n. 8 del 2015, n. 23 del 1985, n. 24 del 2016 e n. 16 del 2017).</p>
Definizioni	<p>La legge definisce misure straordinarie per il rilancio del settore edilizio insieme alla riqualificazione, razionalizzazione e miglioramento della qualità architettonica e abitativa, della sicurezza strutturale, della compatibilità paesaggistica e dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente, anche attraverso la semplificazione delle procedure.</p> <p>Per il raggiungimento di tali obiettivi, in attesa dell'approvazione di una nuova legge urbanistica, la norma apporta delle modifiche sostanziali ad alcune leggi, quali:</p> <p>Le disposizioni approvate sono cogenti e di immediata applicazione e prevalgono sugli atti di pianificazione, anche settoriale, sugli strumenti urbanistici generali e attuativi e sulle altre vigenti disposizioni normative regionali.</p> <p>In particolare, in relazione alla L.R. 8/2015, per la natura delle modifiche approvate la norma si configura come una sorta di "nuovo Piano Casa" (Piano Casa 2021-2023) che resterà in vigore fino al 31/12/2023, data cui viene differito appunto il termine in materia previsto (articolo 37, comma 1 L.R. 8/2015).</p>
Target quantitativi/qualitativi	<p>LR 18 gennaio 2021, n. 1 «Disposizioni per il riuso, la riqualificazione ed il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in materia di governo del territorio. Misure straordinarie urgenti e modifiche alle leggi regionali n. 8 del 2015, n. 23 del 1985, n. 24 del 2016 e n. 16 del 2017.»</p> <p>La norma, in attesa dell'approvazione di una nuova legge urbanistica regionale, definisce misure straordinarie per il rilancio del settore edilizio, in modifica della L.R. 8/2015 - "nuovo Piano Casa" (Piano Casa 2021-2023) che resterà in vigore fino al 31/12/2023, con disposizioni cogenti e di immediata applicazione e prevalgono sugli atti di pianificazione, anche settoriale. Alcuni degli elementi di interesse sul consumo di suolo:</p> <p>aumento di volumetria di immobili di particolare pregio posti nei centri di prima e antica formazione, in precedenza esclusi e misure premiali dell'incremento volumetrico</p> <p>Trasferimento dei volumi realizzabili ricadenti in alcune zone del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico che consente la realizzazione di detti volumi in deroga alle vigenti disposizioni regionali e dispone che le norme tecniche di attuazione del piano di assetto idrogeologico siano modificate in conformità agli interventi ammessi dalla stessa norma</p> <p>Disciplina straordinaria degli interventi di demolizione e di ricostruzione - Differimento del termine per la realizzazione degli edifici al 31 dicembre 2020 e applicabilità alle nuove costruzioni</p> <p>Demolizione e ricostruzione degli edifici esistenti in fascia costiera ricadenti nelle zone E, F, H e G, dedicate ai servizi generali, non contermini all'abitato - Eliminazione del previgente obbligo del rispetto dell'ubicazione, della sagoma e della forma del fabbricato da demolire</p> <p>Disciplina delle zone costiere: ampliamento delle possibilità di attuare l'attività edificatoria, considerando sufficiente che le opere di urbanizzazione siano state avviate prima dell'approvazione del PPR (5 settembre 2006), termine successivo rispetto a quello individuato nello stesso piano paesaggistico (agosto 2004)</p> <p>Facoltà, per i Comuni, di proporre aree di sosta temporanea degli autocaravan e caravan in aree private - Possibilità di realizzare campeggi anche in fascia costiera</p> <p>Proroghe, deroghe, sanatorie etc.</p> <p>LR 22/11/2021, N. 17 «Disposizioni di carattere istituzionale-finanziario e in materia di sviluppo economico e sociale Art. 13 c.61)</p>

	<p>Nell'articolo 28 della legge regionale 18 gennaio 2021, n. 1 (Disposizioni per il riuso, la riqualificazione ed il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in materia di governo del territorio. Misure straordinarie urgenti e modifiche alle leggi regionali n. 8 del 2015, n. 23 del 1985, n. 24 del 2016 e n. 16 del 2017), sono apportate le seguenti modifiche:</p> <p>a) nel comma 2 la frase dall'inizio fino alle parole "al PPR", è sostituita dalla seguente: "Con esclusione di quelle ricadenti nelle zone omogenee A, B e D, nonché nelle zone C e G contermini agli abitati, tutte come individuate negli strumenti urbanistici vigenti in base al decreto assessoriale 20 dicembre 1983, n. 2266/U";</p> <p>b) nel comma 3 le parole "lettere a), b), c) e d)", sono sostituite dalle parole "lettere a), b), c), d) ed e)";</p> <p>c) dopo il comma 3 è aggiunto il seguente: "3 bis. Sono in ogni caso fatti salvi i piani di risanamento urbanistico attuati e quelli già regolarmente approvati, con convenzione efficace."</p> <p>PPR – NTA art. 80 edificato in zona agricola – contenere l'indiscriminato utilizzo a fini residenziali delle campagne. NTA artt. 19-20 In fascia costiera non sono consentite trasformazioni edilizie del territorio. La zona di conservazione integrale nella fascia dei 300 metri dalla battigia marina (art. 10bis della L.R. n. 45/89).</p> <p>Capo I: Modifiche alla legge regionale n. 8 del 2015 (Disposizioni per il riuso, la riqualificazione ed il recupero del patrimonio edilizio esistente ed in materia di governo del territorio)</p> <p>art. 1 (Disposizioni di salvaguardia dei territori rurali)</p> <p>art.2 Modifiche all'articolo 26 bis della legge regionale n. 8 del 2015 (Superamento delle condizioni di degrado dell'agro) – proroga al 31.12.2023</p> <p>Art. 4 Modifiche all'art 30 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi di incremento volumetrico del patrimonio edilizio esistente)</p> <p>Art. 5 Modifiche all'articolo 31 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi di incremento volumetrico delle strutture destinate all'esercizio di attività turistico-ricettive, sanitarie e socio-sanitarie)</p> <p>Art. 6 Modifiche all'articolo 32 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi per il riuso e per il recupero con incremento volumetrico dei sottotetti esistenti)</p> <p>Art. 7 Modifiche all'articolo 32 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi di recupero dei seminterrati, dei piani pilotis e dei locali al piano terra)</p> <p>Art. 8 Modifiche all'articolo 33 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi per il riuso degli spazi di grande altezza)</p> <p>Art. 12 Modifiche all'articolo 38 della legge regionale n. 8 del 2015 (Interventi di trasferimento volumetrico per la riqualificazione ambientale e paesaggistica)</p> <p>Art. 13 Modifiche all'articolo 38 della legge regionale n. 8 del 2015 (Trasferimento dei volumi realizzabili ricadenti nelle zone Hi4, Hi3, Hg4 ed Hg3 del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI))</p> <p>Art. 14 Modifiche all'articolo 39 della legge regionale n. 8 del 2015 (Rinnovo del patrimonio edilizio con interventi di demolizione e ricostruzione)</p> <p>Art. 15 Modifiche all'articolo 40 della legge regionale n. 8 del 2015 (Misure di promozione dei programmi integrati per il riordino urbano)</p> <p>Capo II - Modifiche alla legge regionale n. 23 del 1985 e alla legge n. 24 del 2016</p> <p>Art. 19 Modifiche all'articolo 7 bis della legge regionale n. 23 del 1985 (Tolleranze edilizie)</p> <p>Art. 20 Modifiche all'articolo 11 della legge regionale n. 23 del 1985 (Categorie funzionali urbanisticamente rilevanti e destinazioni d'uso)</p> <p>Capo III Modifiche alla legge regionale n. 16 del 2017 e disposizioni varie</p> <p>Art. 26 Insediamenti turistici. Specificazioni</p> <p>Art. 28 Disposizioni di salvaguardia delle zone umide</p>
Sistema di monitoraggio	<p>LR 8/2015 Monitoraggio degli interventi su edifici esistenti (art 37 c. 3). Le amministrazioni comunali, al fine del monitoraggio degli interventi di cui al presente capo e delle conseguenti trasformazioni urbanistiche ed edilizie del territorio, pubblicano obbligatoriamente in apposita sezione del proprio sito web istituzionale le relative informazioni consistenti, per ciascun tipo di intervento, nella localizzazione del fabbricato oggetto di incremento volumetrico con relativi dati catastali, nella entità del volume originario e nella consistenza dell'incremento volumetrico autorizzato</p>

IL PUNTO DI VISTA DEGLI OSSERVATORI REGIONALI

Nell'ottica di sempre maggior coinvolgimento delle Amministrazioni regionali e di migliore comprensione delle loro esigenze, a inizio 2023, è stato preparato e inviato agli osservatori tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio delle Regioni e delle Province autonome un questionario da compilare online. Il questionario è stato elaborato come prodotto di *GeoSciences IR*³⁷, progetto finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

GeoSciences IR, di cui ISPRA è coordinatore, è volto alla realizzazione di un'infrastruttura di ricerca per la Rete Italiana dei Servizi Geologici (RISG). Tra le azioni di progetto, quella dedicata a consumo, copertura e uso del suolo ha, come obiettivo principale, quello di rendere le Amministrazioni regionali in grado di accedere, analizzare ed elaborare diverse categorie di dati territoriali al fine di ricavare mappe e indicatori ambientali per supportare la pianificazione territoriale e la valutazione dei piani a livello regionale e locale. In questo senso l'analisi dello stato dell'arte, delle principali esigenze e dei requisiti degli utenti costituisce un elemento di fondamentale importanza.

Il questionario è stato condiviso con tutti gli Osservatori e, nel complesso, sono stati compilati 44 questionari da parte di rappresentanti di 19 tra Regioni e Province Autonome assicurando, quindi, un'ottima copertura territoriale.

È risultato che l'84% utilizza i dati del monitoraggio del territorio proprio per valutare il consumo di suolo e che il 60% degli utenti utilizza o vorrebbe utilizzare i dati nazionali sul consumo di suolo pubblicati ogni anno da ISPRA/SNPA, la carta nazionale della copertura del

suolo (ISPRA), la carta nazionale dell'uso del suolo (ISPRA). Una percentuale ancora più alta (oltre il 70%) è riferita ai dati sulla copertura e sull'uso del suolo a livello regionale.

Secondo il 98% dei partecipanti l'utilizzo del dato è per lo più legata alla sfera istituzionale. Gli aspetti più critici sono la disomogeneità tra i vari dati e la loro risoluzione temporale (55% degli utenti), mentre la scala migliore per la mappatura delle informazioni viene ritenuta quella di 1:5.000. Pur dichiarando una buona capacità di utilizzo di software e strumenti per la gestione di dati geografici (40% degli utenti), i partecipanti apprezzerebbero sessioni di training focalizzate all'approfondimento delle potenzialità di alcuni prodotti e della loro applicazione a casi studio, nonché sull'utilizzo di modelli di analisi e di elaborazione di indicatori derivati dalle carte e sulla conoscenza di sistemi di supporto alle decisioni.

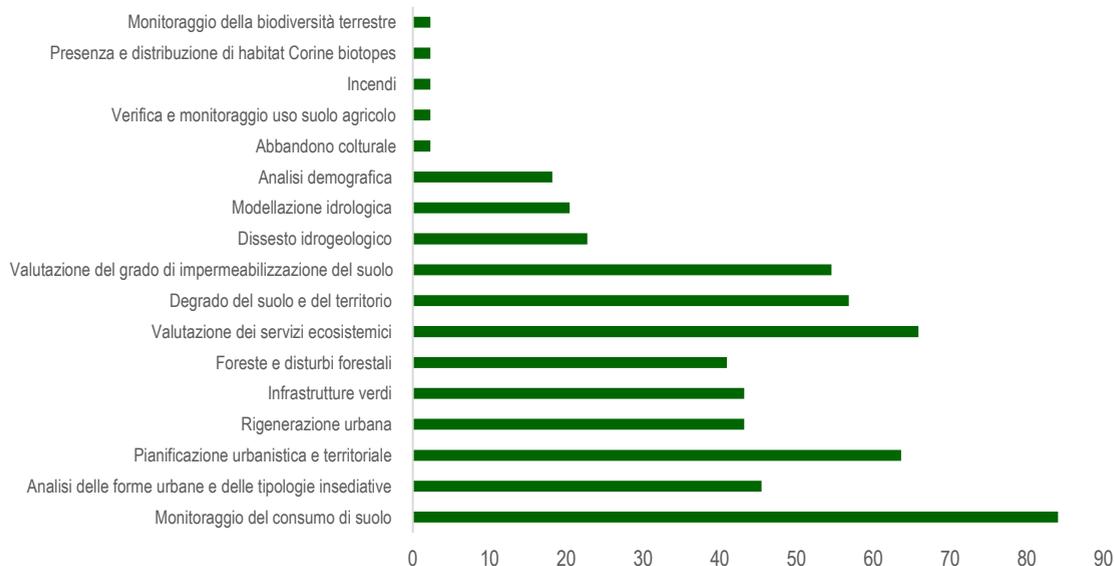
Infine, l'indagine ha evidenziato che i temi di maggiore interesse sono il monitoraggio del consumo di suolo, la pianificazione urbanistica e territoriale, la valutazione dei servizi ecosistemici del suolo, il degrado del suolo e la valutazione del grado di impermeabilizzazione del suolo. Gli ambiti territoriali preferenziali, invece, sono, nell'ordine, le aree urbane, le aree agricole e quelle coperte da boschi e foreste.

I risultati del questionario rappresentano sicuramente il punto di partenza per impostare al meglio le attività del progetto in termini di conoscenze, metodologie, servizi, strumenti e software ma anche per avere un quadro ampio del punto di vista di utenti privilegiati all'interno delle Amministrazioni regionali.

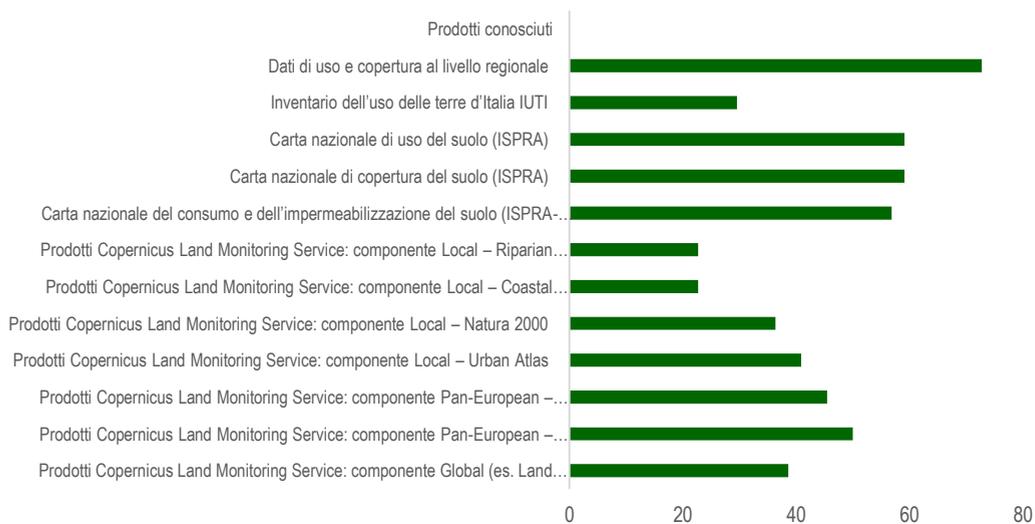
Di seguito sono riportate le risposte ad alcune delle domande del questionario.

³⁷ <https://geosciences-ir.it/>

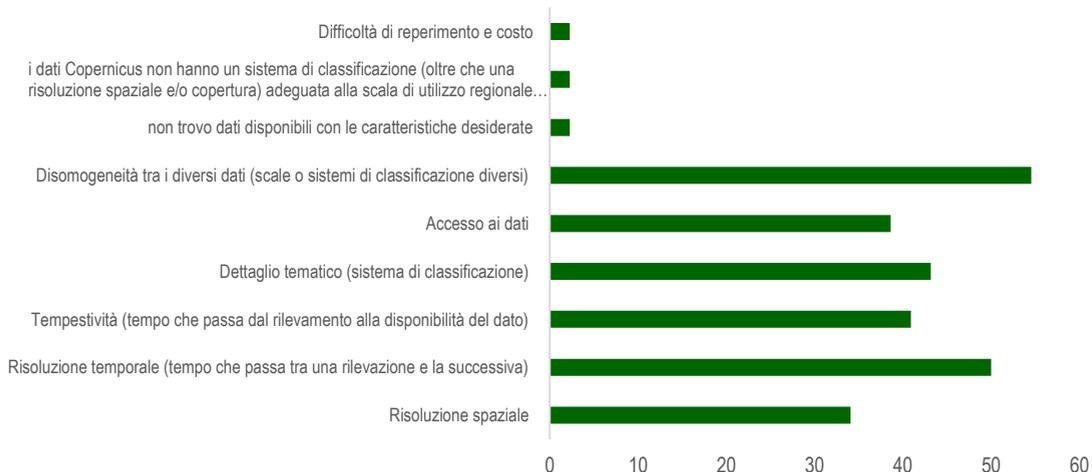
Quali sono i temi per i quali utilizzi o vorresti utilizzare i dati?



Quali prodotti utilizzati o vorresti utilizzare?



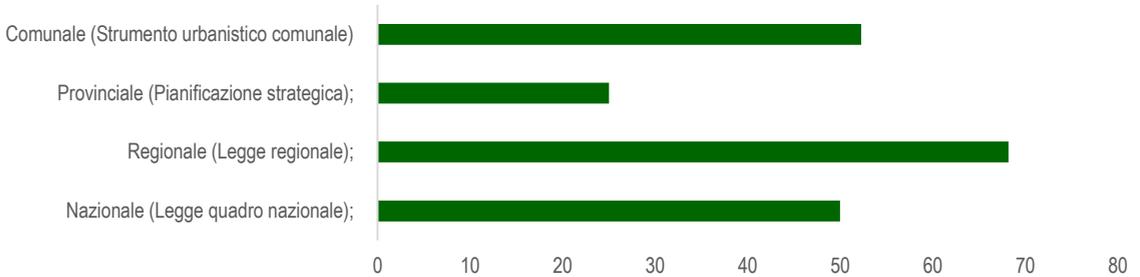
Quali sono le maggiori criticità nella disponibilità dei dati per la tua Regione?



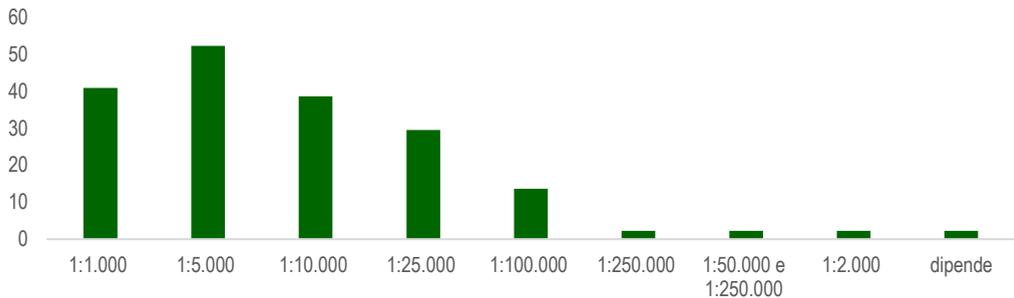
Quali potrebbero essere i metodi più rapidi ed efficaci per il contenimento del consumo di suolo e della dispersione urbana?



Quale pensi possa essere il livello di pianificazione più idoneo per contenere il consumo di suolo?



Qual è la scala o risoluzione ottimale per il tuo lavoro?



GLI SCENARI FUTURI

Alla luce di questo complesso e articolato sistema di obiettivi, politiche e azioni a diverso livello, è difficile realizzare una valutazione realistica degli scenari di trasformazione del territorio italiano. Di certo, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, si potrebbe stimare il nuovo consumo di suolo, che sarebbe pari a 1.981 km² tra il 2022 e il 2050 e a 566 km² se l'azzeramento fosse anticipato al 2030 (Figura 11). Se invece si dovesse tornare alla velocità media registrata nel periodo 2006-2012, si sfiorerebbero i 3.000 km². Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di 379 km², prima dell'azzeramento al 2030, o di 851 km², prima dell'azzeramento al 2050. Sono tutti valori molto lontani dagli

obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo. Ciò significa che, a partire dal 2030, la "sostenibilità" dello sviluppo richiederebbe un aumento netto delle aree naturali di 309 km² o addirittura di 888 km² che andrebbero recuperati nel caso in cui si volesse anticipare tale obiettivo a partire da subito.

Considerando i costi annuali medi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici, sia per la componente legata ai flussi, sia per la componente legata allo stock (cfr. § *La perdita di servizi ecosistemici del suolo*), si può stimare, se fosse confermata la velocità media 2012-2022 anche nei prossimi 9 anni e quindi la crescita dei valori economici dei servizi ecosistemici persi, un costo cumulato complessivo, tra il 2012 e il 2030, compreso tra 80,2 e 98,7 miliardi di euro.

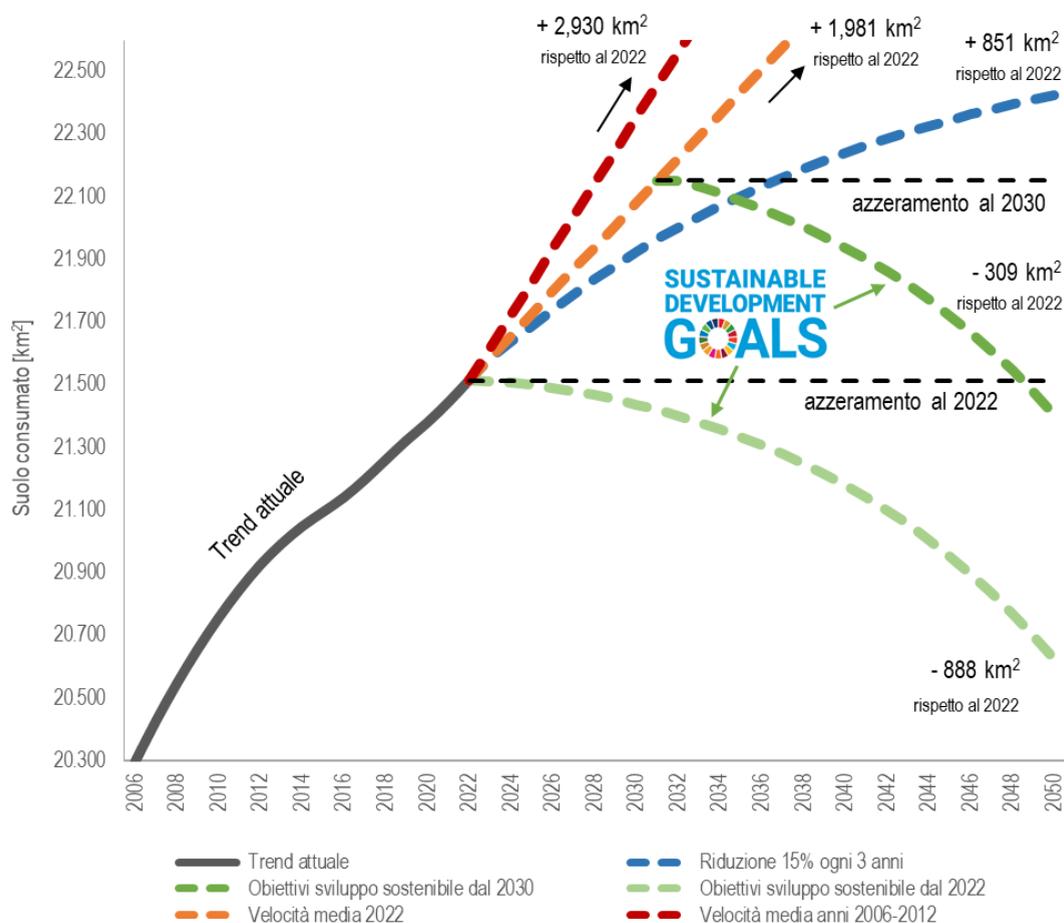


Figura 11. Scenari di consumo di suolo in Italia (km² di suolo consumato a livello nazionale al 2050). Fonte: elaborazione ISPRA



Figura 12. Consumo di suolo per la realizzazione di diversi fabbricati all'interno del tessuto urbano presso il comune di Verona. L'area vegetata nell'immagine di sinistra prima della realizzazione degli edifici era di circa 35.000 m², sulla destra dopo l'intervento di edificazione e pavimentazione del terreno sono stati consumati circa 24.000 m². Immagine 2020 a sinistra e 2022 a destra

ACCESSO AI DATI DI USO, COPERTURA E CONSUMO DI SUOLO A LIVELLO NAZIONALE

Allo scopo di rendere i dati fruibili e accessibili da parte di una platea sempre più ampia di soggetti, accanto al consueto rapporto annuale, ISPRA ha introdotto l'EcoAtl@nte³⁸ (Figura 13), uno strumento di divulgazione che permette di accedere alle principali informazioni ambientali raccolte nell'ambito del **Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)**, attraverso una rappresentazione cartografica dei dati, integrata da testi sintetici e altre informazioni grafiche, con l'obiettivo di consentire una consultazione immediata e interattiva.



Figura 13. Pagina di accesso all' EcoAtl@nte

L'EcoAtl@nte offre prima di tutto un punto di accesso alle banche dati ambientali di ISPRA e del SNPA, presentate sotto forma di *Storymap* (Figura 15), visualizzabili in modo indipendente o seguendo un percorso guidato, che attraverso mappe, testi, filmati e *dashboard* forniscono una panoramica sui principali temi ambientali.

L'EcoAtl@nte consente anche la consultazione di dettaglio del dato, a scala nazionale o focalizzandosi su ambiti territoriali specifici (comune, provincia, regione), e offre la possibilità di combinare e mettere in relazione dati diversi per produrre mappe personalizzate, condivisibili su piattaforme esterne e *social*.

Gran parte dei dati, delle cartografie e degli indicatori presentati nell'ambito di questo rapporto sono inoltre consultabili sul portale del consumo di suolo³⁹ del SNPA realizzato da ARPA Piemonte in collaborazione con ISPRA (Figura 16).

Il *download* dei dati completi, resi disponibili sia in forma tabellare (indicatori a livello nazionale, regionale, provinciale e comunale), sia in forma di *dataset* geografico utilizzabile da qualsiasi software GIS (*Geographic information system*), sono liberamente accessibili⁴⁰ all'interno della sezione del *groupware* del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA) dedicata ai dati di monitoraggio del territorio⁴¹ (Figura 17).



Figura 14. Codice QR da inquadrare con smartphone o tablet per accedere all'EcoAtl@nte

³⁸ <https://ecoatlante.isprambiente.it/>

³⁹ <http://www.consumosuolo.it/>

⁴⁰ I dati sono forniti con licenza CC-BY 4.0 e in forma libera e interoperabile ai sensi della L. 132/2016 art. 11 comma 5.

⁴¹ <https://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library>

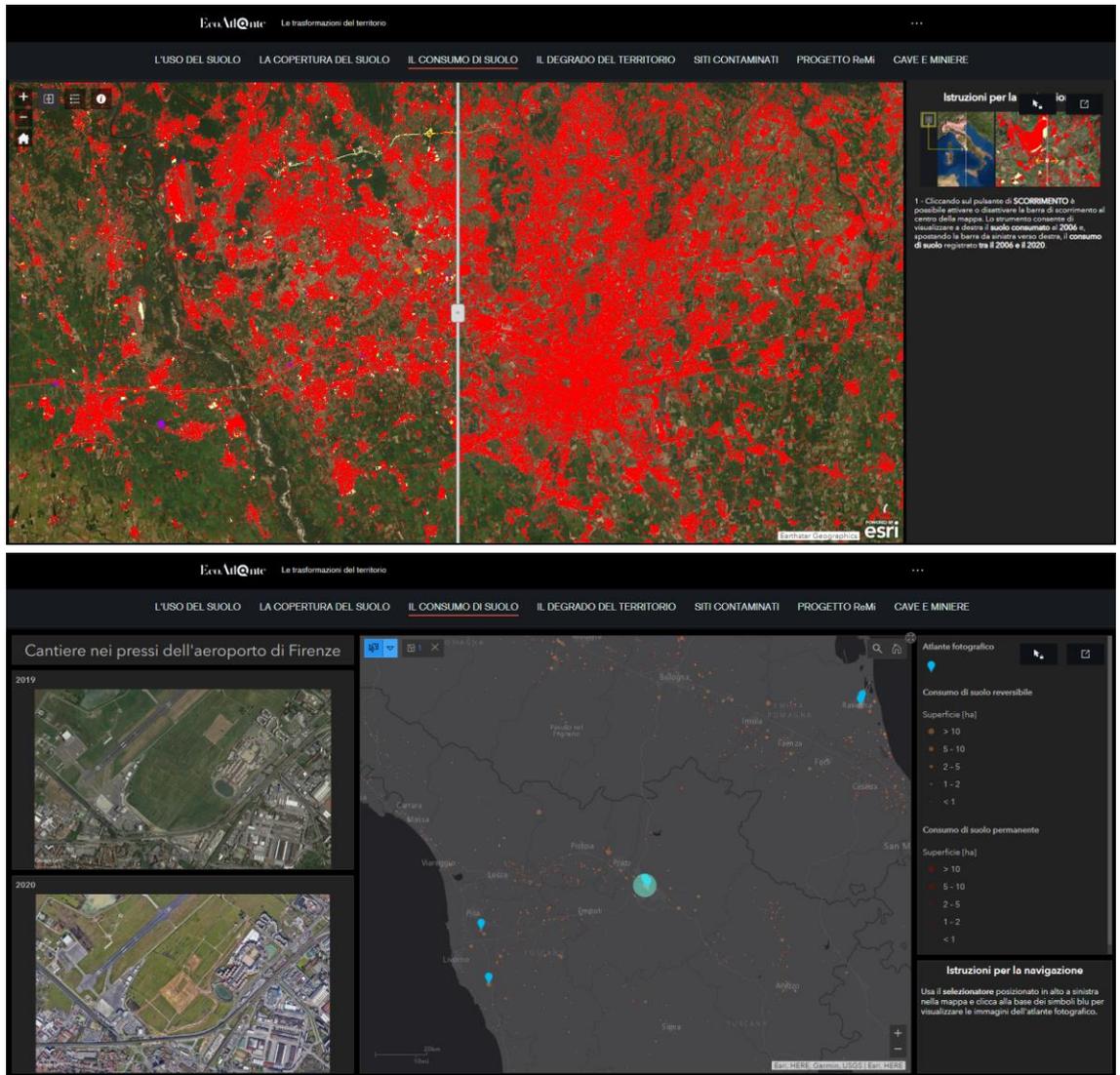


Figura 15. Esempi di web-app consultabile all'interno delle storymap contenute nell'EcoAt@me

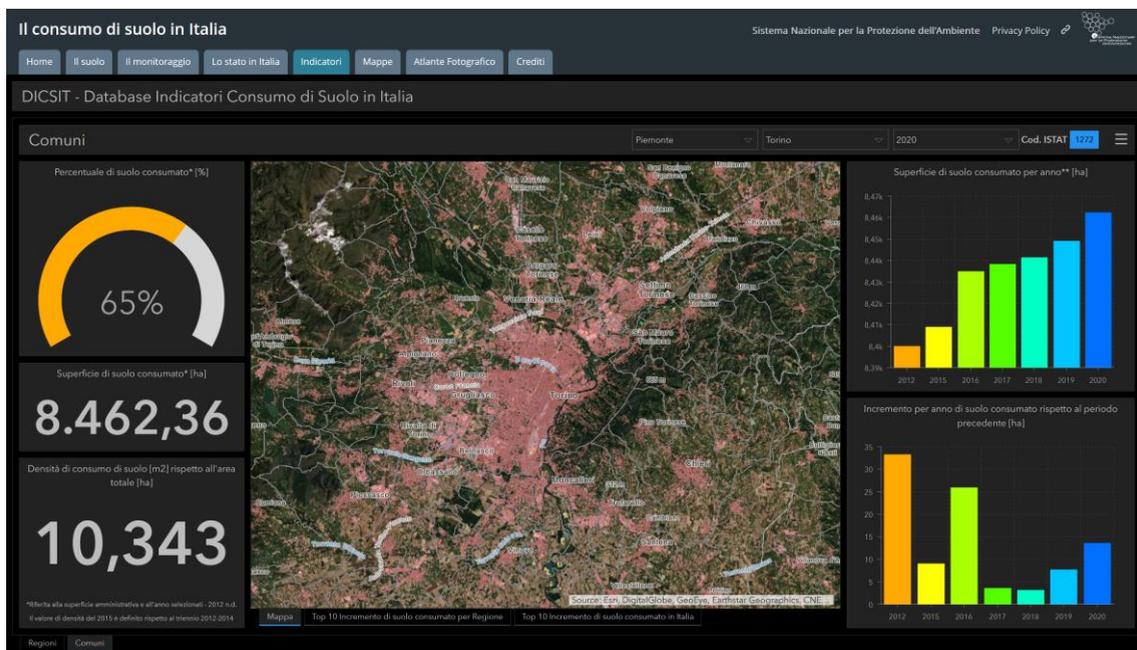


Figura 16. Consultazione dei dati a livello comunale all'interno del portale del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

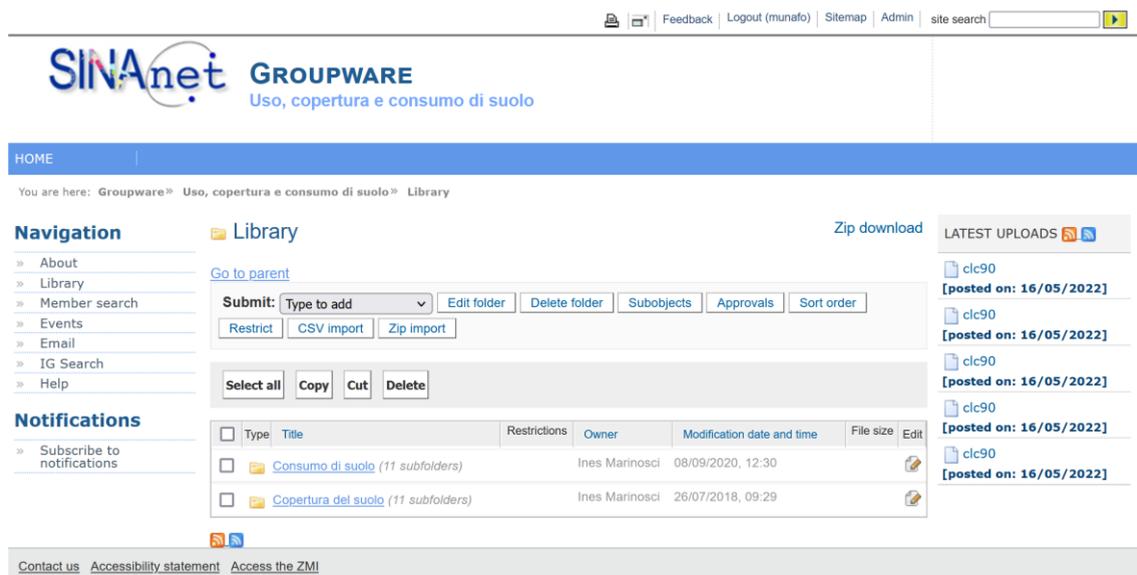


Figura 17. Download dei dati tramite il groupware del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)

STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

IL LIVELLO NAZIONALE⁴²

Il **consumo di suolo**⁴³ continua a trasformare il territorio nazionale con velocità elevate e crescenti. Nell'ultimo anno, le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 76,8 km² (Tabella 8), ovvero, in media, più di 21 ettari al giorno. Un incremento che conferma una forte accelerazione rispetto ai dati rilevati nel recente passato, raggiungendo i valori più elevati degli ultimi 11 anni, in cui non si erano mai superati i 20 ettari al giorno. Il nostro Paese, nell'ultimo anno, ha perso più di 2,4 metri quadrati di suolo ogni secondo.

Una crescita delle superfici artificiali solo in piccola parte compensata dal **ripristino**⁴⁴ di aree naturali, pari a 6 km², dovuti al passaggio da suolo consumato a suolo non consumato (in genere grazie al recupero di aree di cantiere o di superfici che erano state già classificate come consumo di suolo reversibile). Un valore ancora del tutto insufficiente per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del **consumo di suolo netto**, che, negli ultimi dodici mesi, è invece risultato pari a 70,8 km² (19,4 ettari al giorno, 2,2 m²/sec) di cui 14,8 di consumo permanente.

In aggiunta, si deve tuttavia considerare che altri 7,5 km² sono passati, nell'ultimo anno, da suolo consumato re-

versibile (rilevato nel 2021) a permanente, sigillando ulteriormente il territorio. L'**impermeabilizzazione** è quindi cresciuta, complessivamente, di 22,3 km², considerando anche il nuovo consumo di suolo permanente.

Inoltre, altri 8,5 km² sono stati coperti da serre permanenti e da altre forme di copertura del suolo che non sono, con l'attuale sistema di classificazione, considerate come consumo di suolo permanente o reversibile. Si possono, infine, aggiungere ulteriori 4,5 km² dovuti alle nuove aree rilevate di dimensione inferiore ai 1.000 m².

Tabella 8. Stima del consumo di suolo annuale tra il 2021 e il 2022.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo (km ²)	76,8
Ripristino (km ²)	6,0
Consumo di suolo netto (km ²)	70,8
Consumo di suolo permanente (km ²)	14,8
Impermeabilizzazione di aree già consumate reversibilmente (km ²)	7,5
Impermeabilizzazione complessiva (km ²)	22,3

La crescita netta delle superfici artificiali dell'ultimo anno equivale a una densità di consumo di suolo pari a 2,35

⁴² Le stime sono elaborate da ISPRA sulla base dei dati del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e della cartografia prodotta dalla rete dei referenti per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo (ISPRA/ARPA/APPA) nell'ambito delle attività di sviluppo del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA). Cartografia e indicatori derivati sono disponibili sui siti ISPRA e SNPA con una licenza che ne permette il pieno utilizzo (CC BY 4.0 IT). L'aggiornamento dei dati di quest'anno ha rivisto anche le cartografie degli anni precedenti sulla base dei nuovi dati satellitari disponibili, rivedendo le stime relative. Nelle aree dove nel passato non erano disponibili immagini a elevata risoluzione si possono riscontrare aumenti delle stime del *consumo di suolo* rispetto a quelle riportate nell'edizione precedente del rapporto a causa della possibilità di rilevare an-

che le trasformazioni più piccole. Anche i dati di quest'anno potrebbero essere rivisitati e migliorati nei prossimi rapporti sulla base della disponibilità, in futuro, di dati satellitari a maggiore risoluzione.

Le stime riportate sono, quindi, da intendersi cautelative e preliminari.

⁴³ Si ricorda che con *consumo di suolo* si intende l'incremento della copertura artificiale del suolo, generalmente su base annuale, mentre con *suolo consumato* si intende la quantità complessiva di suolo a copertura artificiale in un dato momento (il riferimento per i dati citati è il mese di maggio ± 2 mesi di ogni anno). Ad esempio, il consumo di suolo netto 2021-2022 è uguale alla differenza tra il suolo consumato 2022 e il suolo consumato 2021, ovvero alla crescita delle superfici artificiali in un anno tra il 2021 e il 2022.

⁴⁴ I dati del ripristino sono rilevati sulle superfici classificate come "suolo consumato reversibile" negli anni precedenti.

m² per ogni ettaro di territorio italiano e a un incremento dello 0,33% (Tabella 9).

Tabella 9. Incremento del consumo di suolo annuale netto tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Densità del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,35
Consumo di suolo netto (incremento %)	0,33

Tabella 10. Velocità del consumo di suolo giornaliero netto degli ultimi 16 anni. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	Consumo di suolo netto (ha/giorno)⁴⁵	Variazione rispetto al periodo precedente
2006-2012	28,7	n.d.
2012-2015	15,3	-46,5%
2015-2016	12,8	-16,7%
2016-2017	15,5	+21,2%
2017-2018	17,2	+11,3%
2018-2019	17,1	-0,9%
2019-2020	15,7	-8,3%
2020-2021	17,6	+12,3%
2021-2022	19,4	+10,2%

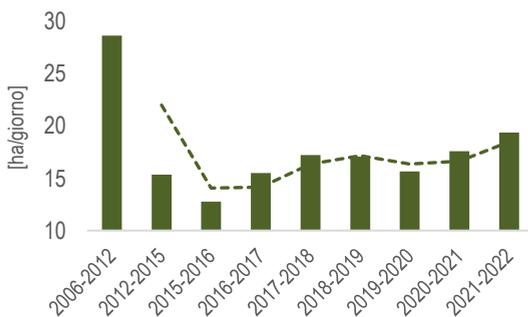


Figura 18. Velocità del consumo di suolo giornaliero netto (2006-2022). La linea tratteggiata rappresenta la media mobile (periodo=2). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

La velocità del consumo di suolo netto, con un valore di 19,4 ettari al giorno, raggiunge il valore più alto tra quelli rilevati dal 2012 a oggi (Tabella 10, Figura 18) e, con un incremento del 10,2% rispetto al 2021, ci allontana ancora di più dagli obiettivi di azzeramento del consumo netto di suolo. I dati confermano, quindi, che continua a crescere il livello di artificializzazione e di impermeabilizzazione del territorio e che questo processo, invece di rallentare, avviene a velocità crescente, causando la perdita, spesso irreversibile, di aree naturali e agricole. Tali superfici sono state sostituite da nuovi edifici, infrastrutture, insediamenti commerciali, logistici, produttivi e di servizio e da altre aree a copertura artificiale all'interno e all'esterno delle aree urbane esistenti.

Per una migliore comprensione delle caratteristiche dei 70,8 km² di consumo di suolo netto, si deve tenere conto che oltre 63 km² (circa l'89%) sono avvenuti all'interno di quella parte di territorio teoricamente disponibile o comunque più idonea ai diversi usi, anche definita in alcuni casi come suolo utile⁴⁶ e che coincide con l'area dove insistono generalmente le maggiori pressioni insediative ma dove, allo stesso tempo, si concentrano spesso suoli di qualità. La caratteristica conformazione del territorio italiano comporta il fatto che è considerata utile circa il 59,9% della superficie nazionale e che in questa parte del territorio la densità del consumo di suolo raggiunga i 3,51 m² per ettaro, quasi il 50% in più della media nazionale.

Tabella 11. Consumo di suolo utile netto annuale tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo utile netto (km²)	63,23
Densità del consumo di suolo utile netto (m²/ha)	3,51

I dati della nuova cartografia SNPA del consumo di suolo, che aggiorna e rivede l'intera serie storica sulla base delle nuove immagini satellitari ad alta risoluzione,

⁴⁵ I dati degli scorsi anni sono aggiornati sulla base delle attività di fotointerpretazione e grazie alla disponibilità delle immagini satellitari ad alta risoluzione che ogni anno permettono di migliorare le stime degli anni precedenti e rendere coerente l'intera serie storica. In particolare, quest'anno, sono state riviste nel dettaglio le infrastrutture minori, con le maggiori variazioni rilevate nelle regioni Lombardia, Puglia e Sicilia.

⁴⁶ Il suolo utile (v. ad es. Regione Lombardia, 2018) è ottenuto sottraendo le aree a pendenza molto elevata (>50%); le zone umide (RAMSAR) e occupate da corpi idrici, fiumi e laghi; le aree appartenenti alla Rete Natura 2000 (SIC, ZPS e ZSC), i monumenti naturali, le riserve naturali e le altre aree protette; le aree a pericolosità da frana (classi P3 e P4) e idraulica (classe P3).

consentono un'analisi più accurata⁴⁷ del territorio permettendo di ottenere nuove stime sul **suolo consumato**. A livello nazionale (Tabella 12), la copertura artificiale del suolo è stimata in oltre 21.500 km² (per l'86% situati su suolo utile), a cui devono essere aggiunti altri 646 km² di aree soggette ad altre forme di alterazione diretta a causa della copertura artificiale del suolo (come, ad esempio, le serre non pavimentate e i ponti) non considerate come causa di consumo di suolo. Potrebbero, inoltre, essere considerate altre forme di elevato degrado del suolo legate direttamente alla presenza di aree artificiali, in particolare dove la dimensione degli spazi residui non artificiali è inferiore a 1.000 m² (pari ad altri 769 km²). Il suolo consumato copre il 7,14% del territorio (7,25% al netto della superficie dei corpi idrici permanenti) con valori in crescita continua. Aggiungendo le altre coperture non considerate e le aree più piccole di 1.000 m², il totale sale al 7,60% del territorio nazionale. La percentuale all'interno del territorio considerato come suolo utile supera il 10% (Tabella 13; Figura 19).

Tabella 12. Stima del suolo consumato (2022) in km² a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (km²)	21.514
Altre coperture non considerate (km²)	646
Aree di superficie inferiore ai 1.000 m² (km²)	769
Suolo consumato su suolo utile (km²)	18.496

Tabella 13. Stima del suolo consumato (2006-2022) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA⁴⁸

2006	6,73	2016	7,01	2019	7,07
2012	6,94	2017	7,03	2020	7,09
2015	7,00	2018	7,05	2021	7,11
		2022	7,14		

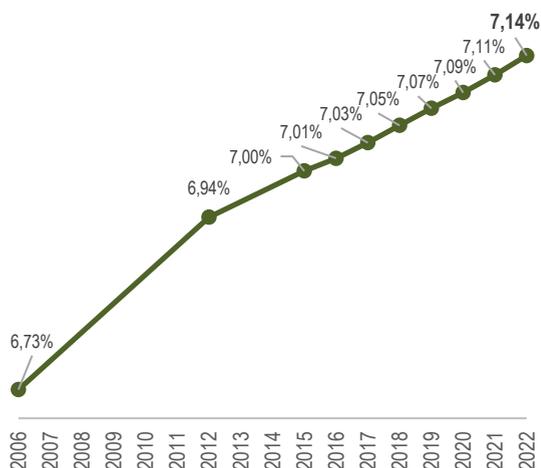


Figura 19. Stima del suolo consumato (2006-2022) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA⁴⁹

Tabella 14. Stima del suolo consumato (2022) in percentuale a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (% sul territorio nazionale)	7,14
Altre coperture non considerate (% sul territorio nazionale)	0,22
Aree con superficie inferiore ai 1.000 m² (% sul territorio nazionale)	0,26
Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)	7,25
Suolo consumato (% all'interno del suolo utile)	10,28

I cambiamenti rilevati nell'ultimo anno si concentrano in alcune aree del Paese, rimanendo particolarmente elevati nella pianura Padana, con maggiore intensità nella

⁴⁷ La valutazione dell'accuratezza della cartografia si basa sullo studio di aree campione, selezionando 10 riquadri di 1 km² di estensione per ogni regione, per un totale di 200 riquadri. I riquadri sono stati scelti casualmente e distribuiti in maniera omogenea (attraverso una stratificazione) sul territorio di ogni regione. Questo metodo assicura un numero significativo di campioni per un'analisi statistica, anche se bisogna considerare che, in generale, il cambiamento della copertura del suolo è statisticamente un "evento raro" quando si considera un campione casuale su una vasta superficie. I cambiamenti, infatti, non avvengono con una distribuzione omogenea, ma si concentrano in particolari aree, pertanto, una scelta casuale di aree uniformemente distri-

buite, risulta statisticamente corretta, ma porta ad analizzare un numero di cambiamenti abbastanza ridotto. Le aree scelte sono state fotointerpretate utilizzando ortoimmagini ad alta risoluzione. All'interno di ogni riquadro sono stati considerati gli errori di omissione e commissione sulla copertura. L'accuratezza globale a livello nazionale è risultata del 99,7%, con un errore di omissione a livello regionale (aree reali non rappresentate nella classe di appartenenza) compreso tra 0,2 e 1,2% e un errore di commissione (aree erroneamente incluse nella classe), compreso tra 0,2 e 1,8%.

⁴⁸ Si veda nota 45.

⁴⁹ Si veda nota 45.

parte lombarda e veneta (in particolare lungo l'asse Milano-Venezia) e lungo la direttrice della via Emilia. Il fenomeno rimane molto intenso lungo tutta la costa adriatica, dal Veneto alla Puglia e con elevate densità di trasformazione in tratti del litorale romagnolo, marchigiano e in Puglia. Il Salento, in particolare, conferma la tendenza degli ultimi anni con una fortissima presenza di cambiamenti. Tra le aree metropolitane più colpite compaiono ancora Roma e Napoli. La maggior densità del consumo di suolo è stata registrata, anche quest'anno, lungo la fascia costiera entro un chilometro dal mare, nelle aree di pianura, nelle città e nelle zone urbane e periurbane dei principali poli e dei comuni di cintura della frangia urbana (cfr. capitolo seguente per maggiori approfondimenti).

La relazione tra il consumo di suolo e le dinamiche della popolazione conferma che il legame tra la demografia e i processi di urbanizzazione e di infrastrutturazione non è diretto e si assiste a una crescita delle superfici artificiali anche in presenza di stabilizzazione, in molti casi di decrescita, della popolazione residente (Tabella 15). Anche a causa della flessione demografica, il **suolo consumato pro capite** aumenta ancora dal 2021 al 2022 di 2,46 m²/ab e di 16,23 m²/ab dal 2006, così come il consumo di suolo annuale pro capite che passa da 1,24 a 1,30 m²/ab. In Figura 20 si può osservare il trend in crescita a livello nazionale. Si passa, infatti, dai circa 348 m²/ab nel 2006 e nel 2012 ai circa 364 m²/ab nel 2022. Dal 2012 al 2018 il suolo consumato per abitante è aumentato di 6,5 m²/ab mentre nell'ultimo quadriennio di 9,8 m²/ab.

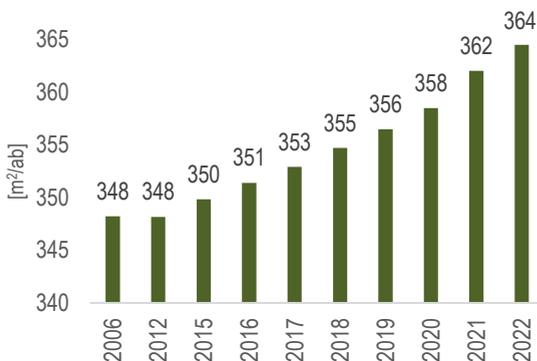


Figura 20. Suolo consumato pro capite a livello nazionale per anno.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Per rappresentare l'efficienza delle trasformazioni è utile analizzare il **consumo marginale di suolo**, indicatore dato dal rapporto tra il consumo di suolo netto e i nuovi residenti tra un anno e il successivo. A valori positivi elevati di questo indicatore corrisponde un alto e più insostenibile consumo di suolo a fronte di una crescita non significativa della popolazione, mentre valori negativi indicano un aumento del consumo di suolo in presenza di decrescita della popolazione, ovvero in assenza dei meccanismi di domanda che generalmente giustificano la richiesta di consumare suolo (Pileri, 2017). A livello nazionale, il nuovo consumo di suolo netto di 70,8 km² avviene a fronte di una decrescita di popolazione di circa 206 mila abitanti. L'indicatore di consumo di suolo marginale ci rivela come, negli ultimi dodici mesi, per ogni abitante in meno si sia consumato suolo per 343 m². Nell'anno precedente la diminuzione della popolazione aveva prodotto valori negativi meno marcati (158 m²/ab). Il valore medio nazionale non tiene in conto delle enormi differenze tra i valori che questo indicatore assume nei diversi contesti locali (cfr. § *Il livello comunale*). Limitando l'analisi ai soli comuni nei quali la popolazione è cresciuta, ad esempio, il valore medio nazionale che si ottiene è di -251 m²/ab.

La relazione tra il tasso del consumo di suolo e quello demografico è alla base anche degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare del target 'assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica' e dell'indicatore 11.3.1, calcolato come rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione

della popolazione, proposto dalle Nazioni Unite (*Ratio of land consumption rate to population growth rate*)⁵⁰.



Tabella 15. Consumo di suolo e dinamiche della popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati demografici Istat e cartografia SNPA

	2006	2021	2022
Suolo consumato pro capite (m²/ab)	348,23	362,00	364,46
	2020 - 2021	2021 - 2022	
Consumo di suolo pro capite (m²/ab)	1,24	1,30	
Consumo netto di suolo pro capite (m²/ab)	1,08	1,20	
Consumo marginale di suolo (m²/ab)	-158	-343	
Rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione	-0,44	-0,95	

⁵⁰ L'indicatore mette in correlazione il tasso di variazione del suolo consumato con il tasso di variazione della popolazione secondo la formula:

$$LCRPGR = \left(\frac{LC_{t+n} - LC_t}{y} \right) \Bigg/ \left(\frac{\ln \left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t} \right)}{y} \right)$$

Dove: LC_t è il suolo consumato in km² per l'anno iniziale; LC_{t+n} è il suolo consumato in km² per l'anno corrente; Pop_t è la popolazione per l'anno iniziale; Pop_{t+n} è la popolazione per l'anno corrente; y è il numero di anni tra l'anno iniziale e l'anno corrente. Per valori positivi

dell'indicatore popolazione e consumo di suolo aumentano o diminuiscono entrambi; per valori negativi uno dei due aumenta e l'altro diminuisce. Se l'indicatore è tra 0 e |1| il tasso di variazione del consumo di suolo è minore del tasso di variazione della popolazione, se è 0 non varia il consumo; se invece l'indicatore è maggiore di |1| il tasso di variazione del consumo di suolo è maggiore del tasso di variazione della popolazione, se è infinito la popolazione non varia ma il consumato si.

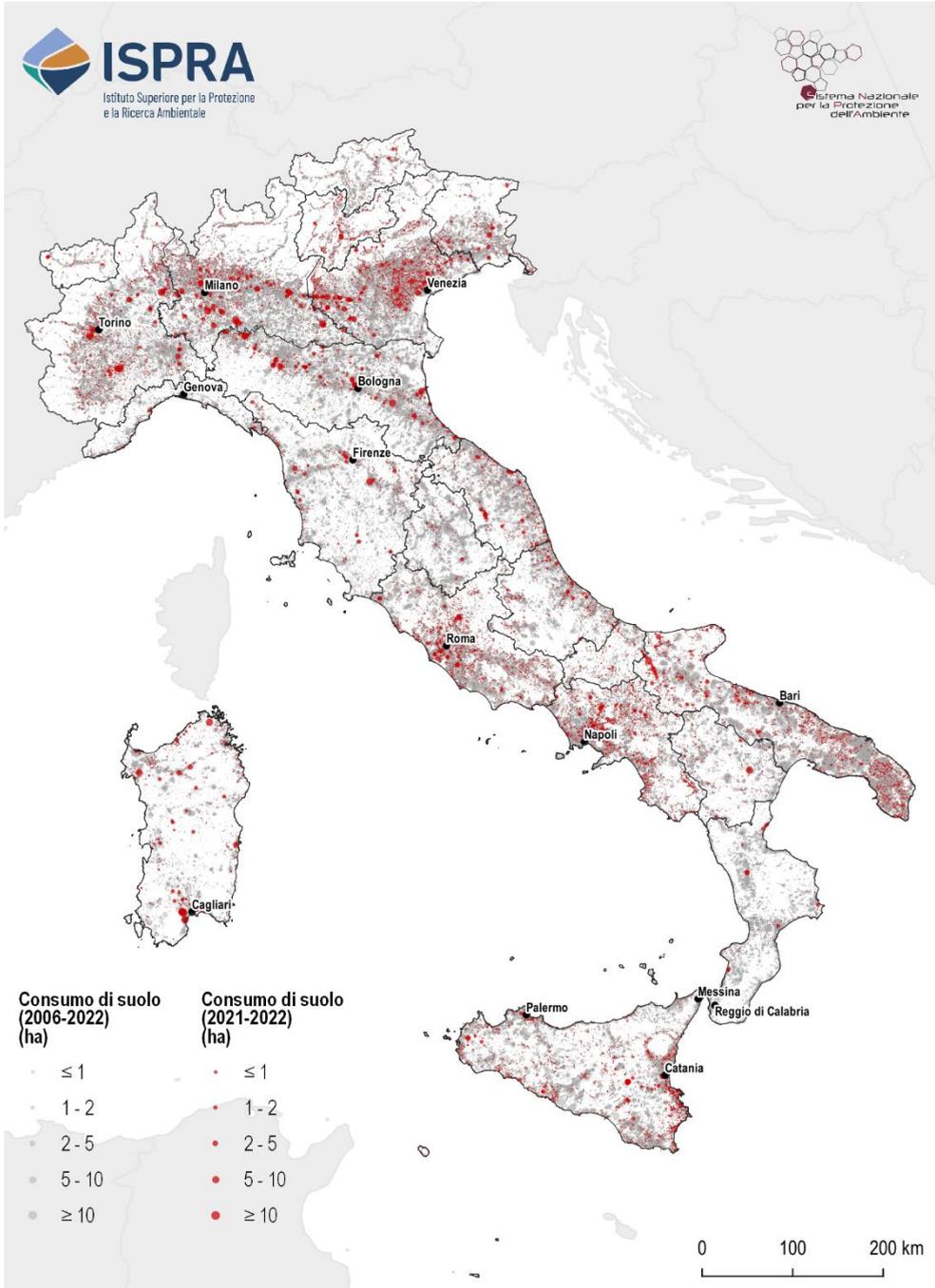


Figura 21. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO REGIONALE

In 15 regioni il suolo consumato stimato al 2022 supera il 5% (Tabella 16), con l'Abruzzo ultima regione a superare la soglia appena citata. I valori percentuali più elevati rimangono quelli della Lombardia (12,16%), del Veneto (11,88%) e della Campania (10,52%). Come per il caso nazionale, anche le stime regionali sono state revisionate e aggiornate, riuscendo in questo modo ad escludere dal computo superfici da non considerare consumate. Non cambia, tuttavia, l'ordine delle regioni: alle prime tre, seguono Emilia-Romagna, Puglia, Lazio, Friuli-Venezia Giulia e Liguria, con valori sopra la media nazionale e compresi tra il 7 e il 9% (Figura 22). La Valle d'Aosta rimane la regione con la percentuale più bassa (2,15%). Naturalmente va considerata sia la diversa morfologia regionale sia la storica e peculiare evoluzione del territorio nell'interpretare la rilevanza dei valori riscontrati.

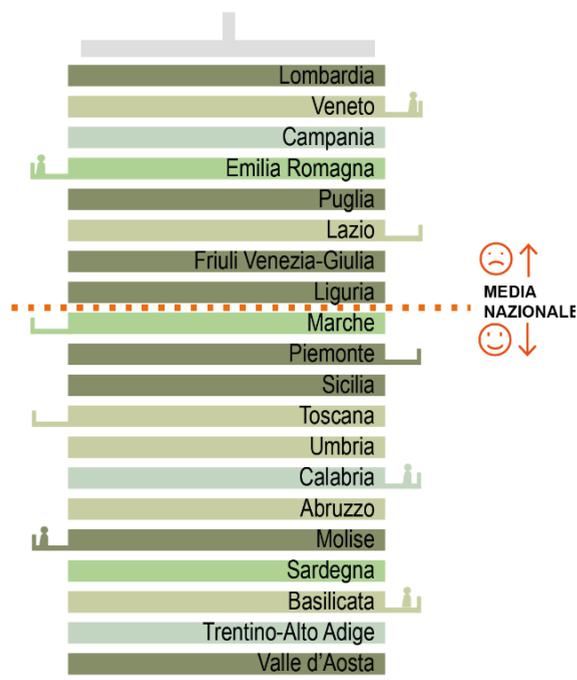


Figura 22. Confronto tra la percentuale per regione di suolo consumato (2022) e la media nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il confronto tra ripartizioni geografiche (Tabella 16, Figura 23) conferma i valori più alti di suolo consumato per

le due ripartizioni del Nord, peraltro le uniche sopra il valore percentuale nazionale.

La Lombardia detiene il primato anche in termini assoluti, con oltre 290mila ettari del suo territorio coperto artificialmente (il 13,5% delle aree artificiali italiane è in questa regione), contro gli appena 7.000 ettari della Valle d'Aosta.

Gli incrementi maggiori, indicati dal consumo di suolo netto in ettari dell'ultimo anno, sono avvenuti nelle regioni Lombardia (con 908 ettari in più), Veneto (+739 ettari), Puglia (+718 ettari), Emilia-Romagna (+635), Piemonte (+617). La Valle d'Aosta è la regione con il consumo inferiore, ma aggiunge comunque più di 22 ettari alla sua superficie consumata. Tra le altre, solo la Liguria (+33 ha) ha contenuto il suo consumo al di sotto di 50 ettari, mentre Molise, Umbria e Calabria hanno avuto incrementi inferiori ai 100 ettari.

In termini di incremento percentuale rispetto alla superficie artificiale dell'anno precedente (Figura 24), il valore più elevato è quello della Sardegna (+0,67%), seguono Molise (+0,46%) e Puglia (+0,45%). Sopra la media nazionale (+0,33%), ci sono anche Campania, Sicilia, Piemonte, Lazio, Veneto e Marche (Tabella 16).

Nel grafico a dispersione di Figura 26 si mettono in relazione gli ettari di suolo già consumato e la variazione 2021-2022. In questo modo si possono evidenziare raggruppamenti omogenei di regioni sulla base dei valori graficati e al tempo stesso delineare differenze sostanziali tra le stesse, come ad esempio, la discrepanza tra i valori di Liguria, Umbria e Calabria (nella parte sinistra del grafico) e regioni come Marche e Sardegna (a sinistra) che per valori simili di suolo consumato, hanno incrementi annuali maggiori in proporzione.

L'andamento a livello regionale del consumo di suolo netto negli anni tra il 2006 e il 2022 è riportato in Figura 27.

Nell'ultimo anno le Isole (+0,46%) hanno registrato il valore di crescita percentuale del consumo di suolo più alto (Figura 24), seguono il Sud e il Nord-Est con valori inferiori (0,35% e 0,32%). Le altre ripartizioni si attestano allo 0,31% (Nord-Ovest) e 0,26% (Centro), al di sotto del valore nazionale (0,33%).

La densità dei cambiamenti netti del 2022, ovvero il consumo di suolo rapportato alla superficie territoriale, evidenzia invece il contributo di Nord-Ovest e Nord-Est, che

consumano 2,73 e 2,66 m² per ogni ettaro di territorio, contro una media nazionale che, nell'ultimo anno, è stata di 2,10 m²/ha (Tabella 16). Tra le regioni, la densità del consumo di suolo è più alta in Campania (4,09 m²/ha), Veneto (4,03 m²/ha), Lombardia (3,80 m²/ha) e Puglia (3,71 m²/ha). Si tratta di valori più alti rispetto alla media del periodo 2006-2022, che confermano la ripresa del fenomeno, del resto già emersa nella scorsa rilevazione.

La lettura dei principali indicatori per il livello regionale e nazionale riporta una tendenza che sarà difficile da contenere in ottica degli obiettivi di sviluppo sottoscritti dal nostro Paese in ambito comunitario e internazionale. La densità con la quale avvengono i cambiamenti continua ad aumentare di anno in anno, nonostante diminuisca il territorio a disposizione, insistendo con maggior intensità sulle stesse regioni rispetto agli scorsi anni.

Tabella 16. Indicatori di consumo di suolo a livello regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo netto 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo netto 2021-2022 (%)	Consumo di suolo netto 2006-2022 (ha)	Densità consumo di suolo netto 2021-2022 (m ² /ha)	Densità consumo di suolo netto 2006-2022 (m ² /ha)
Piemonte	170.199	6,70	617	0,36	9.445	2,43	37,18
Valle d'Aosta	7.025	2,15	22	0,32	226	0,68	6,93
Lombardia	290.278	12,16	908	0,31	14.642	3,80	61,32
Liguria	39.327	7,26	33	0,08	816	0,61	15,05
Nord-Ovest	506.830	8,74	1.580	0,31	25.129	2,73	43,35
Friuli-Venezia Giulia	63.528	8,02	156	0,25	2.888	1,98	36,47
Trentino-Alto Adige	41.061	3,02	130	0,32	1.866	0,96	13,71
Emilia-Romagna	200.025	8,89	635	0,32	11.009	2,82	48,93
Veneto	217.825	11,88	739	0,34	13.079	4,03	71,33
Nord-Est	522.439	8,38	1.661	0,32	28.842	2,66	46,25
Umbria	44.434	5,26	65	0,15	2.584	0,77	30,56
Marche	64.940	6,96	218	0,34	3.962	2,33	42,49
Toscana	141.842	6,17	238	0,17	4.472	1,03	19,45
Lazio	140.430	8,16	485	0,35	9.098	2,82	52,88
Centro	391.647	6,76	1.006	0,26	20.116	1,74	34,70
Basilicata	31.825	3,19	100	0,32	2.356	1,00	23,58
Molise	17.489	3,94	80	0,46	812	1,80	18,30
Abruzzo	54.012	5,00	149	0,28	3.394	1,38	31,44
Calabria	76.451	5,07	78	0,10	4.591	0,52	30,44
Puglia	159.459	8,24	718	0,45	14.314	3,71	73,96
Campania	143.020	10,52	557	0,39	7.601	4,09	55,89
Sud	482.257	6,58	1.682	0,35	33.068	2,30	45,13
Sardegna	80.582	3,34	537	0,67	4.105	2,23	17,02
Sicilia	167.684	6,52	608	0,36	10.386	2,36	40,38
Isole	248.266	4,98	1.145	0,46	14.490	2,30	29,08
Italia	2.151.437	7,14	7.075	0,33	121.646	2,35	40,36

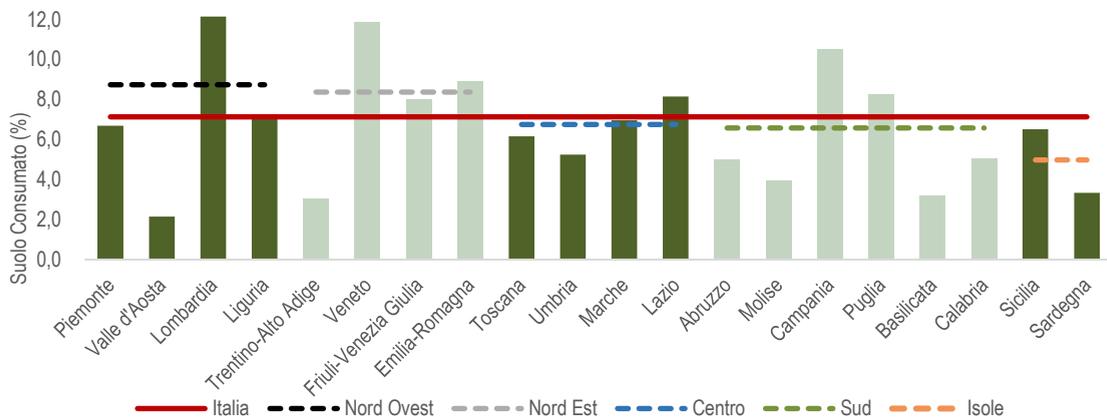


Figura 23. Suolo consumato a livello regionale e di ripartizione geografica (% 2022). In rosso la percentuale nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

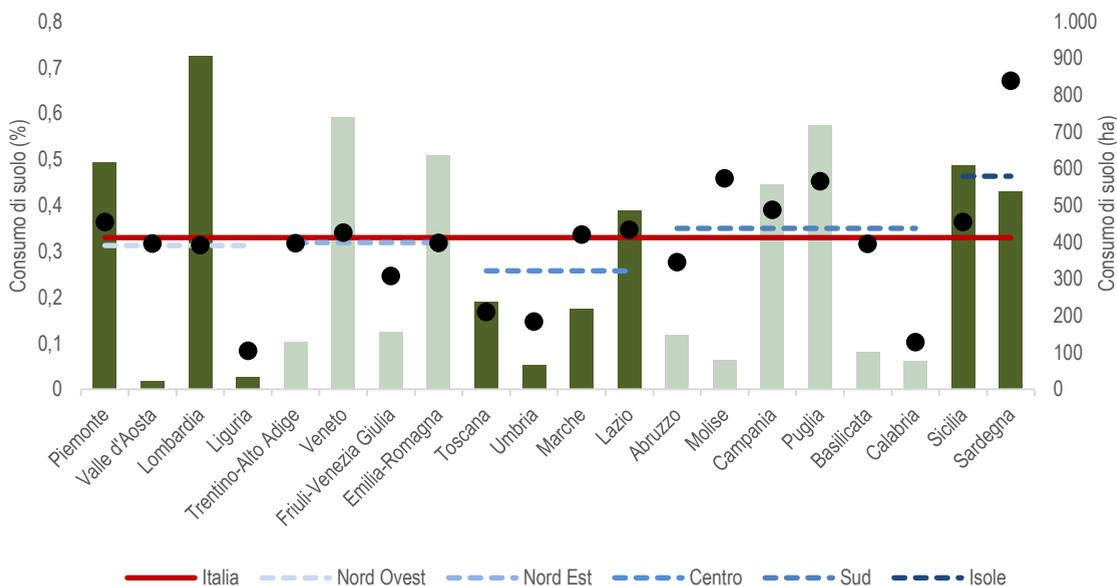


Figura 24. Consumo di suolo netto a livello regionale. Incremento percentuale (punti in nero) e in ettari (barre in verde) tra il 2021 e il 2022. È dato anche l'incremento percentuale nazionale (linea in rosso) e per ripartizione geografica (linee tratteggiate in azzurro). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

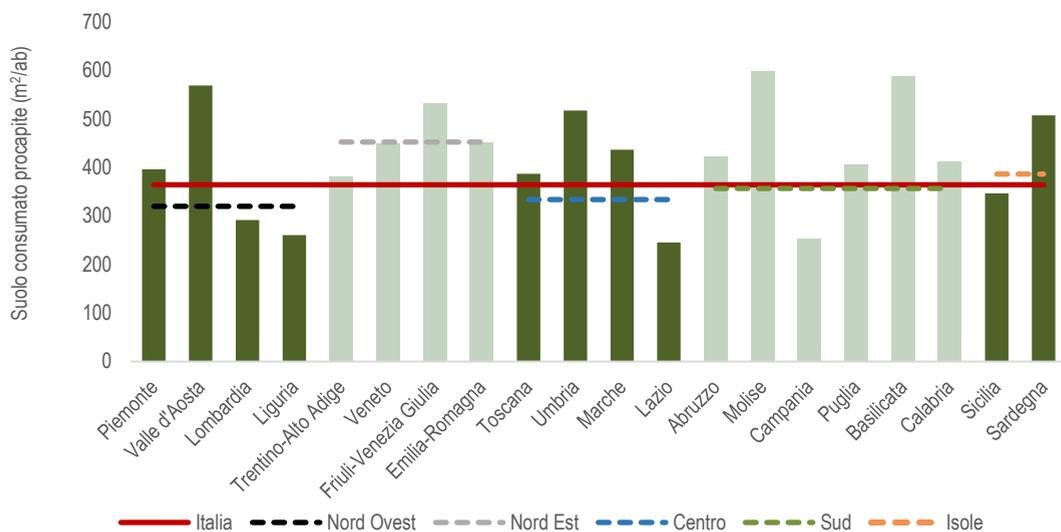


Figura 25. Suolo consumato pro capite nel 2021 in metri quadrati per abitante, con valore nazionale (in rosso) e per ripartizione geografica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati di popolazione Istat

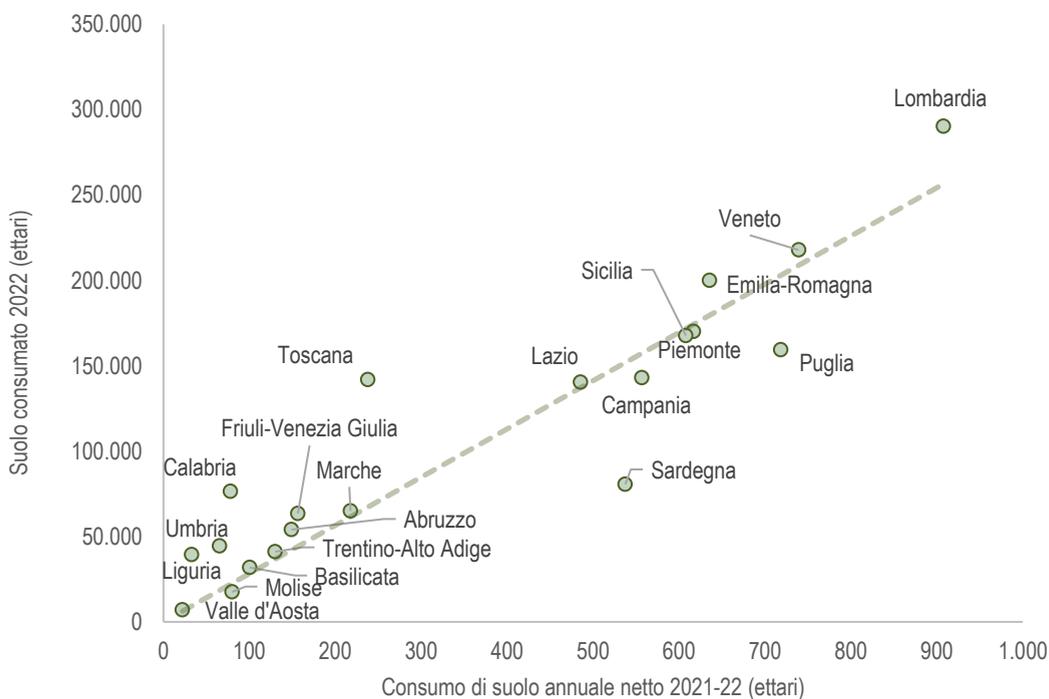


Figura 26. Relazione tra suolo consumato e consumo di suolo annuale netto per regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

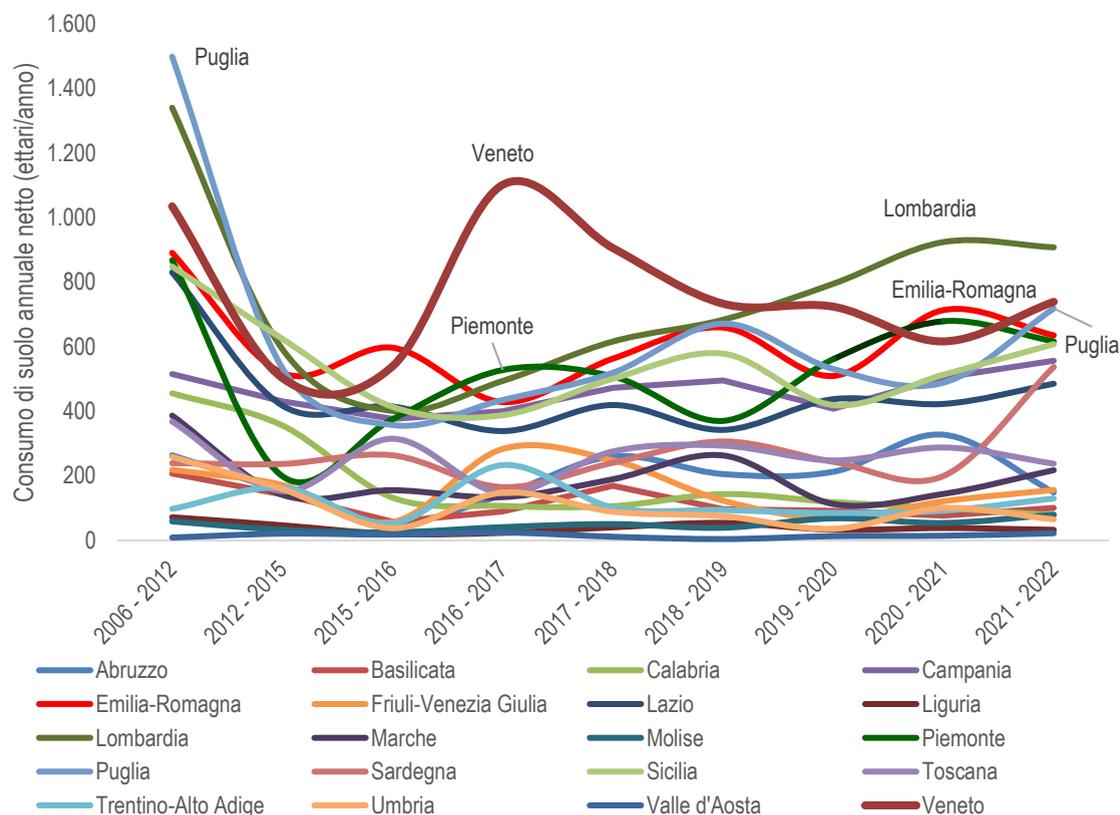


Figura 27. Andamento del consumo di suolo annuale netto a livello regionale dal 2006 al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Una misura dell'efficacia del consumo di suolo in relazione alle esigenze demografiche è offerta da diversi indicatori (Tabella 17). In termini di suolo consumato pro capite, i valori regionali più alti risentono della bassa densità abitativa tipica di alcune regioni. Il Molise presenta il valore più alto (598 m²/ab) quasi 20 m² in più rispetto allo scorso anno e di molto superiore al valore nazionale (362 m²/ab), seguita da Basilicata (588 m²/ab) e Valle d'Aosta (569 m²/ab). Lazio, Campania, Liguria e Lombardia presentano i valori più bassi e al di sotto del valore nazionale.

Limitandosi alla crescita annuale, risaltano anche in questo caso i valori elevati della Sardegna (3,39 m²/ha), quasi il triplo del dato nazionale sul consumo di suolo pro capite (1,20 m²/ab). Mentre in Liguria si registra il valore più basso (0,22 m²/ab).

L'indicatore di consumo di suolo marginale evidenzia che, in un periodo storico di eccezionale decrescita della popolazione, dovuto in parte alla recessione demografica e in parte all'eccedenza di mortalità causata dalla pandemia, regioni con valori alti di consumo di suolo e decrescita demografica restituiscono i valori (negativi) relativi alla minore sostenibilità. Si tratta ad esempio Sicilia e Sardegna con valori negativi oltre il valore nazionale (-343 m²/ab), sintomo di consumi di suolo elevati a fronte di decrescite della popolazione. A questa scala di analisi, valori positivi si registrano solamente dove gli abitanti residenti sono in aumento rispetto allo scorso anno. Nel confronto tra il 2021 e il 2022, questa situazione si manifesta solo in Campania, dove per ogni "nuovo abitante" si sono consumati quasi 3,5 ettari di suolo, ragion per cui il valore dell'indicatore ha raggiunto per l'ultimo periodo di cambiamento quota 34.792 m²/ab. Valori così elevati,

così come valori negativi molto bassi in Sicilia e Sardegna, derivano da variazioni demografiche limitate che portano a risultati non particolarmente significativi dell'indicatore. Anche l'anno scorso valori positivi per questo indicatore si erano registrati solo per una regione (cinque regioni invece due anni fa) a conferma dell'influenza preponderante dell'andamento demografico del periodo. Anche l'indicatore SDG 11.3.1 *Ratio of land consumption rate to population growth rate* (cfr. § Il livello nazionale) indica situazioni di significativo sbilanciamento tra con-

sumo e popolazione, assumendo il valore positivo massimo, in analogia con il precedente indicatore, pari a 137,36 in Campania, dove si registra un incremento della popolazione di circa 160 abitanti e un incremento del suolo consumato di quasi 5,6 km², con un tasso di variazione del consumo di suolo maggiore del tasso di variazione della popolazione. Il valore negativo minimo pari a -46,65 è in Sicilia, con una diminuzione della popolazione residente di 376 abitanti e un incremento del suolo consumato di oltre 6 km².

Tabella 17. Consumo di suolo e andamenti demografici regionali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato pro capite 2021 (m ² /ab)	Suolo consumato pro capite 2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo pro capite 2021-2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo marginale 2021-2022 (m ² /ab)	Ratio of land consumption rate to population growth rate
Piemonte	397	400	1,45	-332	-0,83
Valle d'Aosta	564	569	1,80	-305	-0,54
Lombardia	290	292	0,91	-235	-0,81
Trentino-Alto Adige	380	382	1,21	-371	-0,97
Veneto	446	449	1,52	-335	-0,75
Friuli-Venezia Giulia	527	532	1,31	-228	-0,43
Liguria	259	261	0,22	-36	-0,14
Emilia-Romagna	449	452	1,44	-468	-1,04
Toscana	383	387	0,65	-80	-0,21
Umbria	513	517	0,76	-98	-0,19
Marche	432	437	1,46	-196	-0,45
Lazio	244	246	0,85	-313	-1,28
Abruzzo	420	423	1,17	-294	-0,70
Molise	592	599	2,74	-373	-0,63
Campania	253	254	0,99	34.792	137,36
Puglia	404	406	1,83	-663	-1,64
Basilicata	582	588	1,85	-253	-0,43
Calabria	410	412	0,42	-152	-0,37
Sicilia	346	347	1,26	-16.169	-46,78
Sardegna	503	508	3,39	-2.043	-4,05
Italia	362	364	1,20	-343	-0,95

Un'analisi della distribuzione in relazione alla dimensione economica regionale è effettuata attraverso il confronto del suolo consumato e del consumo 2021-2022 con il PIL regionale⁵¹ e il numero di addetti all'industria⁵² (Tabella 18). Questa analisi evidenzia che il suolo consumato per unità di PIL ha una notevole variabilità tra le regioni, con i valori più elevati dell'indicatore in Molise (2,70 ha/mln di € di PIL) e in Basilicata (2,50 ha/mln di € di PIL), più del doppio del valore nazionale (1,21 ha/mln di €) e di Trentino-Alto Adige, Liguria, Lombardia e Lazio che hanno valori sotto l'unità. Il consumo dell'ultimo anno vede in testa la Sardegna (156 m²/mln di € di PIL), a seguire Molise (126 m²/mln di €) e Puglia (94 m²/mln di €).

Calabria, Sardegna Molise e Basilicata registrano i valori più alti di suolo consumato rispetto al numero di addetti impiegati nell'industria, nella variazione annuale la Sardegna è al primo posto invece con 149 m² di suolo consumato per ogni addetto molto di più della media italiana di 17,1 m²/addetto. Concentrando l'analisi solo sugli addetti nel settore delle costruzioni la Calabria risulta essere la regione con più suolo consumato per ogni addetto alle costruzioni (2,94 ettari per addetto), mentre la Sardegna è quella che ha consumato di più nell'ultimo anno per addetto in questo settore (166 m² per addetto alle costruzioni).

Tabella 18. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale netto (2021-2022) per € di PIL e per addetto all'industria. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato 2022 (ha/mln € di PIL)	Suolo consumato 2022 (ha/addetto industria)	Suolo consumato 2022 (ha/addetto costruzioni)	Consumo di suolo 2021-2022 (m ² /mln € di PIL)	Consumo di suolo 2021-2022 (m ² /addetto industria)	Consumo di suolo 2021-2022 (m ² /addetto costruzioni)
Piemonte	1,25	0,40	1,71	45,27	14,39	61,95
Valle d'Aosta	1,48	1,25	1,59	46,90	39,53	50,30
Liguria	0,81	0,64	1,07	6,77	5,37	8,99
Lombardia	0,72	0,27	1,09	22,40	8,54	34,01
Trentino-A. Adige	0,87	0,52	1,04	27,50	16,55	32,92
Veneto	1,33	0,39	1,73	44,97	13,24	58,60
Friuli-V. Giulia	1,62	0,53	2,40	40,01	13,14	59,12
Emilia-Romagna	1,22	0,42	1,78	38,83	13,23	56,70
Toscana	1,23	0,45	1,63	20,70	7,59	27,29
Umbria	1,96	0,74	2,17	28,77	10,84	31,98
Marche	1,54	0,42	1,96	51,53	14,00	65,73
Lazio	0,71	0,64	1,16	24,55	22,09	39,98
Abruzzo	1,66	0,67	1,63	45,69	18,60	45,02
Molise	2,75	2,22	2,60	125,64	101,29	118,98
Campania	1,30	0,77	1,54	50,55	29,96	59,76
Puglia	2,09	1,16	2,16	94,14	52,34	97,32
Basilicata	2,50	2,05	2,46	78,75	64,80	77,44
Calabria	2,34	2,48	2,94	23,90	25,38	30,04
Sicilia	1,90	1,71	2,46	68,80	62,14	89,12
Sardegna	2,33	2,23	2,49	155,57	148,98	166,09
Italia	1,21	0,52	1,63	39,70	17,11	53,59

⁵¹ Prodotto interno lordo ai prezzi di mercato, dati riferiti all'anno 2020, edizione dicembre 2021.

⁵² Addetti alle costruzioni e addetti alle industrie riferiti all'anno 2019 fonte: Registro Statistico delle Imprese Attive (ASIA).

IL LIVELLO PROVINCIALE

I dati relativi al suolo consumato (2022) e al consumo netto di suolo annuale (2021-2022) a livello provinciale sono riportati in Tabella 19. Monza e Brianza si conferma la provincia con la percentuale di suolo artificiale più alta, con circa il 41% di suolo consumato in rapporto alla superficie provinciale e un ulteriore incremento di 48 ettari, dopo i quasi 11 dello scorso anno. Sopra il 30% troviamo le province di Napoli (35%) e Milano (32%), mentre sopra al 20% ci sono Trieste (21%) e Varese (21%) e, poco al di sotto, Padova (19%) e Treviso (17%). La crescita percentuale maggiore è avvenuta nell'ultimo anno a Cagliari, Lodi e Foggia, con valori di incremento percentuale superiori all'unità, rispettivamente 1,80%, 1,13% e 1,13%. Valori elevati se rapportati alla media nazionale dello 0,33%.

Le province dove il consumo di suolo netto è cresciuto di più tra il 2021 e il 2022 sono Foggia (+313 ettari), Verona (+296 ettari) e Roma (+236 ettari). Tra quelle che hanno consumato di meno si trovano le province di Pistoia, Genova e Vibo Valentia, dove il consumo di suolo si attesta al di sotto dei cinque ettari.

In termini assoluti, la città metropolitana di Roma si conferma quella con la maggiore superficie consumata al 2022, con oltre 70.300 ettari, anche grazie agli ulteriori 235 ettari dell'ultimo anno, di cui 124 nel territorio comunale della Capitale. La provincia di Roma è seguita da Torino (circa 58.500 ettari), con un incremento di 168 ettari. Milano sorpassa, nel 2022, la soglia dei 50.000 ettari (184 in più nell'ultimo anno), scavalcando Brescia, la cui superficie consumata è di poco inferiore (50.142 ettari).

Più di un quinto (il 22%, oltre 4.600 km²) del suolo artificiale in Italia nel 2022, è concentrato nel territorio amministrato dalle 14 città metropolitane.

La densità di consumo di suolo per l'area delle città metropolitane, considerando l'area provinciale (Figura 28) assume il valore più alto quest'anno a Cagliari (14,3 m²/ha). Seguono Lodi (13,8 m²/ha) e Monza/Brianza (+11,8 m²/ha), nessuna delle prime tre appariva nelle prime dieci posizioni l'anno scorso, (la prima era Lodi al dodicesimo). Tra le città metropolitane, Genova e Reggio Calabria registrano anche quest'anno valori bassi per questo indicatore con 0,3 e 0,2 m²/ha.

Le tavole alle pagine seguenti riportano la percentuale di suolo consumato al 2022 (Figura 30), il suolo consumato pro capite al 2022 (Figura 31), la densità di consumo di suolo netto annuale tra il 2021 e il 2022 (Figura 32) e il consumo di suolo netto pro capite tra il 2021 e il 2022 (Figura 33) a livello provinciale. Analizzando la distribuzione territoriale del consumo di suolo (Figura 32), è evidente come, al di là delle maggiori aree metropolitane, le province della pianura Emiliana-Lombardo-Veneta presentino densità del consumo di suolo generalmente sopra la media nazionale, con poche eccezioni. Sempre sopra la media molte province della costa adriatica, di Roma, della Campania settentrionale, della Puglia meridionale e della Sicilia.

Come già ricordato, nell'ambito delle attività di aggiornamento dei dati, ogni anno viene assicurata anche la revisione della serie storica per assicurarne la coerenza complessiva. In Figura 29 sono riportati gli andamenti del consumo di suolo annuale netto nelle città metropolitane.

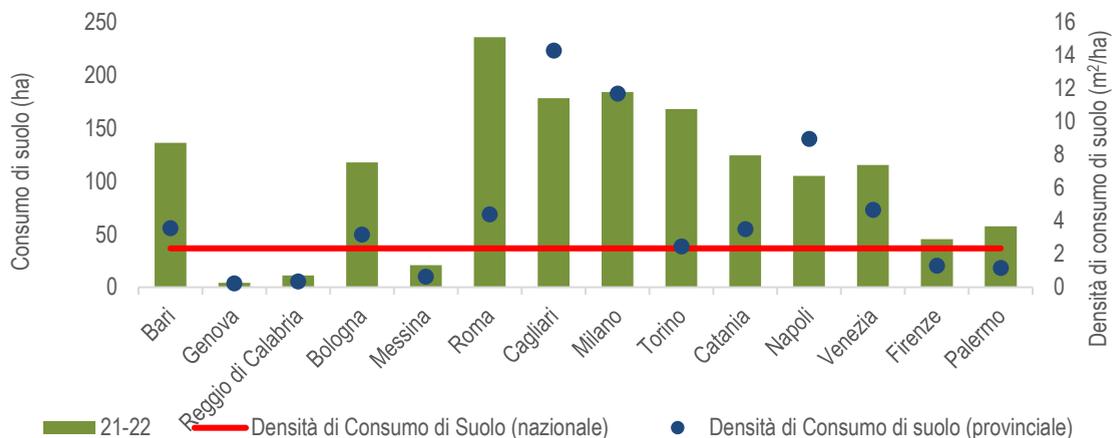


Figura 28. Consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro (densità di consumo di suolo) nelle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

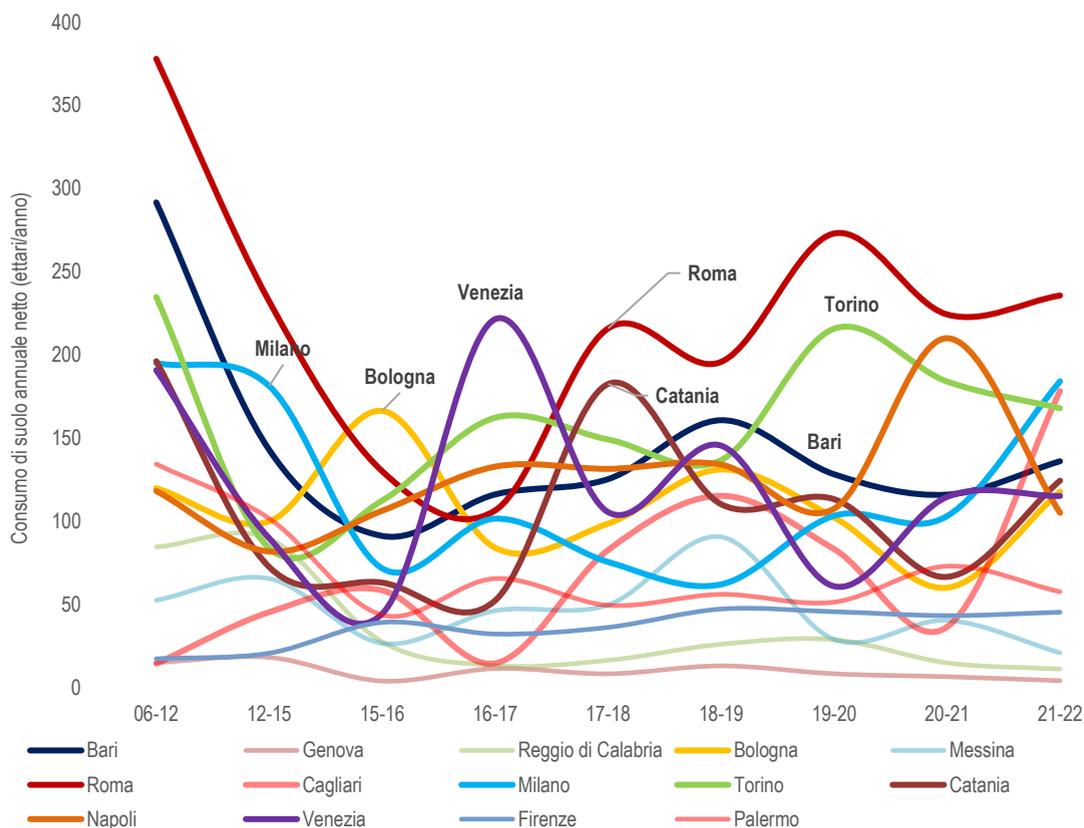


Figura 29. Consumo di suolo annuale netto in ettari tra il 2006 e il 2022 nelle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 19. Suolo consumato (2022) e consumo netto di suolo annuale (2021-2022) a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2022 (ha)	Suolo Consumato 2022 (%)	Suolo Consumato pro capite 2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)	Consumo di suolo pro capite 2021-2022 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha/anno)
Torino	58.483	8,56	265	168	0,29	0,76	2,46
Vercelli	10.354	4,97	623	38	0,37	2,31	1,84
Novara	14.946	11,14	413	99	0,67	2,74	7,39
Cuneo	36.659	5,31	632	179	0,49	3,08	2,59
Asti	10.963	7,25	526	27	0,25	1,30	1,80
Alessandria	25.241	7,09	620	71	0,28	1,75	2,01
Biella	7.241	7,92	426	17	0,23	0,97	1,81
Verbano-Cusio-Ossola	6.313	2,79	409	18	0,28	1,14	0,78
Piemonte	170.199	6,70	400	617	0,36	1,45	2,43
Aosta	7.025	2,15	569	22	0,32	1,80	0,68
Valle d'Aosta	7.025	2,15	569	22	0,32	1,80	0,68
Varese	25.198	21,01	287	40	0,16	0,45	3,31
Como	15.684	12,25	264	41	0,26	0,70	3,23
Sondrio	8.488	2,65	475	17	0,20	0,97	0,54
Milano	50.151	31,81	156	184	0,37	0,57	11,68
Bergamo	32.895	11,93	298	103	0,31	0,93	3,74
Brescia	50.142	10,47	400	131	0,26	1,04	2,73
Pavia	28.346	9,54	530	107	0,38	2,00	3,60
Cremona	18.598	10,50	529	34	0,18	0,97	1,93
Mantova	24.899	10,63	616	80	0,32	1,97	3,41
Lecco	9.707	12,04	292	15	0,16	0,45	1,87
Lodi	9.648	12,31	424	108	1,13	4,75	13,79
Monza e della Brianza	16.522	40,72	190	48	0,29	0,55	11,76
Lombardia	290.278	12,16	292	908	0,31	0,91	3,80
Bolzano	20.185	2,73	379	75	0,37	1,40	1,01
Trento	20.876	3,36	386	55	0,27	1,03	0,89
Trentino-Alto Adige	41.061	3,02	382	130	0,32	1,21	0,96
Verona	41.249	13,32	446	296	0,72	3,21	9,57
Vicenza	34.169	12,55	401	30	0,09	0,35	1,11
Belluno	10.199	2,83	513	32	0,31	1,59	0,88
Treviso	41.504	16,75	473	155	0,38	1,77	6,26
Venezia	35.378	14,32	423	115	0,33	1,38	4,66
Padova	40.055	18,69	431	102	0,26	1,10	4,78
Rovigo	15.271	8,40	667	8	0,06	0,37	0,47
Veneto	217.825	11,88	449	739	0,34	1,52	4,03
Udine	33.839	6,82	653	87	0,26	1,68	1,76
Gorizia	6.152	12,97	446	9	0,15	0,66	1,92
Trieste	4.380	20,67	191	13	0,29	0,56	6,01
Pordenone	19.157	8,43	619	47	0,25	1,53	2,09
Friuli-Venezia Giulia	63.528	8,02	532	156	0,25	1,31	1,98
Imperia	7.347	6,36	352	5	0,07	0,23	0,42
Savona	10.351	6,69	386	11	0,10	0,40	0,70
Genova	14.617	7,97	179	4	0,03	0,05	0,22
La Spezia	7.012	7,95	326	13	0,19	0,62	1,50

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2022 (ha)	Suolo Consumato 2022 (%)	Suolo Consumato pro capite 2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)	Consumo di suolo pro capite 2021-2022 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha/anno)
Liguria	39.327	7,26	261	33	0,08	0,22	0,61
Piacenza	19.841	7,67	700	129	0,65	4,55	4,98
Parma	26.105	7,57	582	92	0,35	2,05	2,67
Reggio nell'Emilia	25.186	10,99	479	86	0,34	1,64	3,77
Modena	29.481	10,97	420	44	0,15	0,63	1,65
Bologna	32.953	8,90	326	118	0,36	1,16	3,18
Ferrara	18.633	7,10	549	27	0,15	0,80	1,04
Ravenna	18.908	10,18	490	52	0,28	1,35	2,80
Forlì-Cesena	17.376	7,31	444	53	0,31	1,36	2,24
Rimini	11.542	12,53	341	33	0,29	0,98	3,61
Emilia-Romagna	200.025	8,89	452	635	0,32	1,44	2,82
Massa-Carrara	8.455	7,32	449	13	0,16	0,70	1,13
Lucca	16.215	9,14	424	13	0,08	0,33	0,72
Pistoia	9.877	10,24	341	5	0,05	0,17	0,50
Firenze	25.806	7,34	261	45	0,18	0,46	1,29
Livorno	12.216	10,06	373	23	0,19	0,70	1,88
Pisa	17.121	7,00	411	39	0,23	0,92	1,57
Arezzo	17.250	5,34	515	41	0,24	1,24	1,28
Siena	15.368	4,02	588	12	0,08	0,47	0,32
Grosseto	14.311	3,18	659	41	0,29	1,91	0,92
Prato	5.224	14,28	202	6	0,11	0,21	1,51
Toscana	141.842	6,17	387	238	0,17	0,65	1,03
Perugia	34.542	5,46	539	56	0,16	0,87	0,89
Terni	9.892	4,66	453	9	0,09	0,43	0,44
Umbria	44.434	5,26	517	65	0,15	0,76	0,77
Pesaro e Urbino	16.846	6,72	482	32	0,19	0,92	1,29
Ancona	17.707	9,04	384	60	0,34	1,30	3,07
Macerata	15.736	5,67	516	65	0,42	2,14	2,35
Ascoli Piceno	7.881	6,43	389	36	0,46	1,80	2,97
Fermo	6.769	7,87	402	24	0,35	1,41	2,76
Marche	64.940	6,96	437	218	0,34	1,46	2,33
Viterbo	16.604	4,60	538	103	0,62	3,33	2,85
Rieti	8.647	3,15	572	48	0,55	3,14	1,73
Roma	70.372	13,14	167	236	0,34	0,56	4,40
Latina	22.494	9,99	396	57	0,26	1,01	2,54
Frosinone	22.313	6,89	474	42	0,19	0,89	1,30
Lazio	140.430	8,16	246	485	0,35	0,85	2,82
L'Aquila	15.772	3,13	546	41	0,26	1,41	0,81
Teramo	13.013	6,68	434	40	0,31	1,33	2,04
Pescara	8.811	7,19	281	39	0,44	1,24	3,18
Chieti	16.416	6,34	439	29	0,18	0,79	1,14
Abruzzo	54.012	5,00	423	149	0,28	1,17	1,38
Campobasso	12.337	4,24	583	69	0,57	3,28	2,38
Isernia	5.153	3,37	640	11	0,21	1,31	0,69
Molise	17.489	3,94	599	80	0,46	2,74	1,80
Caserta	27.478	10,40	304	130	0,48	1,44	4,93

Provincia / Regione	Suolo Consumato 2022 (ha)	Suolo Consumato 2022 (%)	Suolo Consumato pro capite 2022 (m ² /ab)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)	Consumo di suolo pro capite 2021-2022 (m ² /ab/anno)	Densità consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha/anno)
Benevento	15.134	7,31	571	134	0,89	5,04	6,46
Napoli	40.751	34,71	136	105	0,26	0,35	8,95
Avellino	20.529	7,36	511	79	0,38	1,96	2,82
Salerno	39.128	7,95	368	109	0,28	1,03	2,22
Campania	143.020	10,52	254	557	0,39	0,99	4,09
Foggia	28.037	4,03	468	313	1,13	5,23	4,50
Bari	37.180	9,72	303	136	0,37	1,11	3,56
Taranto	23.646	9,69	422	36	0,15	0,64	1,46
Brindisi	19.903	10,83	522	45	0,22	1,17	2,43
Lecce	39.627	14,36	511	116	0,29	1,49	4,19
Barletta-Andria-Trani	11.065	7,23	291	74	0,67	1,93	4,81
Puglia	159.459	8,24	406	718	0,45	1,83	3,71
Potenza	22.560	3,45	645	47	0,21	1,35	0,72
Matera	9.266	2,69	484	53	0,58	2,77	1,54
Basilicata	31.825	3,19	588	100	0,32	1,85	1,00
Cosenza	29.131	4,38	432	41	0,14	0,60	0,61
Catanzaro	15.679	6,55	456	15	0,10	0,45	0,64
Reggio di Calabria	18.478	5,81	354	11	0,06	0,21	0,35
Crotone	6.503	3,79	398	7	0,11	0,44	0,42
Vibo Valentia	6.660	5,84	439	4	0,06	0,26	0,35
Calabria	76.451	5,07	412	78	0,10	0,42	0,52
Trapani	19.182	7,78	460	62	0,32	1,49	2,52
Palermo	28.466	5,70	235	57	0,20	0,48	1,15
Messina	19.557	6,02	324	21	0,11	0,35	0,64
Agrigento	17.674	5,81	425	67	0,38	1,61	2,20
Caltanissetta	10.218	4,80	406	20	0,20	0,80	0,94
Enna	8.276	3,23	528	69	0,84	4,41	2,70
Catania	28.235	7,95	262	124	0,44	1,15	3,50
Ragusa	16.993	10,52	538	48	0,28	1,51	2,96
Siracusa	19.082	9,04	494	140	0,74	3,62	6,61
Sicilia	167.684	6,52	347	608	0,36	1,26	2,36
Sassari	28.143	3,66	591	234	0,84	4,90	3,04
Nuoro	13.167	2,33	657	52	0,40	2,61	0,93
Cagliari	10.059	8,05	239	178	1,80	4,23	14,26
Oristano	10.646	3,56	702	33	0,31	2,20	1,12
Sud Sardegna	18.566	2,84	551	40	0,21	1,18	0,61
Sardegna	80.582	3,34	508	537	0,67	3,39	2,23
Italia	2.151.437	7,14	364	7076	0,33	1,20	2,35

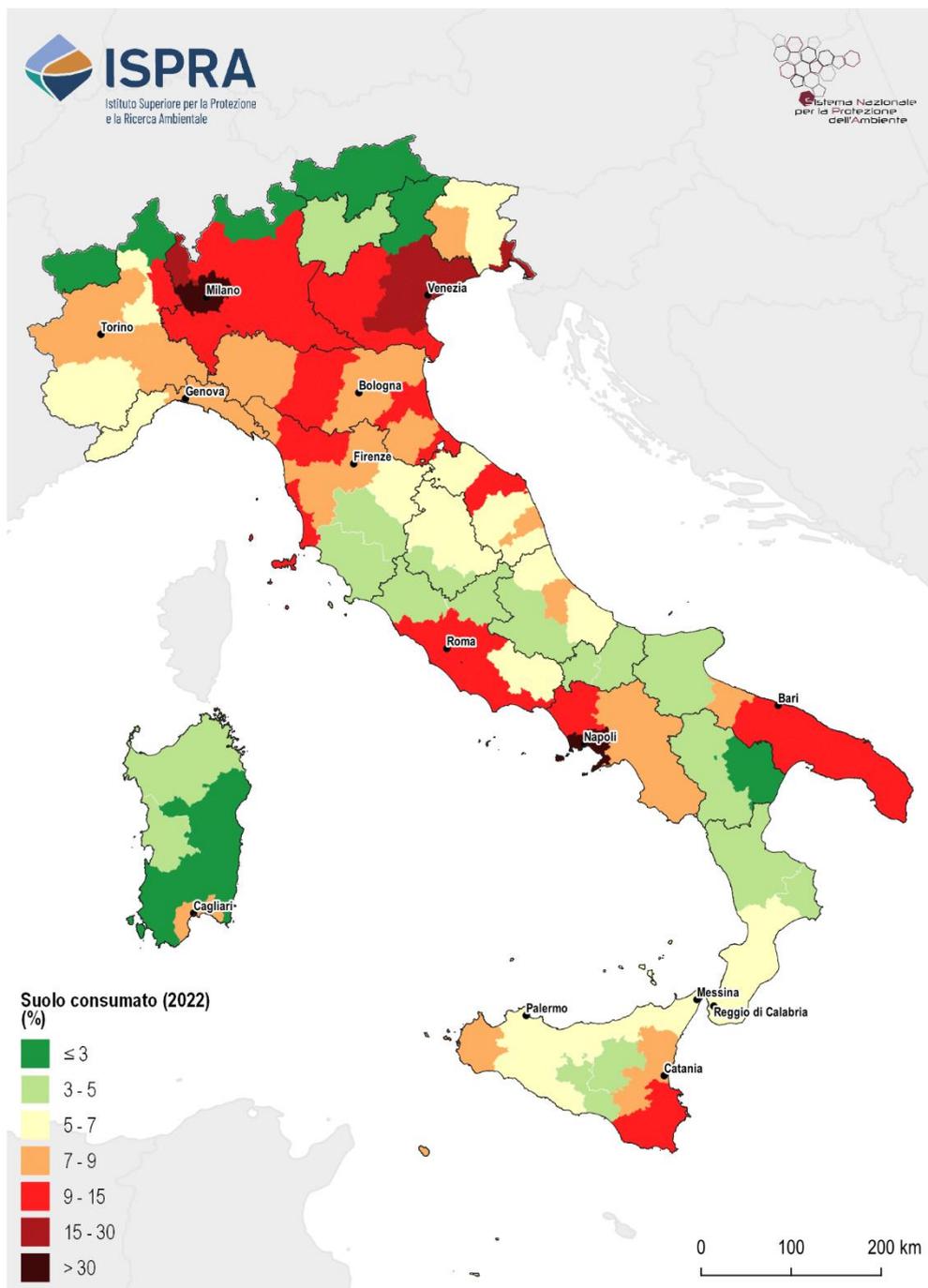


Figura 30. Suolo consumato a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

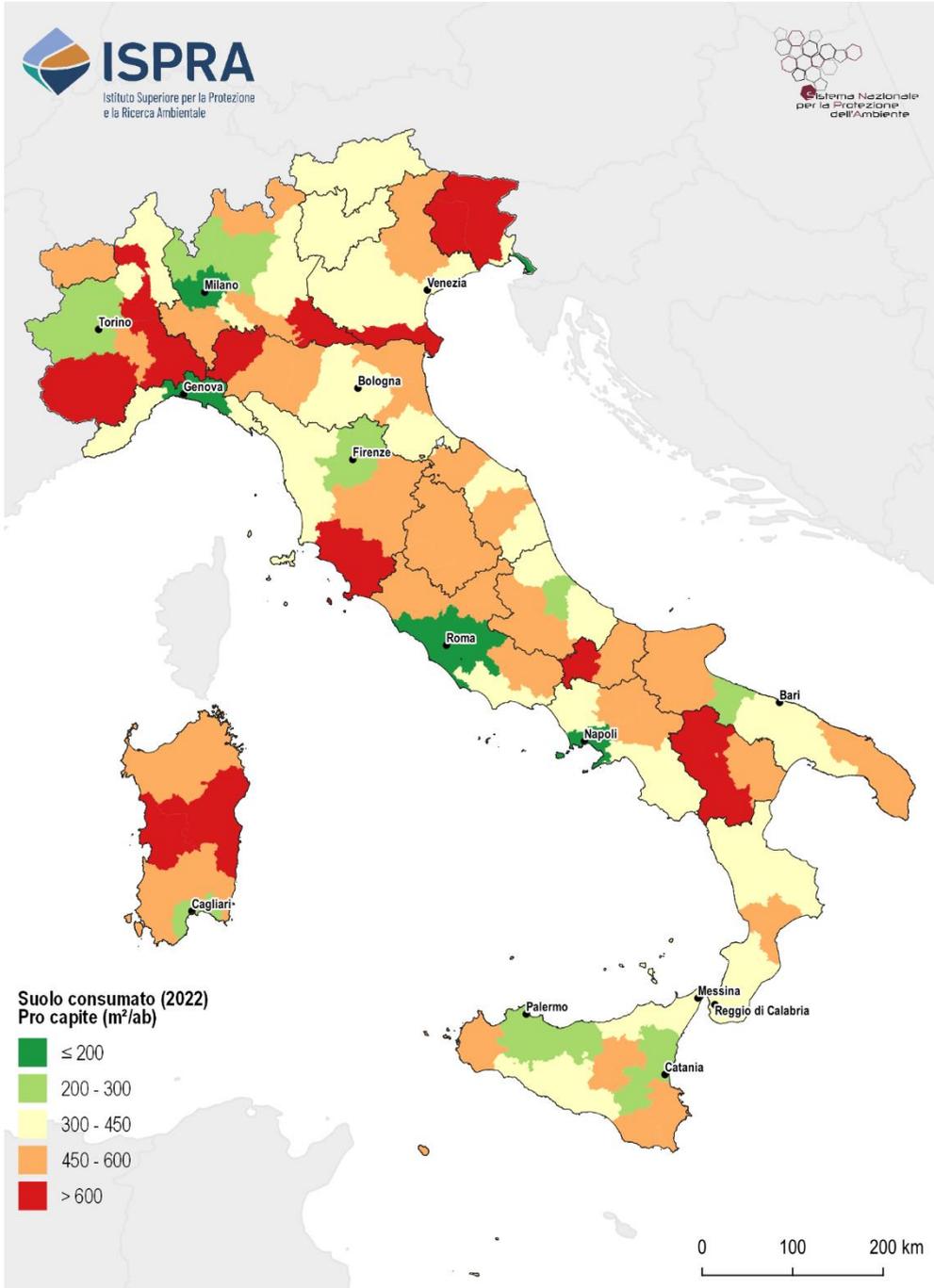


Figura 31. Suolo consumato pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

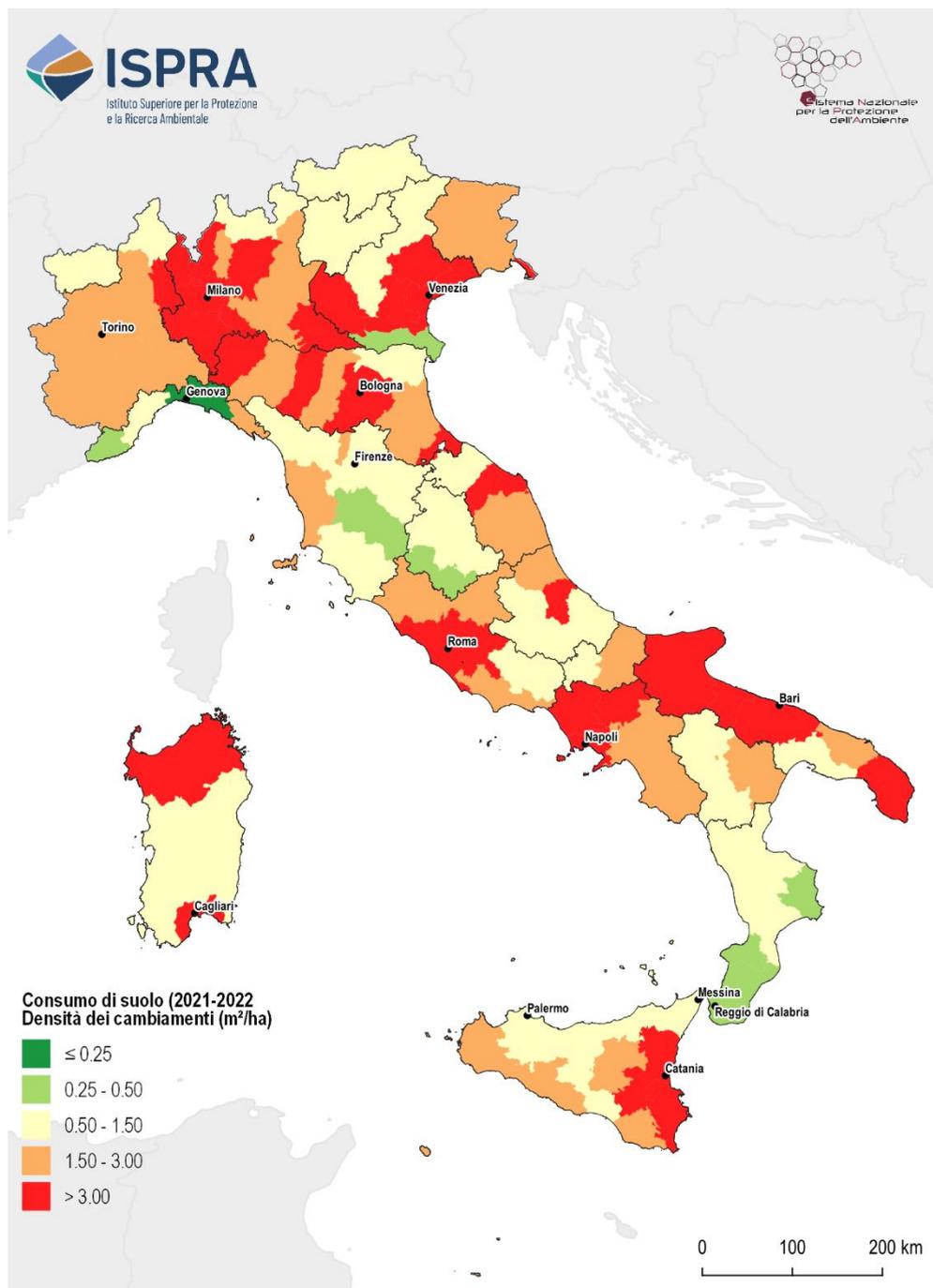


Figura 32. Densità di consumo di suolo netto annuale a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

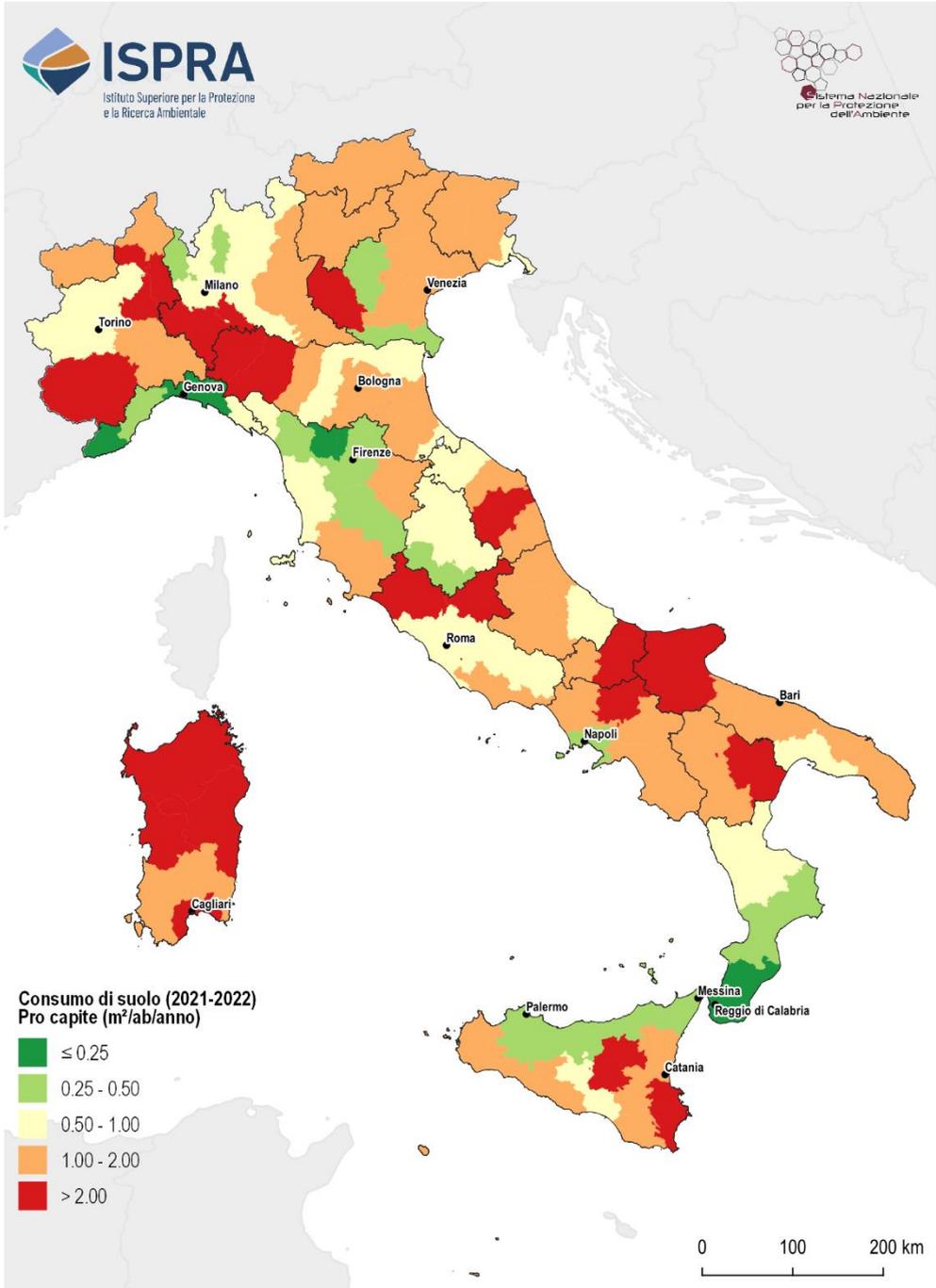


Figura 33. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO COMUNALE

Roma Capitale rimane il comune con il consumo di suolo più elevato anche nel 2022 (Figura 34; Figura 41; Figura 42; Figura 43). Tuttavia, la tendenza alla riduzione che sembrava essersi innescata nel 2021, quest'anno subisce un'inversione di tendenza e la crescita delle superfici artificiali raggiunge livelli mai registrati negli ultimi 16 anni, attestandosi a 124 ettari di nuovo consumo di suolo netto (Tabella 20). Molti dei cambiamenti di estensione maggiore di un ettaro si concentrano nel quadrante Sud-Ovest e sono classificati come aree di cantiere oppure come aree estrattive. In particolare, più del 67% dei nuovi cambiamenti a livello comunale è riconducibile a cantieri

o ad aree sterrate, circa il 17% invece ad aree estrattive; il restante si divide prevalentemente tra aree pavimentate o comunque impermeabili (8%) ed edifici (4%).

Dopo Roma, Uta (in provincia di Cagliari) e Casalpusterlengo (Lodi), sono i comuni dove nell'ultimo anno si è registrato il consumo di suolo più elevato, rispettivamente con 98 e 63 ettari in più. Uta deve la quasi totalità delle sue trasformazioni a un grande impianto fotovoltaico di circa 80 ettari (Figura 35). Casalpusterlengo è invece interessato dai cantieri della S.P.141 che per circa 50 ettari attraversano il territorio comunale (Figura 36).



Figura 34. Un esempio di consumo di suolo nel comune di Roma Capitale (immagini 2021 e 2022)



Figura 35. Impianto fotovoltaico realizzato nel comune di Uta (immagini 2019 e 2022)



Figura 36. Cantieri della S.P.141 nel comune di Casalpusterlengo (immagini 2021 e 2022)

Oltre ai tre comuni appena citati, anche Piacenza e Sassari superano i 50 ettari di nuovo consumo di suolo. A Piacenza (circa 55 ettari) la trasformazione maggiore è dovuta all'ampliamento di un polo logistico, che ha coperto più di 34 ettari tra edifici, aree di pertinenza e aree di cantiere (Figura 38). Sassari invece è caratterizzata da un cambiamento di circa 40 ettari (Figura 39) per l'ampliamento di una cava, su circa 51 ettari totali di cambiamenti dell'intero territorio comunale. Tra i primi 10 comuni dove il consumo è stato maggiore, oltre quelli già citati, troviamo Reggio nell'Emilia (46 ettari), Cerignola (42 ettari), Aidone (41 ettari), Viterbo (40 ettari), Venezia

(37 ettari). Aidone e Viterbo hanno entrambi un grande impianto fotovoltaico, rispettivamente di 40 e di 34 ettari, che giustifica quasi interamente il loro aumento di suolo consumato dell'ultimo anno. A Venezia invece è stato rilevato l'ampliamento di un polo logistico di circa 11 ettari (Figura 37) ma è da sottolineare anche un grande cantiere di quasi 8 ettari per la mitigazione del rischio idrogeologico che sarà probabilmente rinaturalizzato al termine dei lavori.

Oltre a Roma con i suoi 124 ettari in più, Venezia (+37 ettari) e Milano (+26) sono i capoluoghi regionali con valori maggiori (Tabella 20) mentre tra i 10 e i 20 ettari in più ci sono Trento (+17), Palermo (+17), Bologna (+14), Bari (+12), Ancona (+11) e Torino (+11).



Figura 37. Ampliamento di un polo logistico a Venezia (2021, 2022)



Figura 38. Cantieri e nuove costruzioni nel comune di Piacenza (immagini 2021, 2022)



Figura 39. Ampliamento di un'area estrattiva nel comune di Sassari (immagini 2021, 2022)

Tabella 20. Indicatori di consumo di suolo (2021-2022) per i 21 comuni capoluogo di Regione e delle Province autonome. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)	Densità di consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha)
Torino	10,69	0,13	8,21
Aosta	0,79	0,13	3,69
Genova	1,33	0,02	0,55
Milano	26,01	0,24	14,30
Bolzano	0,20	0,01	0,38
Trento	16,88	0,66	10,69
Venezia	37,18	0,52	8,95
Trieste	3,27	0,12	3,85
Bologna	14,23	0,30	10,10
Ancona	11,53	0,53	9,26
Firenze	2,34	0,05	2,29
Perugia	8,06	0,16	1,79
Roma	123,95	0,41	9,64
Napoli	5,19	0,07	4,38
L'Aquila	9,56	0,38	2,02
Campobasso	3,98	0,36	7,13
Bari	12,28	0,25	10,56
Potenza	2,12	0,11	1,22
Catanzaro	7,03	0,33	6,30
Palermo	16,80	0,26	10,49
Cagliari	7,47	0,36	8,82

Il rilevamento delle aree rinaturalizzate nell'ultimo anno evidenzia prevalentemente azioni e processi di ripristino e reinverdimento di aree temporaneamente adibite a cantiere. La rinaturalizzazione più estesa dell'ultimo periodo è senza dubbio il grande parco cittadino in fase di realizzazione a Vicenza (Figura 40), di cui abbiamo parlato lo scorso anno come grande cantiere, e che, appunto, è nella fase di reinverdimento.

In termini di suolo consumato percentuale non ci sono evidenti differenze rispetto allo scorso anno, ma è interessante segnalare la diminuzione dal 33,3% al 32,5% nel territorio comunale di Vicenza, grazie alla rinaturalizzazione del parco di cui sopra e l'aumento di Piacenza che risulta consumata per oltre il 25% della sua superficie.

In Tabella 26 l'indicatore di suolo consumato in percentuale sul territorio comunale è valutato al netto della superficie occupata dai corpi idrici permanenti. La cartografia di dettaglio sulla copertura del suolo elaborata da ISPRA verrà analizzata nel prossimo capitolo, in questo paragrafo è utile notare invece le differenze sostanziali di superficie consumata in percentuale laddove la presenza di corpi idrici quali laghi, lagune e aree umide ha un peso importante nel limitare e indirizzare le trasformazioni urbane verso quei suoli effettivamente consumabili.



Figura 40. Rinaturalizzazione del cantiere per la realizzazione di un parco pubblico a Vicenza (immagini 2020, 2021, 2022)



Figura 41. Esempio di consumo di suolo a Roma (immagini 2021 e 2022)



Figura 42. Esempio di consumo di suolo a Roma (immagini 2021 e 2022)



Figura 43. Esempio di consumo di suolo a Roma (immagini 2021 e 2022)

Tabella 21. Consumo di suolo annuale netto in ettari (incremento 2021-2022) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)
Piemonte	Roddi	32,80
	Novara	27,73
	Tortona	19,26
Valle d'Aosta	Courmayeur	7,54
	Emarèse	3,68
	Torgnon	2,45
Lombardia	Casalpusterlengo	63,33
	Mantova	32,60
	Milano	26,01
Trentino-Alto Adige	Trento	16,88
	Chienes	4,37
	Varna	3,36
Veneto	Venezia	37,18
	Verona	29,66
	Valeggio sul Mincio	22,59
Friuli-Venezia Giulia	Pavia di Udine	9,37
	S. Dorligo della Valle	8,03
	Remanzacco	6,82
Liguria	Sarzana	4,49
	Vado Ligure	4,47
	La Spezia	4,38
Emilia-Romagna	Piacenza	54,92
	Reggio nell'Emilia	46,29
	Parma	26,04
Toscana	Cavriglia	12,67
	Pisa	10,10
	Campi Bisenzio	8,86
Umbria	Perugia	8,06
	Terni	5,81
	Corciano	5,34
Marche	Camerino	17,25
	Falconara Marittima	14,90
	Matelica	13,05
Lazio	Roma	123,95
	Viterbo	40,49
	Montalto di Castro	23,14
Abruzzo	Cepagatti	10,02
	L'Aquila	9,56
	Ortona	7,90
Molise	S. Croce di Magliano	10,16
	Rotello	5,76
	Larino	5,58

Regione	Comune	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)
Campania	Maddaloni	20,24
	Nola	18,01
	Telesse Terme	16,86
Puglia	Cerignola	42,17
	Foggia	29,52
	Lucera	26,04
Basilicata	Ferrandina	22,79
	Lauria	6,96
	Irsina	5,81
Calabria	Montalto Uffugo	15,65
	Trebisacce	12,08
	Gioia Tauro	9,14
Sicilia	Aidone	40,74
	Augusta	24,90
	Catania	23,80
Sardegna	Uta	97,75
	Sassari	51,44
	Alghero	35,94

Tabella 22. Consumo di suolo annuale netto (incremento 2021-2022) a livello comunale (primi 20 comuni con più di 100.000 abitanti).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)
Roma	123,95
Piacenza	54,92
Sassari	51,44
Reggio nell'Emilia	46,29
Venezia	37,18
Verona	29,66
Foggia	29,52
Novara	27,73
Parma	26,04
Milano	26,01
Catania	23,80
Padova	20,74
Ravenna	19,68
Trento	16,88
Palermo	16,80
Forlì	16,33
Siracusa	14,76
Bologna	14,23
Rimini	12,80
Bergamo	12,75

Tabella 23. Suolo consumato in percentuale sulla superficie comunale (2022), primi tre comuni per ogni regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato 2022 (%)
Piemonte	Torino	65,1
	Beinasco	58,4
	Grugliasco	56,8
Valle d'Aosta	Aosta	29,2
	Pont-Saint-Martin	17,7
	Verrè	14,5
Lombardia	Lissone	71,4
	Sesto San Giovanni	68,9
	Lallio	67,1
Trentino-Alto Adige	Lavis	27,1
	Bolzano	26,0
	Merano	22,8
Veneto	Padova	49,8
	Spinea	43,2
	Noventa Padovana	43,2
Friuli-Venezia Giulia	Monfalcone	46,0
	Udine	42,4
	Pordenone	40,7
Liguria	San Lorenzo al Mare	37,2
	Diano Marina	33,3
	Vallecrosia	32,9
Emilia-Romagna	Cattolica	61,8
	Riccione	51,7
	Fiorano Modenese	36,4
Toscana	Forte dei Marmi	46,2
	Firenze	42,0
	Viareggio	38,6
Umbria	Bastia Umbra	25,8
	Corciano	14,8
	Terni	12,7
Marche	S Benedetto del Tronto	37,7
	Porto San Giorgio	36,9
	Gabicce Mare	32,6
Lazio	Ciampino	42,6
	Anzio	35,0
	Frosinone	29,6
Abruzzo	Pescara	51,5
	Montesilvano	34,3
	San Salvo	33,6
Molise	Campobasso	20,0
	Termoli	18,0

Regione	Comune	Suolo consumato 2022 (%)
Campania	Isernia	8,7
	Casavatore	91,4
	Arzano	83,5
	Melito di Napoli	81,3
Puglia	Bari	43,2
	Modugno	42,0
	Aradeo	28,5
Basilicata	Potenza	10,8
	Melfi	8,6
	Policoro	8,5
Calabria	Tropea	35,2
	Villa San Giovanni	27,9
	Soverato	27,3
Sicilia	Isola delle Femmine	54,0
	Gravina di Catania	50,8
	Villabate	48,7
Sardegna	Monerrato	41,7
	Elmas	31,6
	Cagliari	24,9

Tabella 24. Suolo consumato in percentuale sulla superficie comunale (2022), primi 30 comuni con più di 100.000 abitanti. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Suolo consumato 2022 (%)
Torino	65,1
Napoli	63,4
Milano	58,7
Pescara	51,5
Padova	49,8
Monza	49,4
Bergamo	44,9
Brescia	44,1
Bari	43,2
Firenze	42,0
Palermo	39,8
Salerno	34,4
Bologna	33,9
Prato	33,3
Vicenza	32,5
Trieste	32,5
Catania	29,0
Verona	28,4
Livorno	27,6

Rimini	27,3
Giugliano in Campania	26,3
Bolzano	26,0
Piacenza	25,3
Modena	25,2
Cagliari	24,9
Genova	23,7
Roma	23,6
Taranto	21,6
Parma	21,5
Reggio nell'Emilia	21,2

Tabella 25. Suolo consumato in ettari (2022) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato 2022 (ha)
Piemonte	Torino	8.472
	Alessandria	3.201
	Novara	2.163
Valle d'Aosta	Aosta	625
	Quart	233
	Courmayeur	214
Lombardia	Milano	10.668
	Brescia	3.990
	Cremona	1.975
Trentino-Alto Adige	Trento	2.586
	Bolzano	1.361
	Rovereto	875
Veneto	Venezia	7.130
	Verona	5.659
	Padova	4.627
Friuli-Venezia Giulia	Trieste	2.756
	Udine	2.423
	Pordenone	1.553
Liguria	Genova	5.705
	La Spezia	1.456
	Sanremo	1.041
Emilia-Romagna	Ravenna	7.130
	Parma	5.595
	Ferrara	5.056
Toscana	Firenze	4.298
	Arezzo	3.277
	Prato	3.242
Umbria	Perugia	5.090
	Terni	2.686

Marche	Città di Castello	2.187
	Pesaro	2.482
	Ancona	2.177
Lazio	Fano	2.177
	Roma	30.394
	Latina	4.256
Abruzzo	Fiumicino	3.008
	L'Aquila	2.553
	Pescara	1.762
Molise	Teramo	1.517
	Campobasso	1.119
	Termoli	999
Campania	Isernia	596
	Napoli	7.509
	Giugliano in Campania	2.480
Puglia	Salerno	2.050
	Taranto	5.339
	Bari	5.024
Basilicata	Brindisi	4.664
	Matera	2.197
	Potenza	1.873
Calabria	Melfi	1.770
	Reggio di Calabria	3.394
	Corigliano-Rossano	2.718
Sicilia	Lamezia Terme	2.384
	Palermo	6.374
	Catania	5.264
Sardegna	Ragusa	3.786
	Sassari	4.115
	Olbia	2.914
	Cagliari	2.094

Tabella 26. Suolo consumato in percentuale sul territorio comunale al netto dei corpi idrici (2022). Primi tre comuni per ogni regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Comune	Suolo consumato al netto dei corpi idrici 2022 (%)
Piemonte	Torino	66,6
	Beinasco	59,0
	Grugliasco	56,8
Valle d'Aosta	Aosta	29,5
	Pont-Saint-Martin	18,0
	Verrès	15,0
Lombardia	Lissone	71,4

	Sesto San Giovanni	69,4
	Lallio	67,1
Trentino-Alto Adige	Lavis	28,2
	Bolzano	26,6
	Merano	23,0
Veneto	Padova	50,6
	Noventa Padovana	44,8
	Spinea	43,3
Friuli-Venezia Giulia	Monfalcone	47,5
	Udine	42,8
	Pordenone	41,3
Liguria	S. Lorenzo al Mare	38,1
	Diano Marina	33,5
	Vallecrosia	33,2
Emilia-Romagna	Cattolica	62,4
	Riccione	52,0
	Fiorano Modenese	36,4
Toscana	Forte dei Marmi	46,3
	Firenze	42,6
	Viareggio	40,7
Umbria	Bastia Umbra	25,9
	Corciano	14,8
	Terni	12,8
Marche	San Benedetto del Tronto	37,9
	Porto San Giorgio	37,1
	Gabicce Mare	32,8
Lazio	Ciampino	42,6
	Anzio	35,1
	Frosinone	29,7
Abruzzo	Pescara	52,0
	Montesilvano	34,5
	San Salvo	33,8
Molise	Campobasso	20,0
	Termoli	18,2
	Isernia	8,7

Campania	Casavatore	91,4
	Arzano	83,5
	Melito di Napoli	81,3
Puglia	Bari	43,3
	Modugno	42,0
	Aradeo	28,5
Basilicata	Potenza	10,8
	Melfi	8,7
	Policoro	8,7
Calabria	Tropea	36,0
	Villa San Giovanni	28,2
	Soverato	27,7
Sicilia	Isola delle Femmine	54,6
	Gravina di Catania	50,8
	Villabate	48,7
Sardegna	Mon serrato	41,7
	Cagliari	39,7
	Elmas	32,4

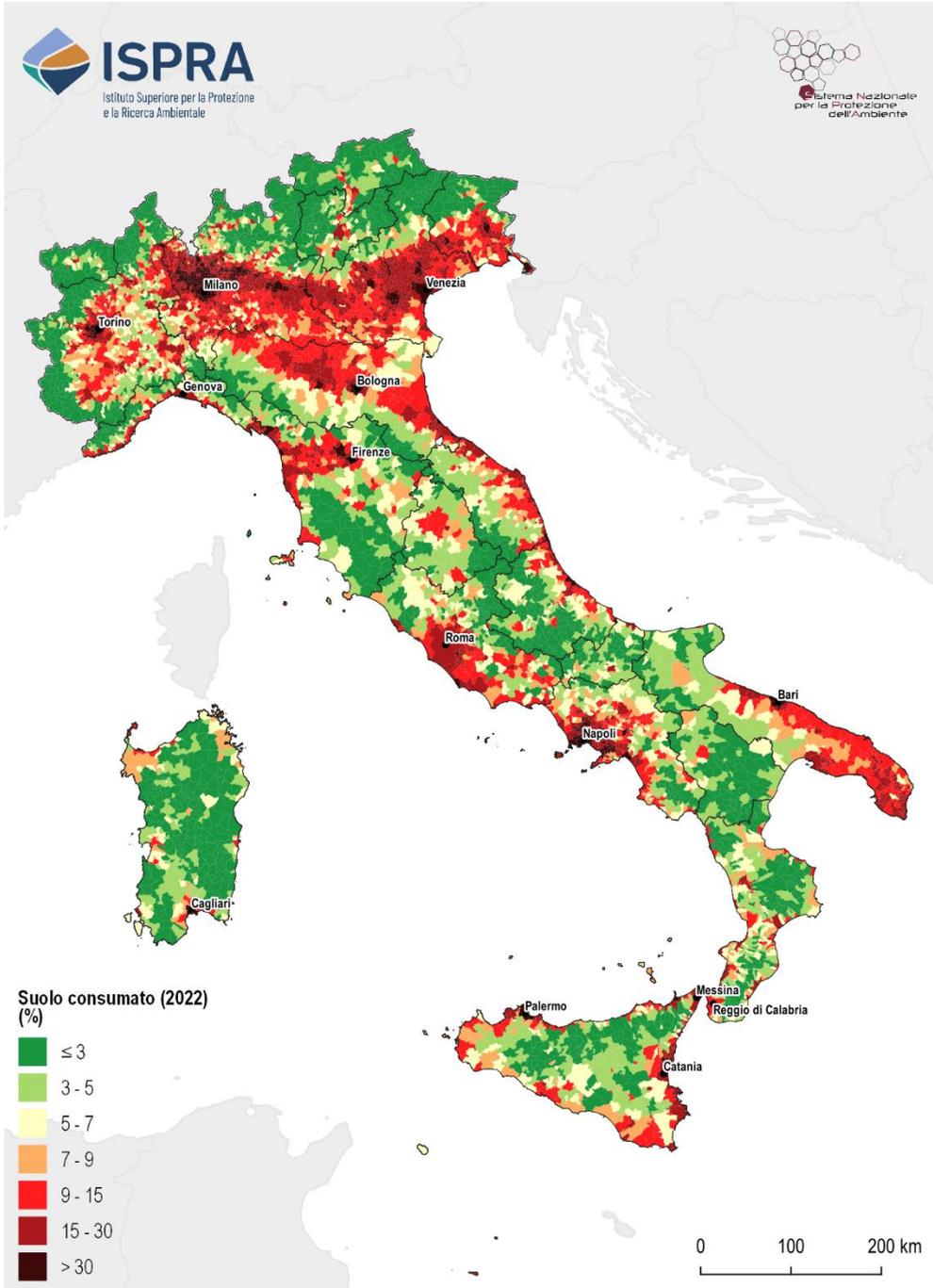


Figura 44. Suolo consumato a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

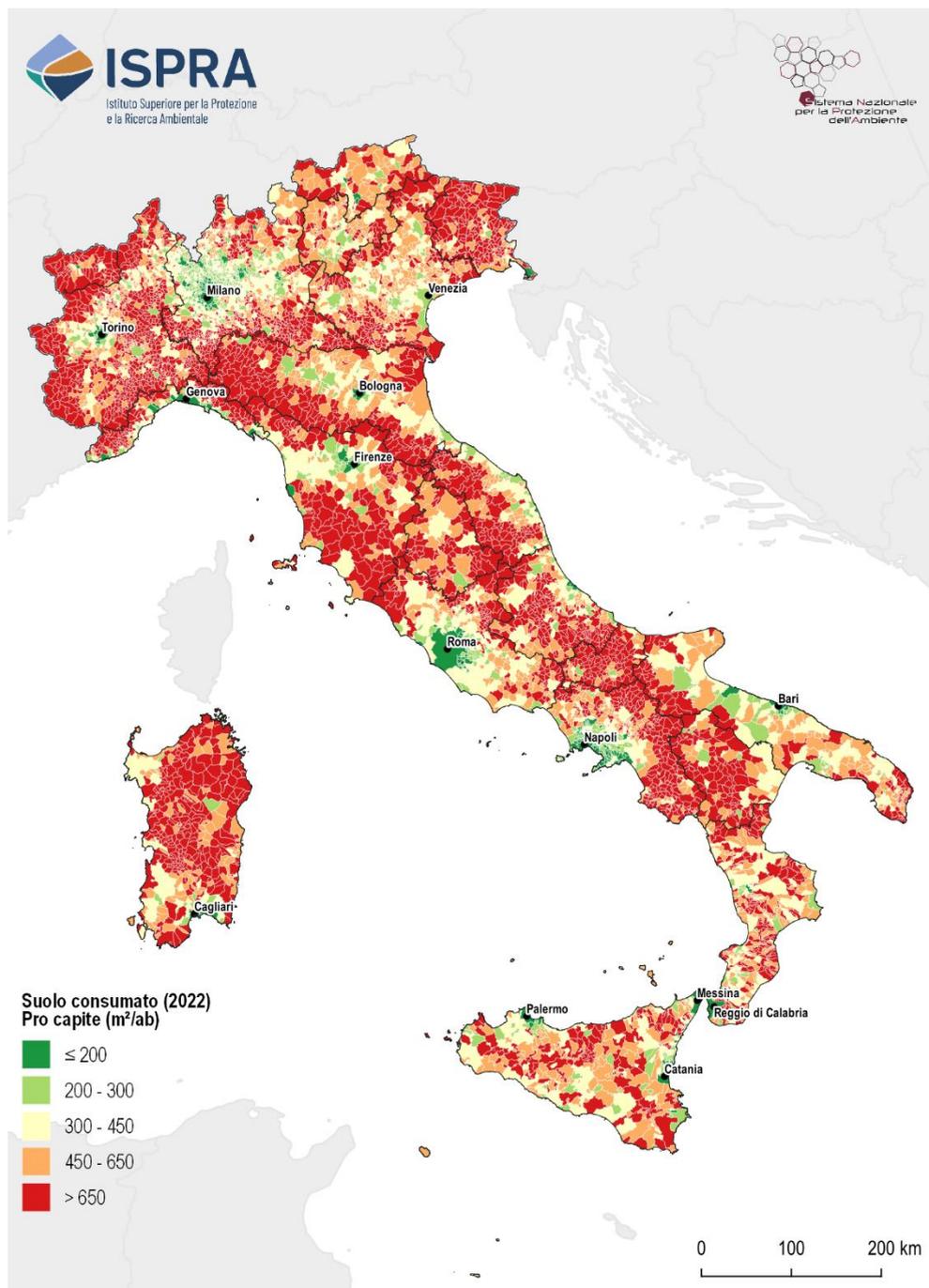


Figura 45. Suolo consumato pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

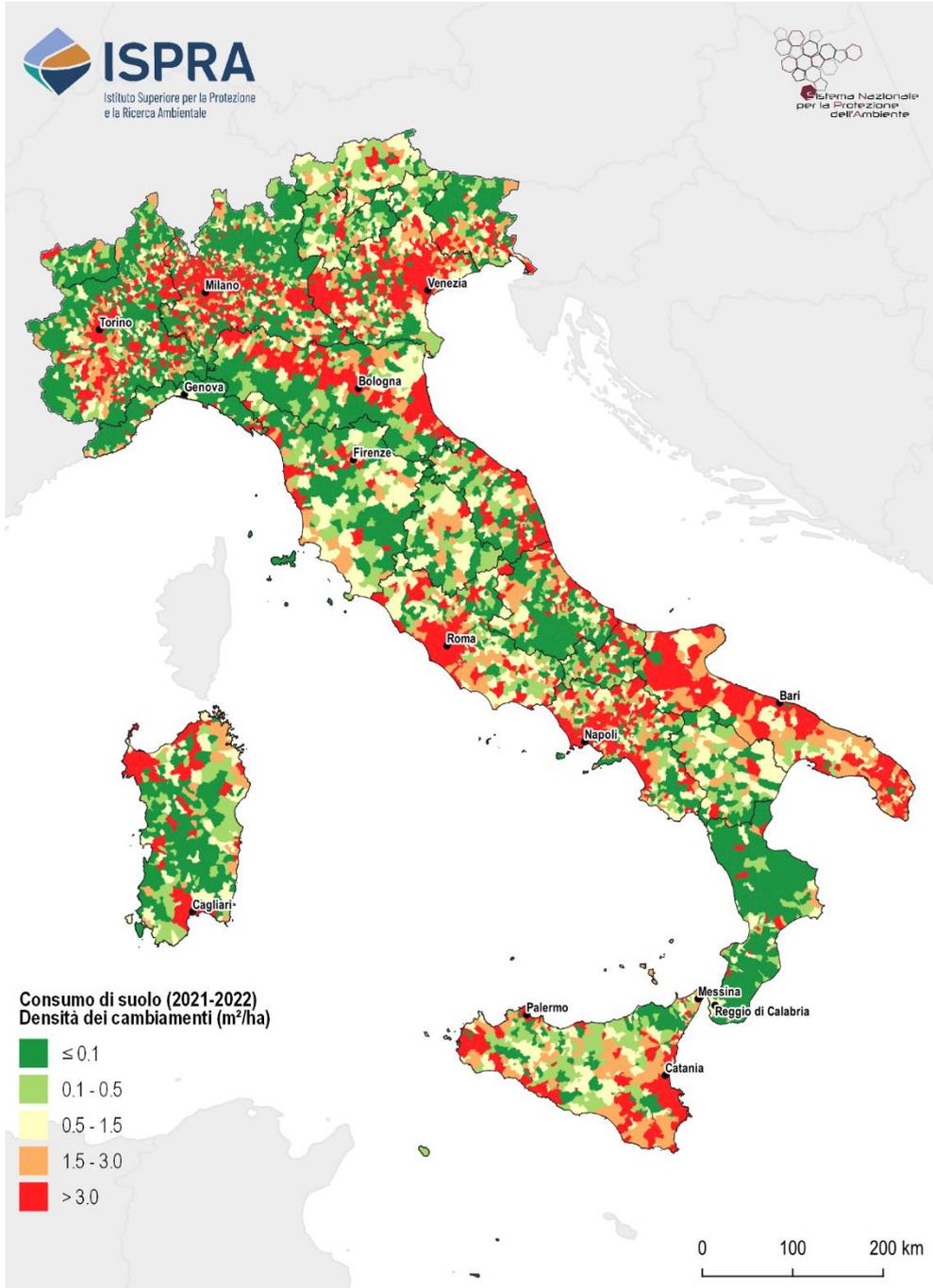


Figura 46. Densità del consumo di suolo annuale netto a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

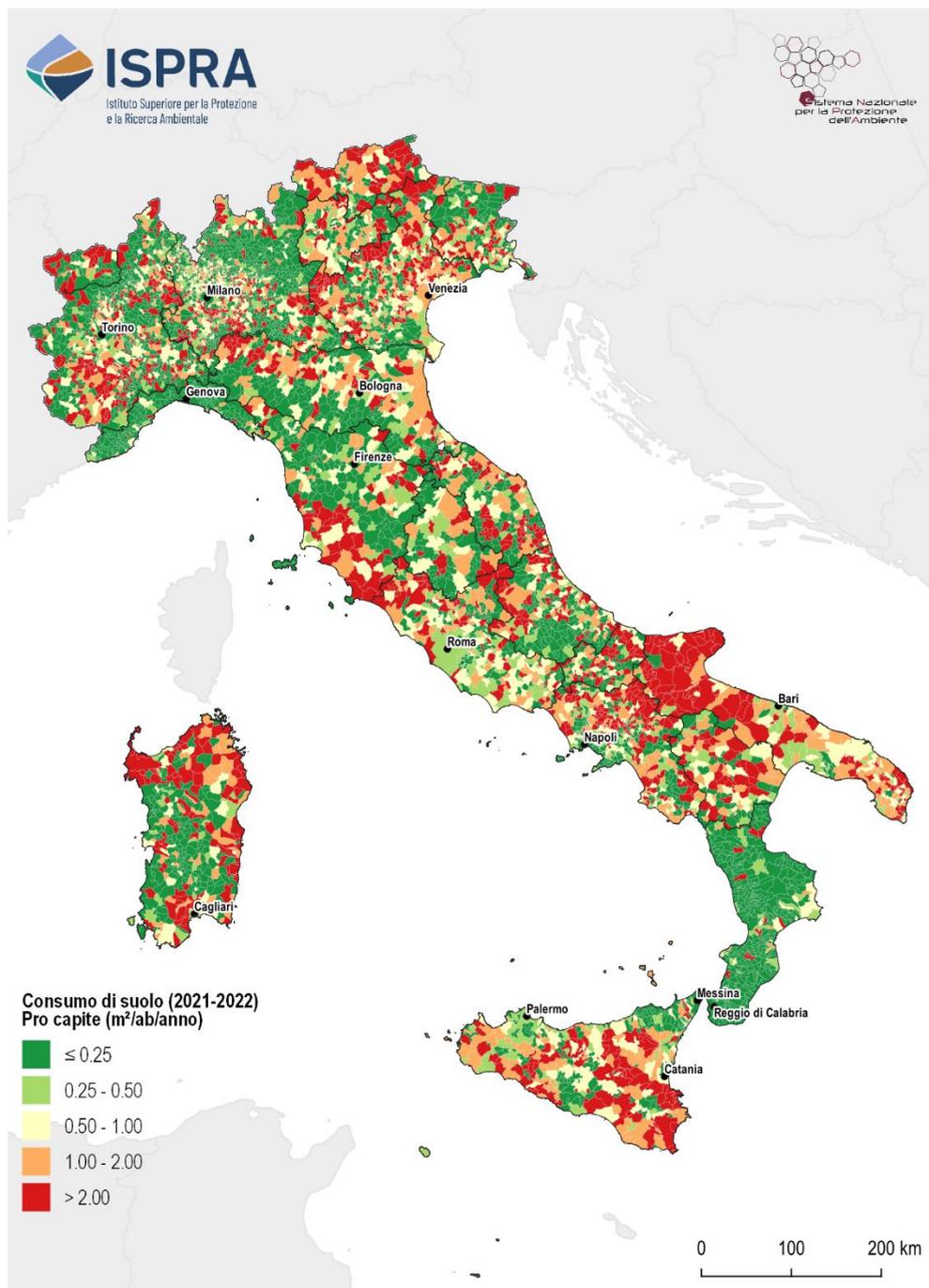
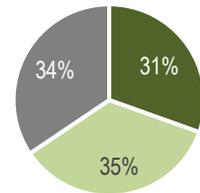


Figura 47. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il termine di *land use efficiency* viene adoperato dall'Agencia Europea dell'Ambiente per indicare l'utilizzo delle superfici artificiali nelle aree funzionali urbane (FUA) in rapporto al numero di abitanti e viene quantificato attraverso l'indicatore suolo consumato pro capite (EEA, 2021). Lo stesso è anche utilizzato per il calcolo dell'SDG 11.3.1 ed è infatti in tale contesto che il *land use efficiency* viene analizzato, anche per valutare il ruolo della presenza (o assenza) di aree verdi urbane che non sono considerate aree artificiali (EEA, 2021). Bassi valori di *land use efficiency* indicano che poche persone utilizzano vaste aree artificiali, come nel caso di aree a bassa densità. Al contrario, alti valori di *land use efficiency* indicano che una superficie limitata di aree artificiali è utilizzata da un elevato numero di abitanti, come nelle aree densamente urbanizzate delle grandi città. Analogamente a quanto presentato nel rapporto dell'Agencia Europea dell'Ambiente, vengono qui riportate alcune analisi sull'indicatore suolo consumato pro capite effettuate a scala comunale considerando le tre classi di comuni individuate dal numero degli abitanti (piccoli⁵³, con popolazione inferiore ai 10.000 abitanti; medi, tra 10.000 e 50.000 abitanti; grandi, con più di 50.000 abitanti).

La Figura 48 mostra come i circa 60 milioni di abitanti siano distribuiti in maniera abbastanza omogenea nelle tre classi di comuni; infatti, il 31% della popolazione risiede nei comuni piccoli, il 35% nei comuni medi e il 34% nei comuni grandi. Tuttavia, i piccoli rappresentano l'85%

del totale dei comuni italiani e coprono il 71% della superficie territoriale del Paese.



■ comuni piccoli ■ comuni medi ■ comuni grandi

Figura 48. Distribuzione percentuale della popolazione nelle tre classi di comuni nel 2022

Dalla lettura del suolo consumato pro capite rappresentato nella Figura 49 si può osservare il trend del *land use efficiency* dal 2006 al 2022. Nei piccoli comuni, già dal 2006 si riscontrano valori sempre superiori ai 540 m²/ab di consumo di suolo pro capite, quindi valori bassi di *land use efficiency* con un trend negativo al 2022 (oltre 580 m²/ab). Anche i comuni medi e grandi presentano un peggioramento nella *land use efficiency* dal 2006 al 2022 ma con aumenti inferiori di consumo di suolo pro capite. Tra tutti, i comuni grandi presentano i valori più bassi di suolo consumato pro capite, comunque in continua crescita, che vanno dai 185 m²/ab del 2006 ai 195 m²/ab nel 2022.

⁵³ La definizione di "piccoli comuni", per facilità di analisi e di lettura dei dati, qui si discosta da quella riportata nella L. 158/2017: "per piccoli Comuni si intendono i Comuni con popolazione residente fino a

5.000 abitanti nonché i Comuni istituiti a seguito di fusione tra Comuni aventi ciascuno popolazione fino a 5.000 abitanti".

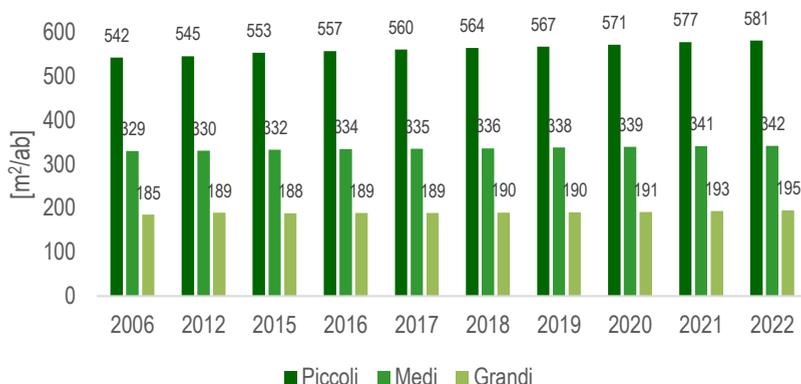


Figura 49. Suolo consumato pro capite nelle tre classi di comuni dal 2006 al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il **consumo marginale di suolo** è stato elaborato a livello comunale e con riferimento alla fascia demografica (Figura 50) e alla tipologia dei comuni così come considerati nella Strategia Nazionale Aree Interne (Figura 51). In assoluto il valore dell'indicatore assume il valore massimo per il comune di Siracusa, nel quale a fronte di due soli abitanti in più sono stati consumati 15 ettari. Sono 1.992 i comuni che hanno valori positivi, mentre quelli in cui il consumo di suolo aumenta anche quando la popolazione diminuisce sono 3.073. I casi di ripristino del suolo a fronte di una crescita di popolazione è un'evenienza registrata quest'anno per 66 comuni.

Limitando l'analisi ai comuni nei quali la popolazione è cresciuta, il picco più elevato di consumo marginale di suolo si registra nella fascia di popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti, interessante notare come i valori sotto la media nazionale siano quelli delle fasce demografiche sopra i 50 mila abitanti e i piccoli comuni sotto i 5000. Complessivamente il maggior contributo al consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 è dato dai comuni con popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti (Figura 50).

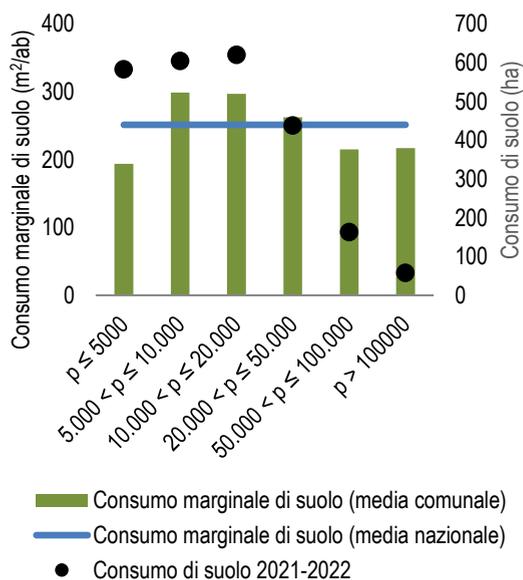


Figura 50. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2021 e il 2022, per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Analizzando l'andamento del consumo marginale di suolo per tipologia di comune, limitandoci anche in questa analisi ai comuni con variazione demografica positiva (circa il 36% dei comuni in Italia e il 29% del territorio nazionale), si nota, che i valori più elevati dell'indicatore

registrati tra il 2021 e il 2022, si rilevano nei comuni intermedi, periferici e di cintura, mentre la tipologia di polo intercomunale mostra il consumo marginale di suolo minore. Considerando il contributo complessivo delle diverse tipologie di comuni al consumo di suolo tra il 2021 e il 2022, il valore più elevato si ha nei poli che contribuiscono con 475 ettari al consumo di suolo complessivo dei comuni con popolazione crescente. Da segnalare la differenza di andamento con l'ultima rilevazione che attribuita invece ai comuni periferici il maggior peso nel complessivo di questa analisi specifica (Figura 51).

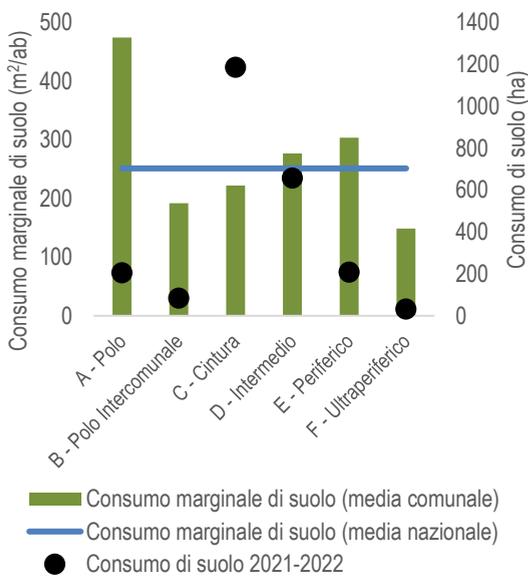


Figura 51. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2021 e il 2022, per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

L'analisi sui capoluoghi di regione è stata approfondita valutandone sia la densità di consumo di suolo (Figura 52), sia il consumo marginale (Figura 53). Il valore più alto di densità di consumo si registra a Milano, con circa 14,3 m² di nuovo suolo consumato per ettaro di superficie. Gli ettari consumati a Milano nell'ultimo anno sono stati poco più di 26, pesano in questo caso le dimensioni relativamente contenute del territorio comunale. Le città che presentano il valore più basso di densità sono Bolzano e Genova con valori inferiori al metro quadro per ettaro. Roma, che è la città che presenta il maggior numero di ettari di consumo di suolo (124) mostra un valore di densità di circa 9,6 m²/ha in crescita di più di due metri quadrati per ettaro rispetto allo scorso anno.

Considerando il consumo marginale (Figura 53), Campobasso è il capoluogo che presenta il valore più alto (circa 765 m²/ab), avendo consumato, nell'ultimo anno, 4 ettari di suolo e avendo avuto un aumento contestuale di popolazione di 52 abitanti. Il valore più basso di consumo marginale lo fa registrare L'Aquila (-688 m²/ab), che ha consumato poco meno di 10 ettari a fronte di una perdita di 139 abitanti nell'ultimo anno. Solamente Campobasso presenta un valore di questo indicatore positivo, a testimonianza di processi di recessione demografica anche in contesti medio grandi.

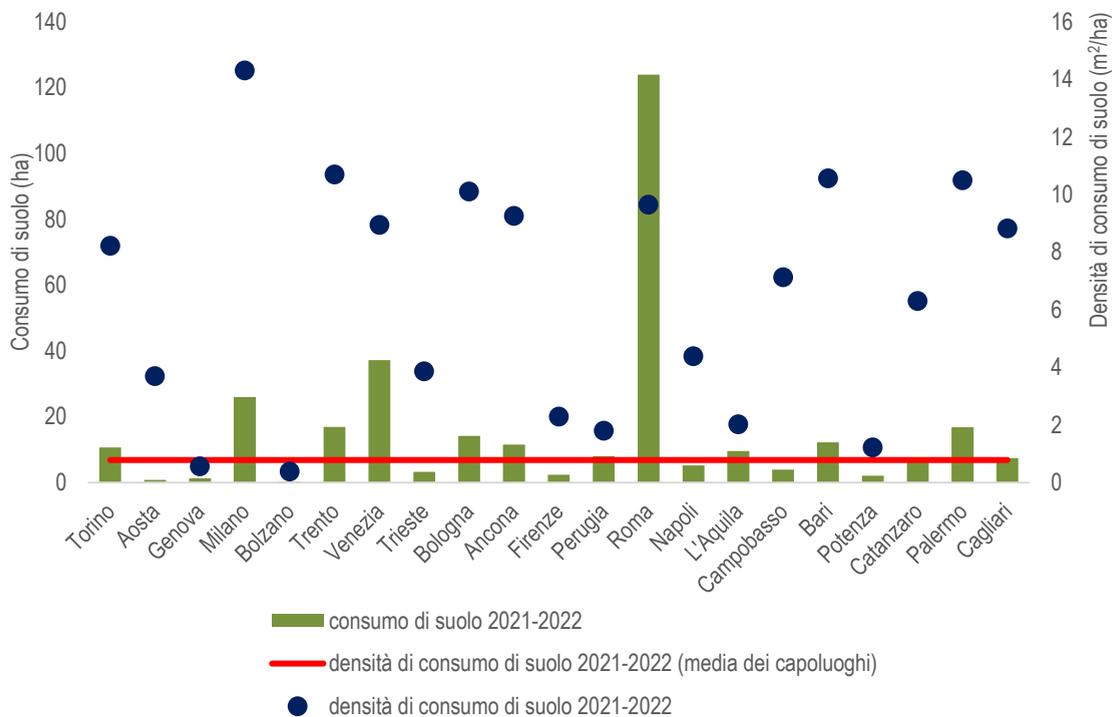


Figura 52. Consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro nei capoluoghi di Regione e Province autonome. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

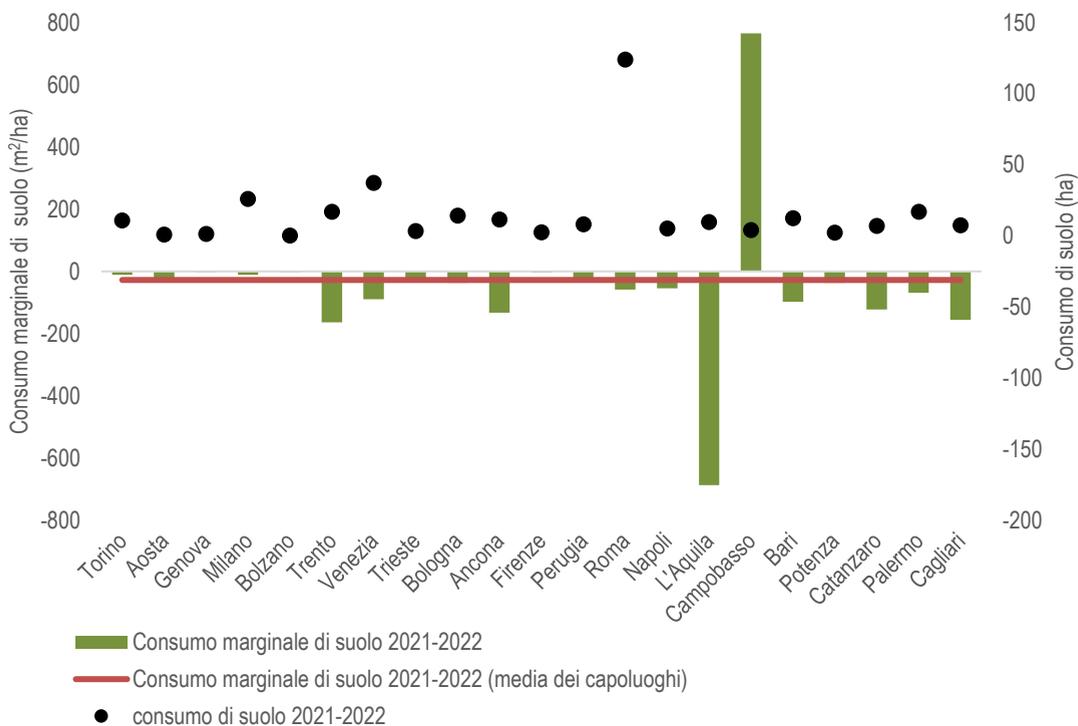


Figura 53. Consumo marginale di suolo per i capoluoghi di regione tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

Analizzando la perifericità dei comuni, si evidenzia che quelli di cintura, indipendentemente dalla loro dimensione demografica, sono sede di oltre il 42% del consumo di suolo nazionale (Figura 55).

La densità dei cambiamenti, ovvero il consumo di suolo rapportato alla superficie territoriale, è inferiore alla media nazionale solo nei comuni di cintura e raggiunge il suo massimo nei poli e il minimo dei comuni ultraperiferici.

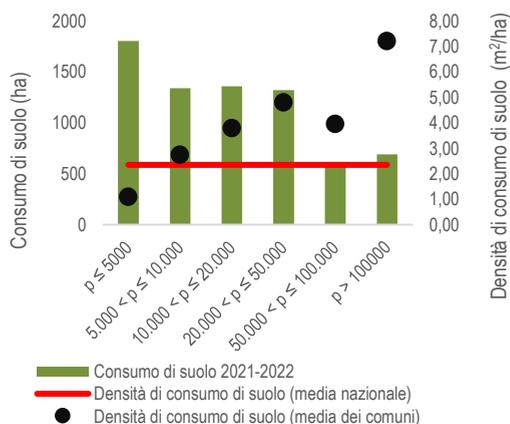
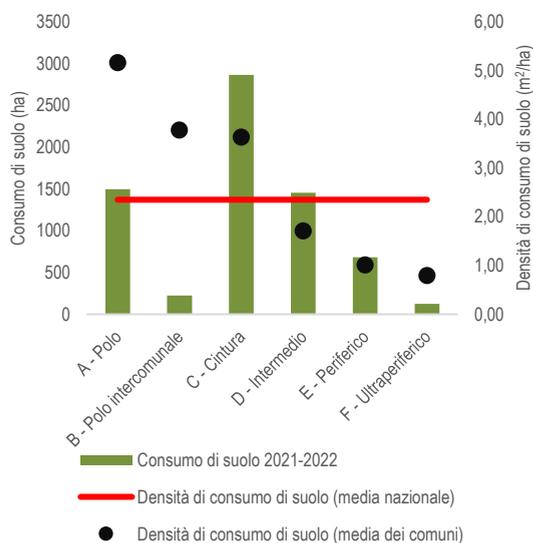


Figura 54. Consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA



Un'ultima categorizzazione dei comuni è stata fatta considerando la **variazione demografica** fra la popolazione residente relativa al 1° gennaio 2021 e quella al 1° gennaio 2022. Le variazioni percentuali sono state raggruppate in 5 classi, la classe che rappresenta la stabilità demografica, con variazioni relativamente contenute ($-0,5 \leq p < 0,5$) contiene l'apporto maggiore di consumo di suolo con oltre 3,4 mila ettari (Tabella 27).

Figura 55. Consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

Tabella 27. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale netto (ettari 2021-2022), densità di consumo di suolo annuale netto (m^2/ha 2021-2022) e consumo marginale ($m^2/nuovi\ abitanti\ 2021-2022$) per classe di variazioni demografiche. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Classi di variazione demografica (%)	Numero di comuni	Suolo consumato (km^2)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m^2/ha)	Consumo marginale (m^2/ab)
$p < -1$	2.100	3.737	1.072	1,35	-68
$-1 \leq p < -0,5$	1.233	4.436	1.406	2,40	-133
$-0,5 \leq p < 0,5$	2.911	10.310	3.432	2,87	-1.886
$0,5 \leq p < 1$	728	1.639	593	2,79	207
$p \geq 1$	929	1.393	573	2,52	124

I “COMUNI RISPARMIA SUOLO”

A partire dalla scorsa edizione del rapporto viene proposta una valutazione delle dinamiche insediative a livello comunale, basata sull'individuazione dei comuni nei quali le trasformazioni di copertura del suolo riconducibili alla nuova artificializzazione sono limitate o assenti.

L'analisi si articola in una prima attività di selezione dei comuni idonei, cui fa seguito l'elaborazione della graduatoria.

La fase di selezione ha lo scopo di individuare i comuni da inserire in graduatoria, escludendo quelli in cui le dinamiche insediative sono condizionate da variabili demografiche (significativo calo demografico) o dalla composizione del territorio (presenza di ampie porzioni del territorio comunale già artificializzate); in questo senso è stato definito il set di parametri e soglie di Tabella 28.

Tabella 28. Parametri e soglie considerati per la selezione dei comuni inclusi nella classifica dei “comuni risparmia suolo”. I comuni nei quali le cinque condizioni risultano verificate sono stati considerati per l'elaborazione della graduatoria finale

	Parametro	Soglia
1	Consumo di suolo netto annuale (2021-2022) Comuni grandi Comuni medi Comuni piccoli	$\leq 1,0$ ha $\leq 0,5$ ha $\leq 0,0$ ha
2	Consumo di suolo netto annuale medio (2006-2022)	≤ 3 ha
3	Suolo consumato al netto dei corpi idrici (2022)	$\leq 50\%$
4	Variazione di popolazione (2006-2022)	$\geq -10\%$
5	SDG 11.3.1	≤ 1

In dettaglio, le prime due condizioni analizzano le dinamiche insediative nel breve periodo (con riferimento all'ultimo anno, regola 1) e rispetto a tutto il periodo monitorato (2006-2022, regola 2), mentre la terza permette

di escludere comuni dove le dinamiche insediative possono essere limitate dall'elevato grado di artificializzazione del territorio. La quarta e la quinta condizione prendono in considerazione le dinamiche demografiche escludendo, rispettivamente, i comuni dove si è verificata un'eccessiva riduzione di popolazione e quelli dove l'aumento di consumato non è accompagnato da un sufficiente incremento di popolazione.

L'analisi è stata svolta suddividendo i comuni in 3 categorie sulla base della dimensione demografica, secondo il dato ISTAT della popolazione residente per il 2022, distinguendo comuni piccoli (con popolazione inferiore ai 10.000 abitanti), comuni medi (popolazione compresa tra 10.000 e 50.000 abitanti) e comuni grandi (con popolazione maggiore di 50.000 abitanti).

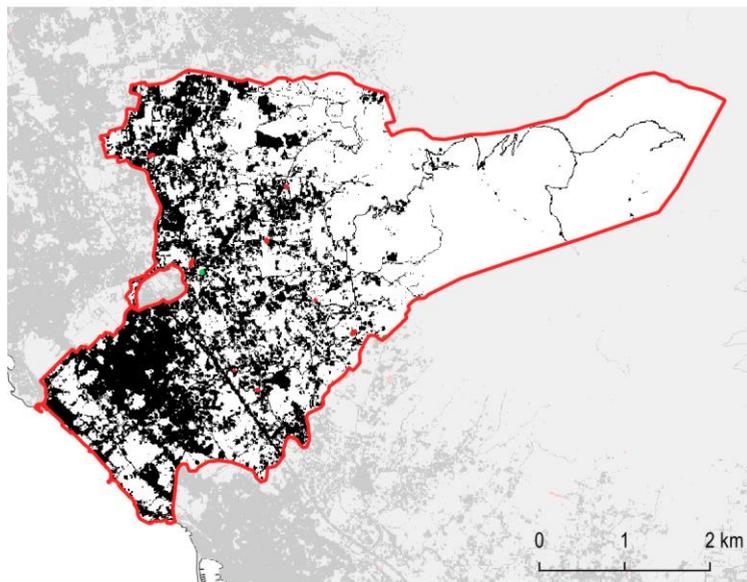
A partire dai comuni che verificano le condizioni indicate in Tabella 28, è stato individuato quello con il minore consumo di suolo lordo per il periodo 2019-2022 per ciascuna delle tre categorie (Tabella 29).

Tabella 29. Comuni “risparmia suolo” 2023, individuati sulla base dei valori di consumo di suolo lordo per il periodo 2019-2022

Categoria	Comune
Comuni grandi (>50.000 ab.)	Ercolano (Città metropolitana di Napoli)
Comuni medi (10.000≤ab.≤50.000)	Montale (Provincia di Pistoia)
Comuni piccoli (<10.000 ab.)	San Martino Siccomario (Provincia di Pavia)

Considerando solo i comuni capoluogo delle 14 città metropolitane, i valori di consumo di suolo netto inferiore registrati nell'ultimo anno si riscontrano a Genova, Reggio Calabria e Firenze (tra 1,3 e 2,3 ettari).

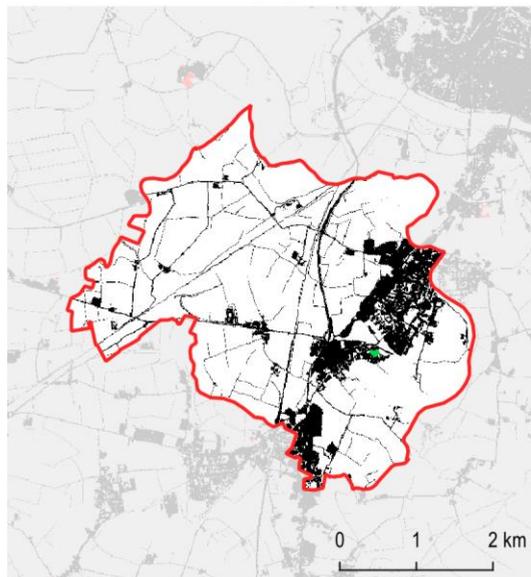
Ercolano (NA)



- Suolo consumato (2022)
- Rinaturalizzazioni (2019-2022)
- Consumo di suolo (2019-2022)



San Martino Siccomario (PV)



Montale (PT)

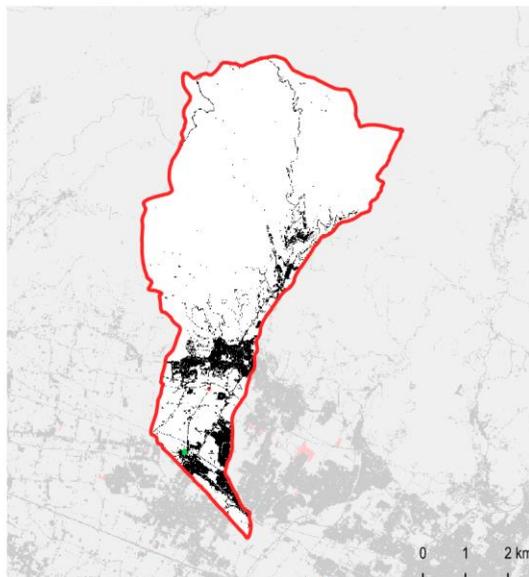


Figura 56. I comuni di Ercolano, Montale e San Martino Siccomario che hanno riportato la migliore valutazione in termini di consumo di suolo tra i comuni grandi, medi e piccoli

STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

USO E COPERTURA DEL SUOLO

Uso e copertura del suolo sono due ambiti estremamente correlati nell'analisi dei fenomeni e dei processi che caratterizzano l'evoluzione del territorio. Queste trasformazioni hanno conseguenze sostanziali sul benessere dell'uomo e sullo stato dell'ambiente a livello globale, regionale e locale, è quindi necessario lo sviluppo di strumenti di supporto al monitoraggio in grado di sostenere in modo organico la definizione e l'implementazione di adeguate politiche di governo e gestione sostenibile del territorio. In questo senso, sebbene alcune dinamiche, come il consumo di suolo, siano ben conosciute, nel nostro Paese è storicamente limitata la disponibilità di un sistema di monitoraggio e di valutazione integrata dello stato e delle dinamiche evolutive della copertura del suolo e del suo utilizzo. D'altro canto, la crescente necessità di informazioni ad alta risoluzione spaziale temporale e tematica, indispensabili per la descrizione delle complesse dinamiche territoriali contemporanee, ha portato alla creazione di numerosi prodotti indipendenti tra loro, a livello globale, europeo, nazionale e locale, caratterizzati da sistemi di classificazione specifici, diverso livello di dettaglio geometrico e basati su diverse relazioni tra uso e copertura del suolo.

Le analisi riportate in questo paragrafo hanno lo scopo di illustrare i principali strati di uso e copertura del suolo disponibili per il territorio nazionale, con particolare riferimento ai dati del Programma Copernicus, e di descrivere le attività e i prodotti proposti da ISPRA in questo ambito.

Il Copernicus Land Monitoring Service

A livello europeo (sia per gli Stati membri dell'Unione Europea che per gli Stati non afferenti all'UE) i principali strumenti per la descrizione dell'uso e della copertura del suolo afferiscono al Servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus (*Copernicus Land Monito-*

ring Service - CLMS). Il CLMS offre informazioni geografiche sul suolo e su numerose variabili ad esso correlate, raccolte e organizzate secondo criteri che ne consentono e ne agevolino la comparazione e l'intercambio.

All'interno del CLMS i dati spaziali vengono suddivisi in tre componenti, definite "Globale", "Pan-Europea" e "Locale", in funzione dell'estensione degli ambiti territoriali di riferimento dei dati stessi. Con particolare riferimento all'uso e alla copertura del suolo, le tre le componenti del CLMS offrono un significativo numero di prodotti, brevemente descritti nel seguito (Tabella 30).

Componente Globale

Nell'ambito della componente Globale del servizio⁵⁴ è disponibile una mappatura di uso/copertura del suolo a scala planetaria con risoluzione spaziale di 100 metri e aggiornamento annuale dal 2015 al 2019. Il dato presenta un sistema di classificazione con 23 classi di uso e copertura del suolo ed è affiancato da un secondo strato relativo alla percentuale di copertura vegetale presente in ciascun pixel.

Componente Pan-Europea

Alla componente Pan-Europea⁵⁵ del CLMS afferiscono prodotti di uso e copertura del suolo relativi al territorio europeo. Il dato CORINE *Land Cover* (Munafò e Marinosci, 2018) è un caposaldo per l'analisi dell'uso e della copertura del suolo a scala nazionale ed europea, anche grazie alla lunga serie storica (la prima versione è riferita al 1990), al dettagliato sistema di classificazione (44 classi di uso e copertura del suolo) e alla capacità di offrire un'informazione omogenea per tutto il territorio europeo. La ridotta risoluzione spaziale (minima unità mappabile di 25 ettari) e la bassa frequenza di aggiornamento (6 anni) ne limitano però l'applicabilità nelle attività di monitoraggio a scala locale o che necessitano di dati dettagliati e/o aggiornati con elevata frequenza.

⁵⁴ <https://land.copernicus.eu/global/products/lc>

⁵⁵ <https://land.copernicus.eu/pan-european>

Tabella 30. Dati di uso e copertura del suolo afferenti alla componente Globale, Pan-Europea e Locale del CLMS. Gli High Resolution Layers sono disponibili rispetto al 2015 e al 2018 per tutti i 4 tematismi, rispetto al 2012 per foreste e grado di impermeabilizzazione e rispetto al 2006 per il solo grado di impermeabilizzazione. Le informazioni inerenti CLC+ Backbone riportate in tabella fanno riferimento alla versione raster del dato, il vettoriale è ancora in fase di ultimazione

	Globali	Pan-Europei			Locali			
Prodotto	Dynamic Land Cover	CORINE Land Cover	High Resolution Layers	CLC Backbone	Urban Atlas	Riparian Zones	Natura 2000	Coastal Zones
Formato	Raster	Vettoriale	Raster	Raster	Vettoriale	Vettoriale		
Risoluzione spaziale	100 m	MMU 25 ha (stato) 5 ha (cambiamenti)	10 m	10 m	0,25 ha (urbano) 1 ha (naturale)	0,5 ha		
Sistema di classificazione	Uso-copertura, 23 classi	Uso-copertura, 44 classi	Copertura, 4 classi	Copertura, 12 classi	Uso-copertura, 27 classi	Uso-copertura, 55 classi		
Frequenza di aggiornamento	Annuale	6 anni	3 anni	3-6 anni	6 anni	6 anni		
Anno di riferimento	2015-2019	1990, 2000, 2006, 2012, 2018	2006, 2009, 2012, 2015, 2018	2018	2006, 2012, 2018	2012, 2018	2006, 2012, 2018	2012, 2018

L'introduzione dei dati raster *High Resolution Layers* (HRL) ha permesso di disporre di informazioni dall'elevato dettaglio spaziale (pixel di 20 metri nelle prime versioni e di 10 metri per il più recente aggiornamento al 2018) per un limitato numero di classi di copertura del suolo: superfici impermeabili, foreste, prati, corpi idrici e zone umide.

Il prodotto di più recente introduzione nella componente Pan-Europea del CLMS è il CLC+ *Backbone*, uno strato a alta risoluzione disponibile per i 32 stati membri dell'EEA e i 6 Paesi cooperanti, con l'aggiunta del Regno unito, per un'estensione complessiva⁵⁶ di 5.911.062 km². Il dato è stato realizzato in formato vettoriale (non ancora pubblicato) con legenda a 18 classi e in formato raster con risoluzione spaziale di 10 metri e sistema di classificazione a 12 classi (Tabella 31); entrambi i dati adottano un sistema di classificazione basato su una caratterizzazione del territorio in termini di pura copertura del suolo coerente con le indicazioni fornite in ambito europeo dal Gruppo EAGLE.

Tabella 31. Sistema di classificazione della versione raster del dato Copernicus CLC+ Backbone

Classe	Tipologie di ecosistemi
1	Sealed
2	Woody – needle leaved trees
3	Woody – Broadleaved deciduous trees
4	Woody – Broadleaved evergreen trees
5	Low-growing woody plants (bushes, shrubs)
6	Permanent herbaceous
7	Periodically herbaceous
8	Lichens and mosses
9	Non- and sparsely-vegetated
10	Water
11	Snow and ice

La versione raster del dato è attualmente disponibile per il 2018 e deriva dall'applicazione di un processo di classificazione di immagini Sentinel-2 riferite al periodo 2017-2019, che va a considerare per ciascun pixel la copertura del suolo prevalente in termini di estensione e persistenza nel tempo. A regime il prodotto garantirà aggior-

⁵⁶ Estensione riferita alla versione raster del dato *Backbone* riferita al 2018.

namenti biennali, mentre l'ultimazione dell'aggiornamento al 2021 è prevista per il quarto trimestre 2023. L'analisi delle statistiche di superficie mostra una prevalenza delle aree vegetate, in particolare i boschi decidui di latifoglie (25,44%) e la vegetazione erbacea permanente (25,00%), che occupano circa la metà dell'intero territorio nazionale (Tabella 32).

Tabella 32. Statistiche di superficie della versione raster del dato CLC+ Backbone, espresse in ettari e percentuale sulla superficie nazionale

Classe	Tipologie di ecosistemi	ettari	%
1	Sealed	1.657.046	5,50
2	Needle leaved trees	1.647.027	5,46
3	Broadleaved deciduous trees	7.668.976	25,44
4	Broadleaved evergreen trees	2.668.911	8,86
5	Low-growing woody plants	1.544.390	5,12
6	Permanent herbaceous	7.535.070	25,00
7	Periodically herbaceous	6.066.728	20,13
8	Lichens and mosses	-	-
9	Non- and sparsely-vegetated	920.771	3,05
10	Water	406.758	1,35
11	Snow and ice	24.267	0,08

Componente locale

Alla componente locale⁵⁷ del CLMS fanno capo diversi strati ad alta risoluzione introdotti allo scopo di fornire informazioni su ambiti territoriali critici dal punto di vista ambientale, territoriale e ecosistemico, che necessitano di strumenti di monitoraggio specifici e dettagliati (Figura 57).

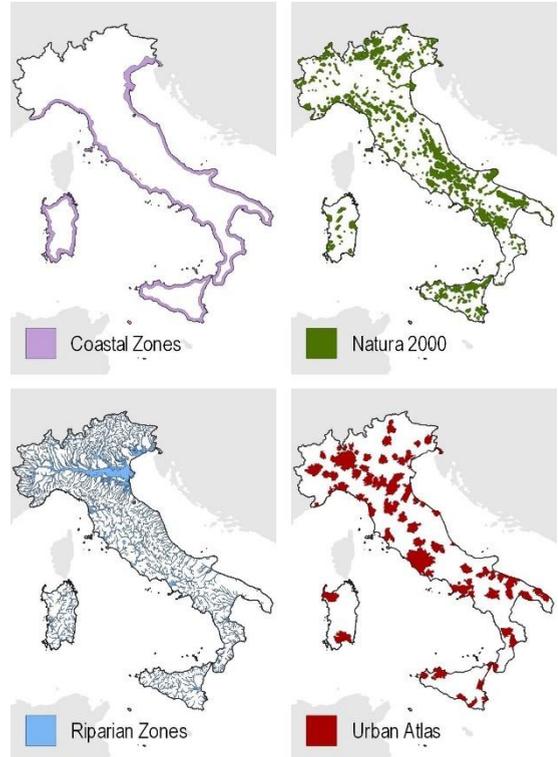


Figura 57 Estensione dei dati Locali Copernicus di uso e copertura del suolo (2018) rispetto alla superficie nazionale

Attualmente questa componente del servizio offre dati di uso e copertura del suolo in formato vettoriale con frequenza di aggiornamento di sei anni per quattro categorie di aree (Tabella 33):

- *Urban Atlas* fornisce una mappatura delle aree urbane per il 2006, 2012 e 2018, con dettaglio geometrico superiore all'ettaro e con un sistema di classificazione di uso e copertura del suolo basato su quello CORINE Land Cover (con livello di dettaglio aumentato nelle classi di urbano). Per l'Italia il dato è disponibile per il 2012 e il 2018 con riferimento al territorio di 84 *Functional Urban Areas* (FUA) con più di 50.000 abitanti e per il 2006 per 29 FUA con più di 100.000 abitanti. Il dato 2018 copre un'area complessiva di 68.137 km², pari al 22,6% della su-

⁵⁷ <https://land.copernicus.eu/local>

perficie nazionale, rispetto al quale offre una mappatura con minima unità mappabile (MMU) di 0,25 ettari per le superfici artificiali e di 1 ettaro per le aree naturali; sono disponibili, inoltre, strati di cambiamento per il periodo 2006-2012 e 2012-2018, con minima unità mappabile di 0,1 ettari per i cambiamenti che interessano le aree artificiali e di 0,25 ettari per quelli che coinvolgono classi naturali.

- *Riparian Zones*, *Coastal Zones* e *Natura 2000* utilizzano un sistema di classificazione basato sul *Mapping Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES, anch'esso di derivazione CORINE *Land Cover*) per la mappatura a alta risoluzione delle zone ripariali, della fascia costiera e delle aree protette Natura 2000. I tre dati sono stati omogenizzati dal punto di vista tematico, adottando un sistema di classificazione in 55 classi di uso e copertura, mappate in formato vettoriale considerando una MMU di 0,5 ettari e una minima larghezza di 10 metri. Dal punto di vista dell'area di interesse mappata da ciascuno dei tre dati, *Riparian Zones* copre il 13,4% della superficie nazionale (40,273 km²), in corrispondenza di una buffer zone delle aree ripariali circostanti i fiumi con numero di Strahler compreso tra 2 e 8, di rilievo in iniziative come la Strategia EU per la biodiversità, la Direttiva Habitat, la Direttiva Uccelli e la Direttiva Quadro sulle Acque. Il dato Natura 2000 mappa le aree incluse nella Direttiva Habitat e nella Direttiva Uccelli, inclusa una buffer zone nel loro intorno, per un'estensione complessiva di 77,703 km², pari a oltre un quarto della superficie nazionale. Il dato *Coastal Zones*, infine, considera un buffer di 10 km dalla linea di costa, per un'estensione complessiva di 51,700 km², pari al 17,1% della superficie nazionale.

Tabella 33. Estensione dei dati della componente Locale del *Copernicus Land Monitoring Service* per il territorio italiano, con riferimento allo strato di stato al 2018 (riportato in ettari e in percentuale sulla superficie nazionale) e allo strato di cambiamenti 2012-2018 (riportato in ettari e in percentuale rispetto all'estensione dello strato di stato)

	Stato		Cambiamenti	
	km ²	% sup. nazion.	km ²	% su stato
Natura 2000	77.703	25,7	971	1,25
Urban Atlas	68.137	22,6	388	0,57
Riparian Zones	40.273	13,4	566	1,41
Coastal Zones	51.700	17,1	411	0,80

I dati Locali del CLMS sono tra gli strati più dettagliati disponibili per il territorio nazionale; in questo senso la loro analisi consente di comporre un quadro particolareggiato dello stato della copertura e dell'uso del suolo in aree di rilievo dal punto di vista ecosistemico e caratterizzati da grande complessità e fragilità, pur con dei limiti legati alla ridotta frequenza di aggiornamento e alla limitata estensione dell'area mappata. La specificità di ciascuno degli ambiti territoriali descritti dai dati Locali è desumibile dall'analisi di Figura 58, che ne riporta la composizione percentuale; se nelle aree mappate dal dato Urban Atlas oltre un quinto del territorio è occupato da aree urbane e quasi il 40% da aree agricole, questi due contesti interessano invece meno di un terzo del dato Natura 2000, che si concentra sulla descrizione di contesti a più alto grado di naturalità. I dati *Coastal Zones* e *Riparian Zones* si pongono a metà strada, rappresentando aree dalla grande complessità sia dal punto di vista naturalistico che delle dinamiche insediative, basti pensare alla pressione esercitata dai processi di urbanizzazione sulle aree costiere e ripariali, ampiamente affrontata in più sezioni di questo rapporto.

Le trasformazioni di uso e copertura del suolo mappati dai quattro dati Locali tra il 2012 e il 2018 interessano poco più dell'1% del territorio coperto dallo strato Natura 2000 e dallo strato *Riparian Zones* e meno dell'1% del territorio mappato da Urban Atlas e da *Coastal Zones*. Figura 59 sintetizza quattro principali flussi di cambiamento rispetto ai quattro dati considerati: da aree agricole a artificiali, da agricole verso naturale, da aree naturali verso artificiali e da naturale verso agricolo. Sono invece stati esclusi da questa analisi i cambiamenti interni (ossia dove sia la classe di origine che quella di destinazione sono associate alla macro-classe di aree artificiali, di aree naturali o di aree agricole). Dall'analisi dei flussi di cambiamento emerge in tre dei quattro gli ambiti territoriali una prevalenza delle trasformazioni associate a artificializzazione delle aree naturali o agricole; questo processo è preponderante nel caso di Urban Atlas (che adotta una risoluzione spaziale più elevata per mappare questi flussi di cambiamento rispetto ai cambiamenti tra e verso classi non artificializzate), ed è riconducibile alla tendenza alla dilatazione dei margini urbani e alla dispersione insediativa che interessa le grandi aree urbane italiane, soprattutto a discapito delle aree agricole circostanti. L'artificializzazione delle aree agricole è molto presente anche in zona costiera e, in misura leggermente

minore, nei presso delle aree protette Natura 2000; nelle zone ripariali questo flusso interessa poco più di un terzo dei cambiamenti considerati e la pressione è maggiore

sulle aree naturali, mentre le aree agricole sono principalmente colpite da abbandono colturale e rinaturalizzazione, che è il flusso di cambiamento prevalente in questo ambito territoriale.

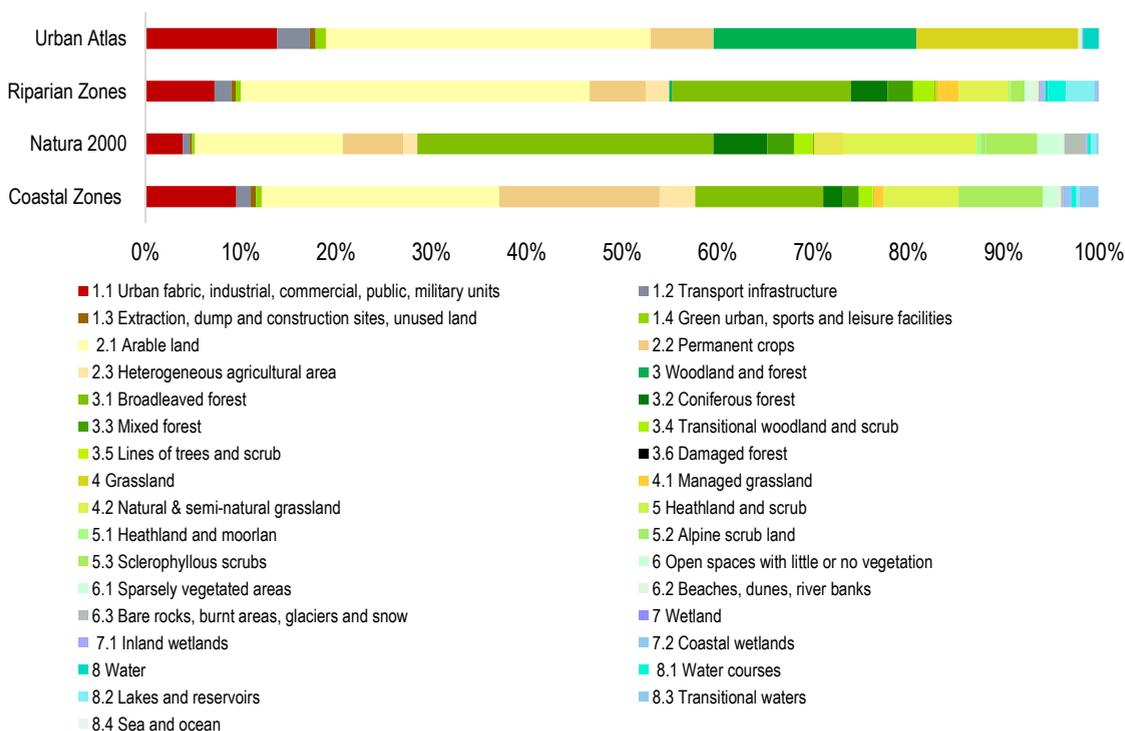


Figura 58. Composizione percentuale delle porzioni di superficie nazionale mappate da ciascuno dei dati afferenti alla componente Locale del CLMS, considerando classi aggregate al secondo livello di classificazione.

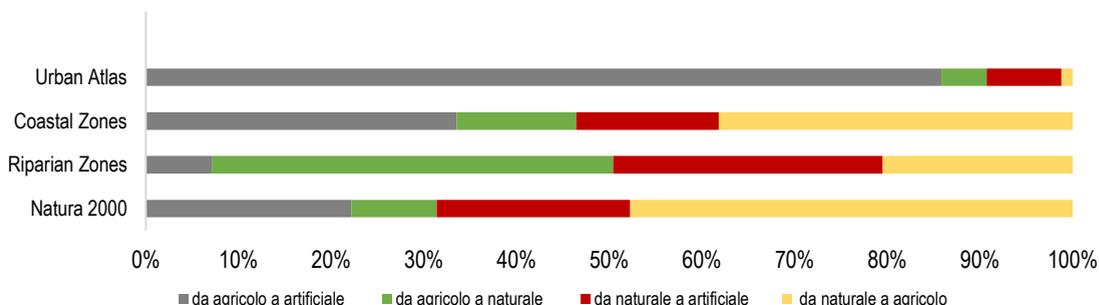


Figura 59. Principali flussi di cambiamento relativi ai quattro dati Locali del CLMS per il periodo 2012-2018. Sono stati considerati i cambiamenti aggregando i poligoni al primo livello di classificazione e tralasciando, quindi, i cambiamenti interni (da una classe di artificiale ad una diversa classe di artificiale, da una classe di naturale a una diversa classe di naturale o da una classe di agricolo ad una diversa classe di agricolo).

La cartografia ISPRA di uso e copertura del suolo da integrazione di dati Copernicus

In questa sezione vengono presentate le carte di uso e copertura del suolo realizzate da ISPRA integrando la carta nazionale del suolo consumato con i principali dati del Servizio di *Land Monitoring* del Programma Copernicus (CLMS). La metodologia è stata sviluppata con l'obiettivo di valorizzare i punti di forza dei principali prodotti disponibili nell'ambito di Copernicus massimizzando la coerenza geometrica e l'omogeneità tematica e permettendo di derivare dal medesimo set di dati di input Copernicus due prodotti di uso e copertura del suolo per il 2012 e il 2018 (De Fioravante *et al.*, 2021; De Fioravante *et al.*, 2023).

Lo studio è stato orientato alla realizzazione di prodotti cartografici in grado di coprire l'intero territorio nazionale, superando il più possibile i limiti di risoluzione spaziale del CORINE *Land Cover*. In questo senso sono stati innanzitutto analizzati, riclassificati, convertiti in raster e infine mosaicati, i principali dati della componente Locale del CLMS, ossia *Urban Atlas*, *Coastal Zones*, *Riparian Zones* e *Natura 2000*. Nelle aree non coperte da questi dati è stato mantenuto il CORINE *Land Cover*, mentre per la mappatura delle superfici abiotiche artificiali è stato fatto riferimento alla Carta nazionale del suolo consumato di ISPRA-SNPA. Particolare attenzione è stata rivolta alla riclassificazione dei dati di input secondo le opportune classi di uso e di copertura del suolo. Il CORINE *Land Cover* presenta un sistema di classificazione specifico, caratterizzato da classi a copertura mista arborea, arbustiva ed erbacea, con uso del suolo naturale o agricolo. Tale circostanza si ritrova anche nei dati Locali, tutti basati su sistemi di classificazione derivati da quello CLC (*Urban Atlas*) o armonizzati rispetto ad esso (*Riparian Zones*, *Coastal Zones* e *Natura 2000*). Per la disambiguazione delle classi miste, dal punto di vista della copertura del suolo è stato utilizzato il nuovo dato CLC+ *Backbone* 2018 (che ha permesso la distinzione della componente arborea, erbacea e arbustiva), mentre per l'uso del suolo si è fatto riferimento alla legenda proposta dall'EEA per l'inventario dei dati di uso; questa definisce le corrispondenze con il sistema di classificazione del CLC, che sono state adottate e estese anche ai sistemi di classificazione degli altri dati considerati.

I sistemi di classificazione adottati da ISPRA per la realizzazione delle carte di copertura e di uso del suolo sono

stati concepiti in modo da risultare il più possibile in linea con le indicazioni fornite in ambito europeo dal Gruppo EAGLE: il modello proposto da EAGLE fornisce una metodologia per la classificazione e l'archiviazione delle informazioni spaziali secondo un modello dati consistente, orientato ad agevolare la comparazione tra dati con caratteristiche diverse e a guidare la disambiguazione di conflitti semantici dovuti alla sovrapposizione di informazioni di uso e copertura del suolo in una medesima classe.

Il modello EAGLE permette di descrivere il territorio a partire dalla definizione di tre blocchi distinti di informazioni, detti "categorie" (le componenti di copertura del suolo, gli attributi di uso del suolo e le caratteristiche del paesaggio) ed è applicabile a diverse scale e su dati provenienti da diverse fonti, mantenendo la compatibilità con i database esistenti e senza la perdita di contenuto informativo significativo.

In Tabella 34 è riportato il sistema di classificazione adottato per la nuova carta di copertura del suolo, che risulta coerente con le componenti di copertura del suolo della matrice EAGLE e in linea con le classi adottate in ambito Copernicus dal nuovo CORINE *Backbone*.

Tabella 34. Sistema di classificazione adottato per la carta di copertura del suolo ISPRA basata su dati Copernicus

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edifici
1.1.1	Superfici impermeabilizzate
1.1.2	Superfici non impermeabilizzate
1.2	Superfici abiotiche naturali
1.2.1	Superfici abiotiche consolidate
1.2.2	Superfici abiotiche non consolidate
2	Superfici vegetate
2.1	Vegetazione legnosa
2.1.1	Vegetazione arborea
2.1.1.1	Latifoglie
2.1.1.2	Conifere
2.1.2	Vegetazione arbustiva
2.2	Vegetazione erbacea
2.2.1	Erbaceo periodico
2.2.2	Erbaceo permanente
3	Corpi idrici
3.1	Corpi idrici permanenti
3.2	Ghiacci e nevi perenni
4	Zone umide

Il primo livello di classificazione presenta quattro macroclassi, tre delle quali direttamente riconducibili alle componenti di copertura del suolo della matrice EAGLE (superfici non vegetate, superfici vegetate e corpi idrici e ghiacci), cui si aggiunge una quarta classe per la descrizione delle zone umide. Quest'ultima è presente in tutti i dati di input ma risulta difficilmente convertibile in classi di pura copertura del suolo in linea con EAGLE senza l'ausilio di ulteriori dati ancillari. In questo senso il mantenimento della classe è volto a preservare il contenuto informativo dei dati di input.

- Superfici abiotiche – non vegetate

La classe include tutte le superfici prive di copertura vegetale, distinte al secondo livello di classificazione tra superfici abiotiche artificiali e naturali.

Le superfici abiotiche artificiali vengono ulteriormente distinte in impermeabilizzate e non impermeabilizzate. Questa distinzione è in linea con la differenziazione tra suolo consumato permanente e reversibile definita a livello nazionale da SNPA, con l'eccezione delle ferrovie (classificate come abiotico artificiale permeabile da EAGLE e come suolo consumato permanente da SNPA), degli impianti fotovoltaici a terra (considerate abiotico artificiale impermeabile da EAGLE e suolo consumato reversibile da SNPA), delle serre non pavimentate (attribuite all'abiotico artificiale impermeabile da EAGLE e al suolo non consumato da SNPA) e delle aree estrattive (considerate rocce nude da EAGLE e assimilate a superfici abiotiche artificiali permeabili da SNPA, per via della forte alterazione subita da tali aree a causa dell'azione antropica).

Le aree abiotiche naturali includono aree naturali prive di vegetazione, distinte in funzione dello stato di aggregazione in consolidate (rocce nude, rupi, falesie e affioramenti) e non consolidate (spiagge, dune e sabbie).

- Superfici vegetate

La classe include tutte le superfici terrestri coperte da vegetazione spontanea, semi-naturale o artificiale, indipendentemente dalla presenza di attività antropica. La vegetazione viene distinta al secondo livello di classificazione in legnosa ed erbacea. La vegetazione legnosa è ulteriormente suddivisa in vegetazione arborea (distinguendo latifoglie e conifere) e arbustiva (con altezza inferiore a 5 metri), mentre la vegetazione erbacea è di-

stinta in permanente e periodica, con riferimento alla definizione delle due classi proposta dal CLC+ *Backbone* e basata sulla persistenza della copertura erbacea nel *pixel* nel corso dell'anno, in linea con la proposta CLC+ *Backbone*.

- Corpi idrici

La classe include specchi d'acqua e corsi d'acqua sia di origine naturale che artificiale e ghiacciai e nevi perenni.

- Zone umide

Come premesso, la classe non presenta una diretta corrispondenza con le LCC di EAGLE; tuttavia, è stata mantenuta per preservare il contenuto informativo offerto dai dati di input. In questo senso, per la classe valgono le definizioni fornite dai dati Copernicus.

Riguardo l'uso del suolo, è stato adottato il sistema di classificazione di Tabella 35, anch'esso in linea con gli attributi di uso del suolo della matrice EAGLE e con i prodotti preliminari introdotti in ambito europeo per la descrizione sistematica dell'uso del suolo.

Tabella 35. Sistema di classificazione adottato per la carta di uso del suolo ISPRa basata su dati Copernicus

Classe	Uso del suolo	
1	Agricolo	
1.1		Seminativi
1.2		Foraggiere
1.3		Colture permanenti
1.4		Aree agroforestali
1.5		Altre aree agricole
2	Foreste e arboricoltura da legno	
3	Cave e miniere	
4	Urbano e aree assimilate	
5	Usi d'acqua	
6	Usi non economici	
6.1		Zone umide
6.2		Altri usi non economici

- Uso agricolo

Include le aree definite da EAGLE come demandate alla produzione agricola per scopi alimentari, zootecnici, commerciali o energetici. Al secondo livello di classificazione vengono distinti seminativi (irrigui e non irrigui), foraggiere, colture permanenti (uliveti, frutteti, vigneti), aree agroforestali e altre aree agricole. Quest'ultima classe in-

clude le aree con colture annuali associate a colture permanenti, i sistemi colturali e particellari complessi e le aree agricole con presenza di spazi naturali importanti.

- Foreste e arboricoltura da legno

Include le attività connesse con le produzioni primarie associate al legno, come legname, legna da ardere, carbone. Sono inclusi anche i vivai forestali, le aree di stoccaggio e trasporto associate ad attività di disboscamento e le piante legnose per i biocombustibili. Queste attività possono essere svolte in foreste naturali o impianti artificiali.

- Cave e miniere

Aree destinate ad attività di estrazione di minerali e materiali presenti in natura come solidi (carbone, minerali, ghiaia, sabbia, sale), liquidi (petrolio), gas (gas naturale) o biomassa (torba).

- Urbano e aree assimilate

La classe include le aree mappate come consumate dalla carta nazionale del consumo di suolo e tutta la classe di "superfici artificiali" dei dati Copernicus, incluse aree residenziali, industriali, commerciali, verde urbano, infrastrutture viarie, discariche, cantieri.

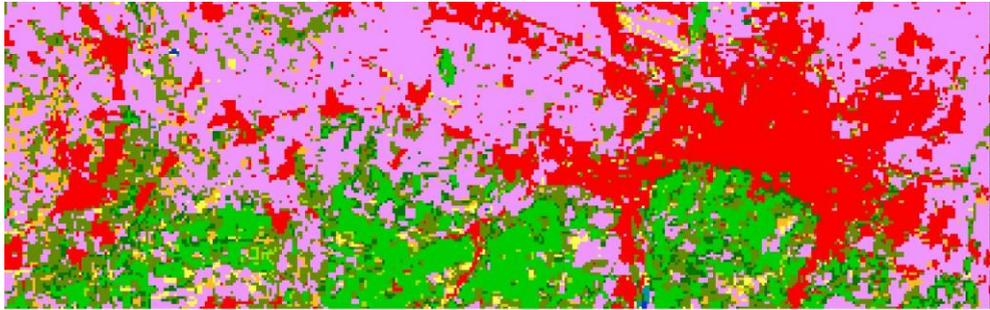
- Usi d'acqua

La classe include i corpi idrici, intesi come specchi d'acqua, corsi d'acqua e acque costiere, valorizzati per finalità economiche (ad esempio acquacoltura) o prive di utilizzi per scopi socioeconomici.

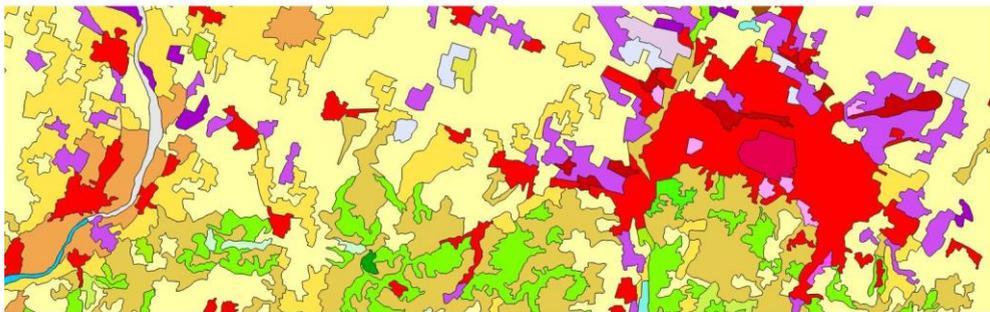
- Usi non economici

Riguarda aree allo stato naturale, non soggette a utilizzi per scopi socioeconomici. Nello specifico, al secondo livello vengono distinte le zone umide dagli altri usi non economici, in cui ricadono i prati stabili, la vegetazione sclerofilla, la macchia mediterranea e i cespuglieti, nonché le aree con vegetazione rada o assente (spiagge, dune e sabbie, rocce nude, aree incendiate, ghiacci e nevi).

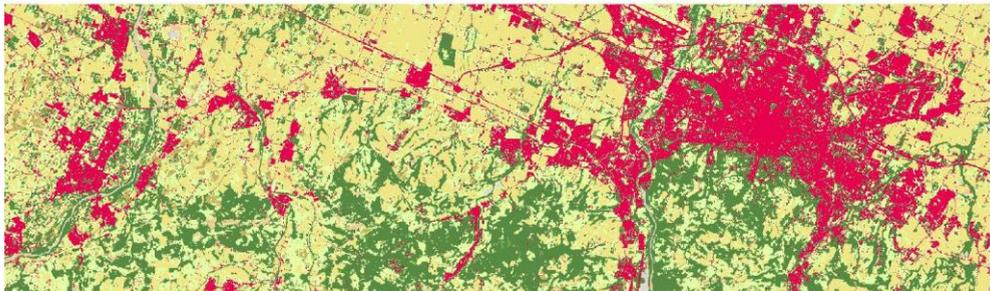
Complessivamente le carte di copertura e uso del suolo di ISPRA garantiscono un miglioramento nella rappresentazione del territorio rispetto ai dati preesistenti, in primo luogo il CORINE *Land Cover*, sia per quanto riguarda la descrizione dello stato che l'individuazione delle variazioni. I prodotti portano con sé alcuni dei limiti legati ai dati di input, come la ridotta frequenza di aggiornamento, ma ne rappresentano un passo in avanti per quanto riguarda l'allineamento dal punto di vista tematico con quadro europeo proposto da EAGLE. In questo senso questi prodotti costituiscono un elemento di transizione e di congiunzione tra i vecchi dati di uso e copertura del suolo e il nuovo quadro nazionale ed europeo, caratterizzato da iniziative quali CLC+ e il *Mirror Copernicus*, orientate verso l'adozione di dati interoperabili, compatibili, integrabili e aggiornati con elevata frequenza.



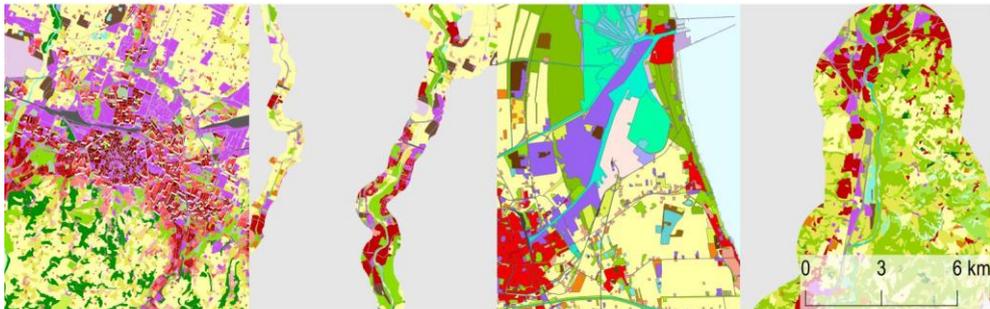
Global Land Cover (2019)



CORINE Land Cover (2018)



CLC+ Backbone (2018)



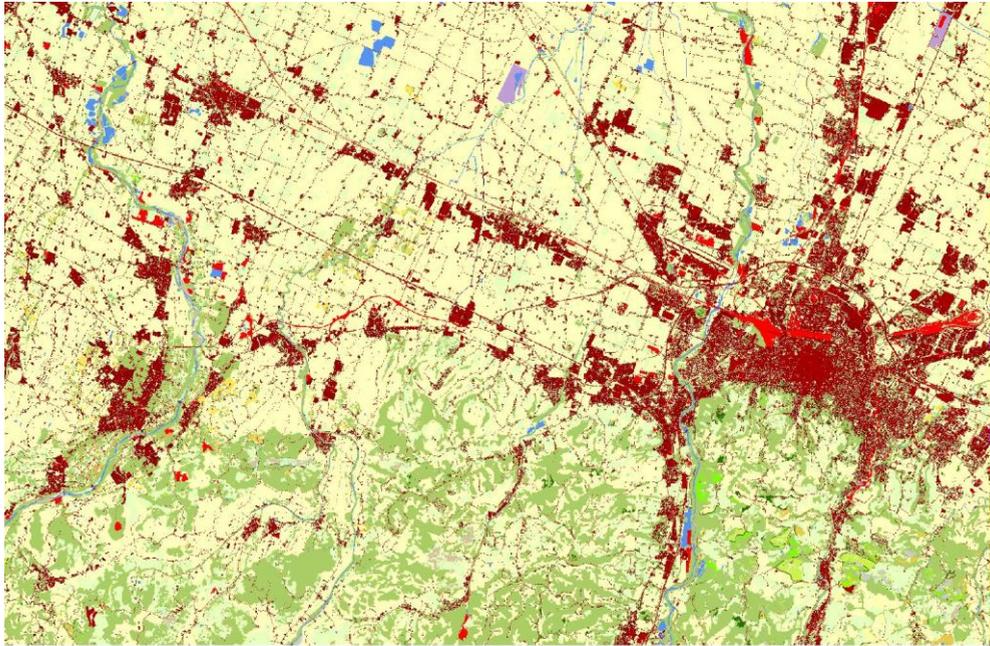
Urban Atlas (2018)

Riparian Zones (2018)

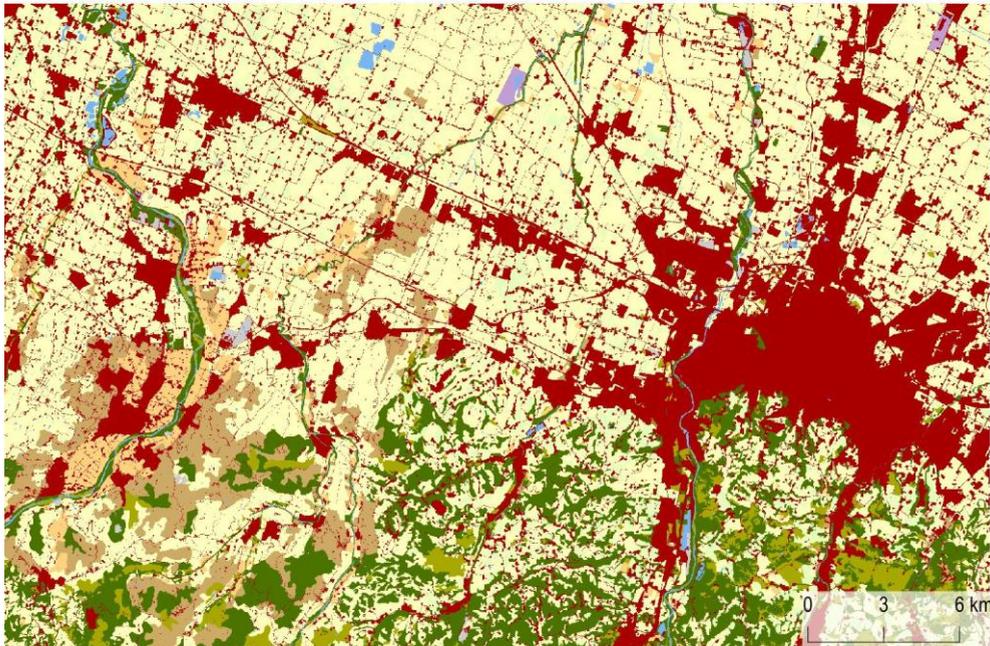
Coastal Zones (2018)

Natura 2000 (2018)

Figura 60. Panoramica dei principali dati di uso e copertura del suolo del Programma Copernicus



Carta Nazionale di Copertura del Suolo (2018) ISPRA



Carta Nazionale di Uso del Suolo (2018) ISPRA

Figura 61. Dettaglio delle carte di copertura e uso del suolo prodotte da ISPRA tramite integrazione di dati Copernicus e della Carta Nazionale del Consumo di Suolo



Figura 62. Copertura del suolo (2018)

Analisi della copertura del suolo in Italia al 2018

Dall'analisi al primo livello di classificazione della carta di copertura del suolo 2018 (Figura 62, Figura 63), quasi l'89% della superficie nazionale risulta occupato da aree vegetate, seguite da quelle abiotiche (9,63%) e da corpi idrici e zone umide (1,57 e 0,18%). Al secondo livello di classificazione, nell'abiotico prevale la componente artificiale, che occupa circa i tre quarti della classe e il 7,22% del totale. Per quanto riguarda la vegetazione, questa è ripartita equamente tra componente legnosa e erbacea (rispettivamente 44,40% e 44,21% della superficie nazionale; Tabella 36).

Tabella 36. Copertura del suolo al primo e secondo livello di classificazione

Classe	Copertura del suolo (2018)	ha	%	% sulla classe
1	Superfici abiotiche non vegetate	2.901.863	9,63	-
1.1	Superfici artificiali ed edifici	2.177.367	7,22	75,03
1.2	Superfici abiotiche naturali	724.496	2,40	24,97
2	Superfici vegetate	26.708.607	88,62	-
2.1	Vegetazione legnosa	13.383.132	44,40	50,11
2.2	Vegetazione erbacea	13.325.475	44,21	49,89
3	Corpi idrici	474.628	1,57	-
3.1	Corpi idrici permanenti	441.421	1,46	93,00
3.2	Ghiacci e nevi perenni	33.208	0,11	7,00
4	Zone umide	54.878	0,18	-

Considerando il massimo dettaglio tematico (Tabella 37), nella vegetazione legnosa prevale la componente arborea, e in particolare le latifoglie (che occupano il 31,61% della superficie nazionale) seguiti dall'erbaeo periodico (28,58%). Delle restanti 11 classi, 10 occupano meno del 10% della superficie nazionale. Nelle coperture abiotiche artificiali prevalgono le superfici impermeabilizzate.

Tabella 37. Copertura del suolo al massimo livello di dettaglio tematico

	ha	%
Superfici impermeabilizzate	1.333.088	4,42
Superfici artificiali non impermeabilizzate	161.656	0,54
Altre superfici artificiali non classificate	682.623	2,26
Superfici abiotiche consolidate	425.309	1,41
Superfici abiotiche non consolidate	299.188	0,99
Latifoglie	9.525.974	31,61
Conifere	1.872.936	6,21
Vegetazione arbustiva	1.984.222	6,58
Erbaceo periodico	8.613.826	28,58
Erbaceo permanente	4.711.649	15,63
Corpi idrici permanenti	441.421	1,46
Ghiacci e nevi perenni	33.208	0,11
Zone umide	54.878	0,18

L'analisi della copertura del suolo per il 2018 a livello regionale mostra i risultati riportati in Figura 64. Le superfici abiotiche artificiali occupano oltre il 10% del territorio regionale in Lombardia e Veneto, mentre i valori minimi si registrano in Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige, che sono anche le due regioni con la più elevata percentuale di territorio coperto da superfici abiotiche naturali e da ghiacci e nevi perenni. Le aree vegetate sono coperte prevalentemente da vegetazione erbacea e arborea, mentre quella arbustiva supera il 10% solo in Sardegna (dove occupa più di un quarto del territorio regionale) e Sicilia, dove supera il 10% del territorio. La vegetazione arborea si concentra nell'area alpina e appenninica, coprendo tre quarti del territorio in Liguria e oltre il 50% in Calabria, Trentino-Alto Adige e Toscana, mentre l'erbaeo è presente soprattutto in Pianura Padana e nelle zone costiere, con una prevalenza del periodico in 16 regioni su 20.

L'analisi delle variazioni di copertura per il periodo 2012-2018 (Tabella 38) mostra un incremento delle superfici abiotiche di 50.469 ettari, associato a una contrazione delle altre classi naturali; in particolare, la vegetazione subisce una riduzione ripartita equamente tra componente erbacea (-24.640 ettari) e vegetazione legnosa (-23.090 ettari).

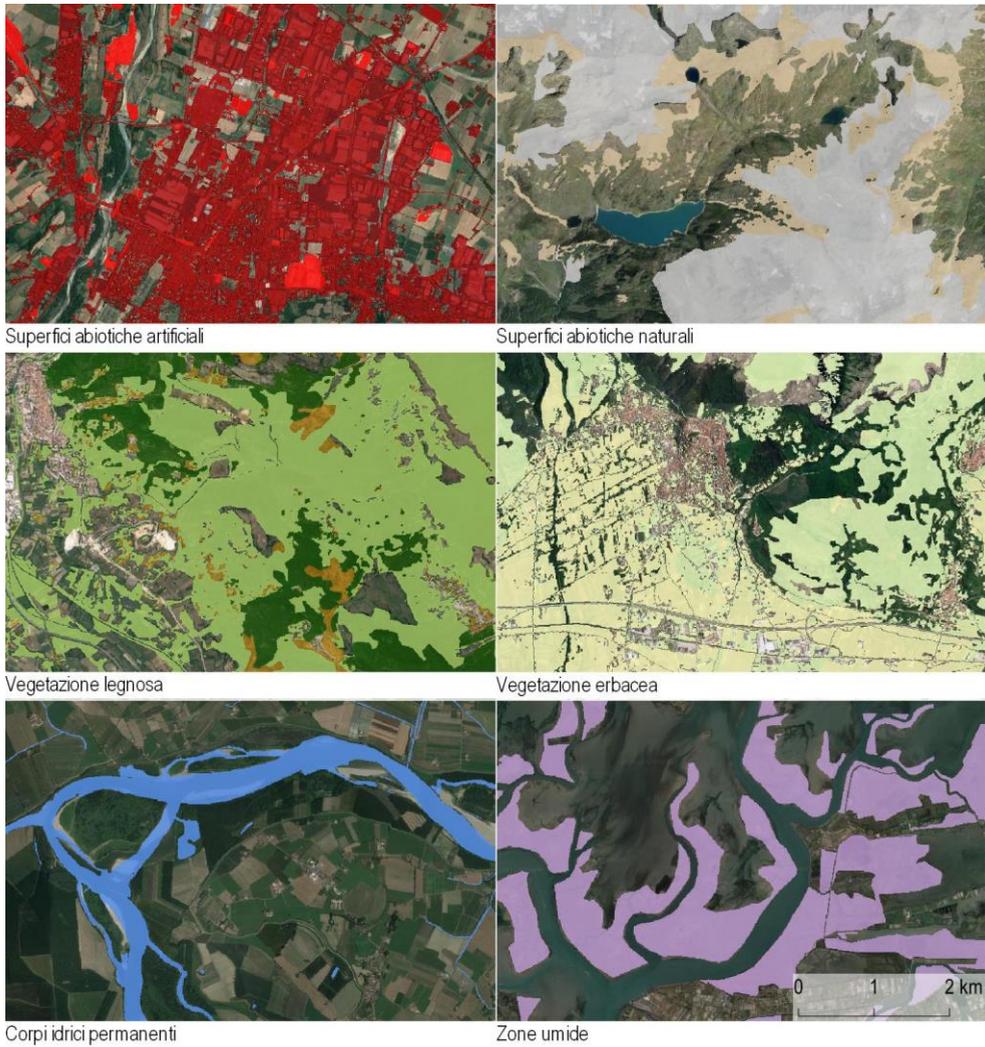


Figura 63. Esempi di classi di copertura del suolo ottenuti da integrazione di dati Copernicus e SNPA

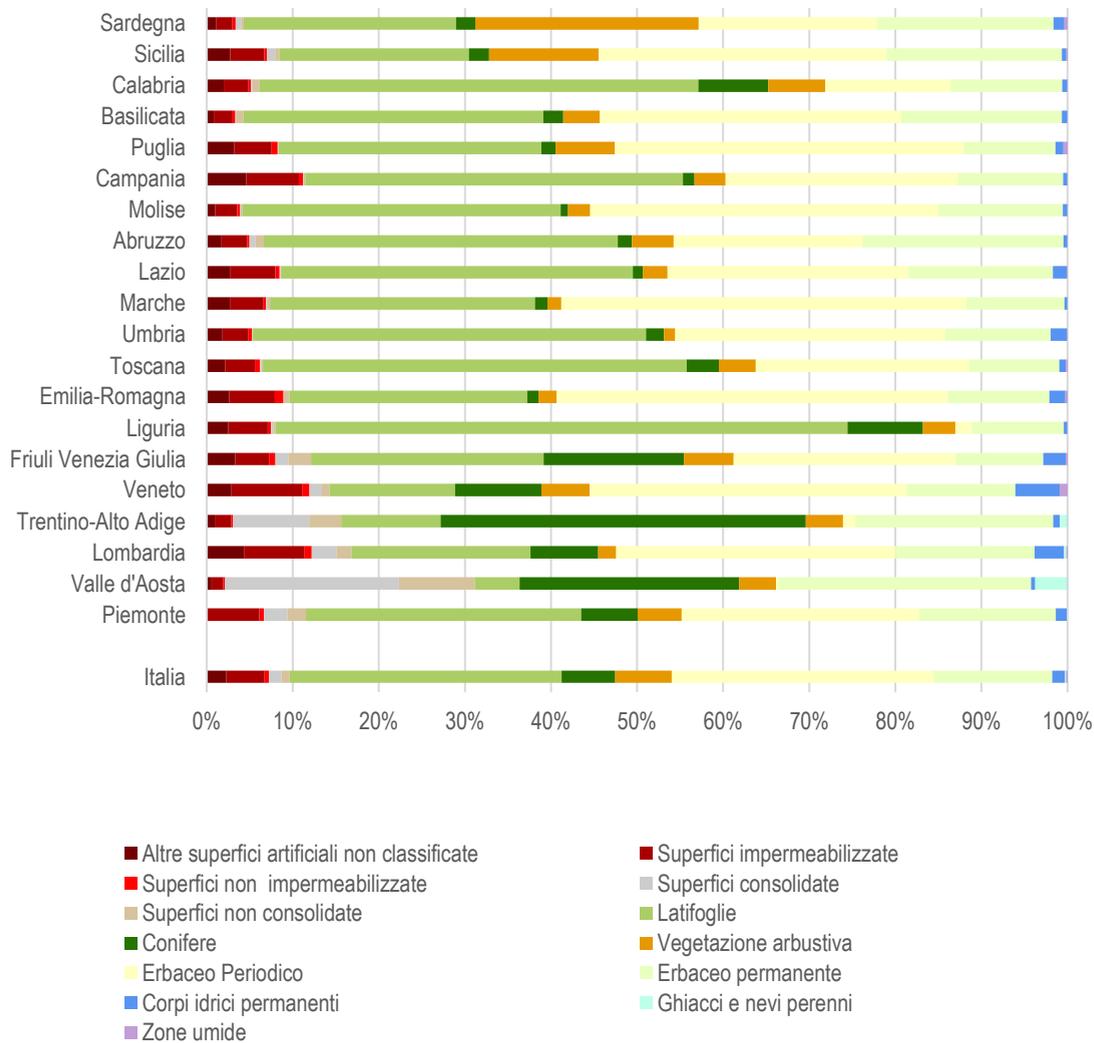


Figura 64. Copertura del suolo (2018), in termini di percentuale della superficie regionale occupata da ciascuna classe. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Tabella 38. Variazioni di copertura del suolo (2012–2018)

Classe	Cambiamenti di Copertura (2012-2018)	ha	%
1	Superfici abiotiche - non vegetate	50.469	1,77
1.1	Superfici artificiali ed edifici	44.011	2,06
1.2	Superfici abiotiche naturali	6.458	0,90
2	Superfici vegetate	-47.730	-0,18
2.1	Vegetazione legnosa	-23.090	-0,17
2.2	Vegetazione erbacea	-24.640	-0,18
3	Corpi idrici	-2.799	-0,59
3.1	Corpi idrici permanenti	-1.118	-0,25
3.2	Ghiacci e nevi perenni	-1.680	-4,82
4	Zone umide	59	0,11

Allo scopo di comprendere meglio le dinamiche evolutive del territorio italiano nel periodo 2012-2018 è utile analizzare i flussi di cambiamento che hanno coinvolto tutte le classi al massimo dettaglio tematico, riportati in ettari in Tabella 39.

Il consumo di suolo nel periodo 2012-2018 può essere osservato in termini di incremento delle superfici abiotiche artificiali. Tale flusso ha riguardato nel complesso 47.206 ettari, dei quali quasi 43.000 localizzati nelle aree che nel 2012 risultavano a copertura erbacea,

in particolare l'erbaceo permanente. I flussi di rinaturalizzazione hanno riguardato la conversione di 3.191 ettari di suolo consumato in aree naturali, con la predominanza di cambiamenti verso erbaceo permanente.

I cambiamenti che coinvolgono le superfici abiotiche naturali consolidate (rocce nude) sono associati per la maggior parte alla riduzione di ghiacci e nevi perenni (tale classe nel periodo di riferimento mostra una riduzione di poco meno di 2.000 ettari e nessun incremento). In particolare, questo flusso di cambiamento interessa circa 1.600 ettari sul totale dei quasi 1.900 di incremento della classe; le diminuzioni dell'abiotico naturale consolidato hanno invece entità marginale e si limitano a poche decine di ettari.

Per quanto riguarda l'abiotico naturale non consolidato (spiagge, dune e sabbie) e i corpi idrici permanenti, i principali cambiamenti sono ascrivibili alle variazioni cui è naturalmente soggetto il corso dei fiumi e torrenti; tali variazioni coinvolgono anche tutte le classi vegetate (Figura 65, in alto).

I principali cambiamenti verificatisi nelle zone umide si concentrano nella laguna di Venezia, e interessano per la quasi totalità il cambiamento riportato in basso in Figura 65.

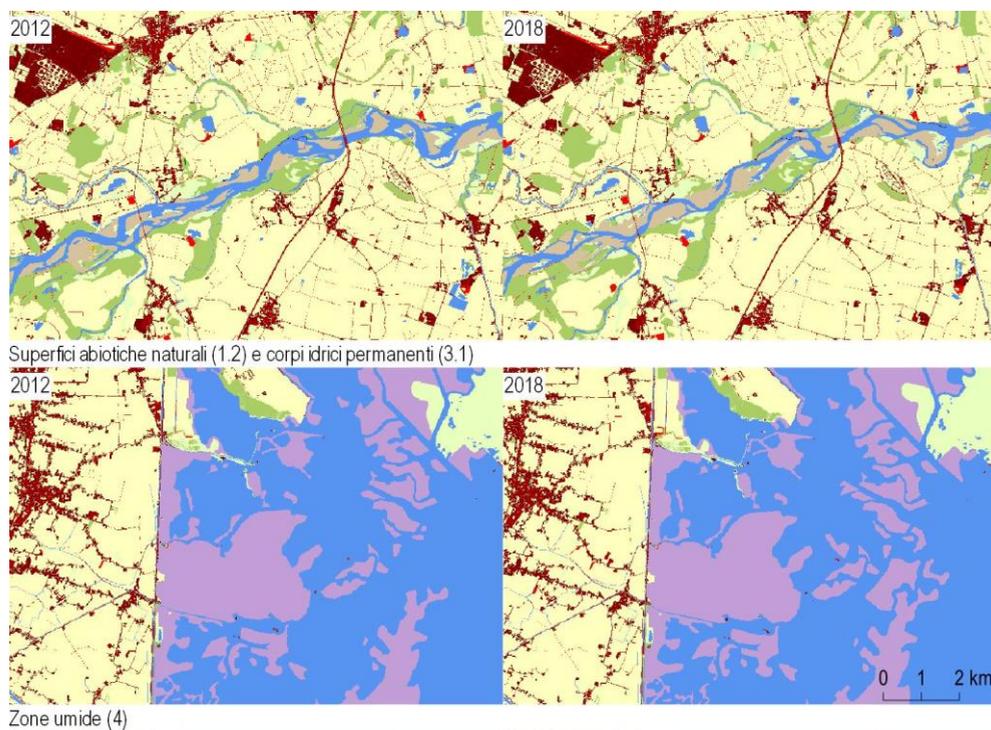


Figura 65. Esempio di cambiamento di copertura de suolo relativi a superfici abiotiche naturali non consolidate e corpi idrici (in alto) e a corpi idrici e zone umide (in basso)

Tabella 39. Flussi di cambiamento tra le classi di copertura del suolo tra il 2012 e il 2018. I cambiamenti sono espressi in ettari, escludendo quelli di dimensione inferiore all'ettaro

2012 \ 2018	Altre superfici artificiali non classificate	Superfici impermeabili	Superfici non impermeabili	Superfici consolidate	Superfici non consolidate	Latifoglie	Conifere	Vegetazione arbustiva	Erbaceo Periodico	Erbaceo permanente	Corpi idrici permanenti	Ghiacci e nevi perenni	Zone umide	Totale
Altre superfici artificiali non classificate	-	6.760	3.807	-	-	16	-	-	33	97	-	-	-	10.720
Superfici impermeabili	9	-	318	-	-	13	-	6	234	119	-	-	-	703
Superfici non impermeabili	28	1.391	-	5	12	288	38	72	689	1.521	43	-	5	4.093
Superfici Consolidate	11	-	31	-	33	6	-	-	9	18	18	-	7	140
Superfici non consolidate	22	13	68	-	-	481	-	263	343	1.266	1.247	-	-	3.709
Latifoglie	762	890	1.253	67	2.385	-	-	3.567	5.033	15.905	355	-	45	30.263
Conifere	59	42	206	22	221	7	-	1.745	68	4.340	15	-	-	6.725
Vegetazione arbustiva	230	240	322	103	634	1.468	479	-	1.401	3.975	24	-	-	8.879
Erbaceo periodico	2.939	10.313	5.341	7	448	3.891	22	4.493	-	7.119	133	-	70	34.776
Erbaceo permanente	4.670	11.221	8.279	60	2.441	3.358	380	1.970	8.155	-	241	-	112	40.886
Corpi idrici permanenti	50	38	197	10	2.174	117	-	28	146	399	-	-	339	3.499
Ghiacci e nevi perenni	-	-	-	1.607	69	-	-	-	-	-	-	-	-	1.680
Zone umide	-	-	7	-	-	55	-	-	123	28	299	-	-	523
Totale	8.782	30.914	19.831	1.885	8.422	9.699	927	12.151	16.235	34.786	2.381	0	583	-

Il principale cambiamento di copertura del suolo che coinvolge la vegetazione riguarda la riduzione della componente arborea, con particolare riferimento al passaggio di circa 15.900 ettari di latifoglie in erbaceo permanente; importanti anche i flussi da latifoglie a erbaceo periodico (5.033 ettari) e da conifere a erbaceo permanente (4.340 ettari). L'aumento di vegetazione arborea interessa circa 10.600 ettari tra conifere e latifoglie, soprattutto per passaggi di classe a partire dall'erbaceo periodico (3.891 ettari di tale classe passano in boschi di latifoglie nel periodo di riferimento) e permanente (3.358 ettari). Complessivamente la contrazione della copertura arborea rilevata tra i dati 2012 e 2018 può essere ricondotta in buona parte alle caratteristiche tecniche dei dati

di input, in particolare al CORINE *Land Cover*. In primo luogo, circa 30.000 ettari di superficie mappata al 2012 come vegetazione arborea o arbustiva dal CLC sono stati interessati a ridosso del 2017 (anno di riferimento per la fotointerpretazione dei dati CLC 2018) da incendi boschivi, andando ad incidere significativamente sulle variazioni dell'area occupata dalla classe; in tali aree l'analisi della copertura del suolo tramite CLC *Backbone* mostra al 2018 comparsa di vegetazione in fase di ripresa vegetativa. Importanti sono anche le variazioni associate ad attività di utilizzazione forestale, in particolare nelle aree destinate ad arboricoltura nei pressi della Pianura Padana.



Figura 66. Esempio di aumento di copertura arborea associato a nuovi impianti di arboricoltura da legno

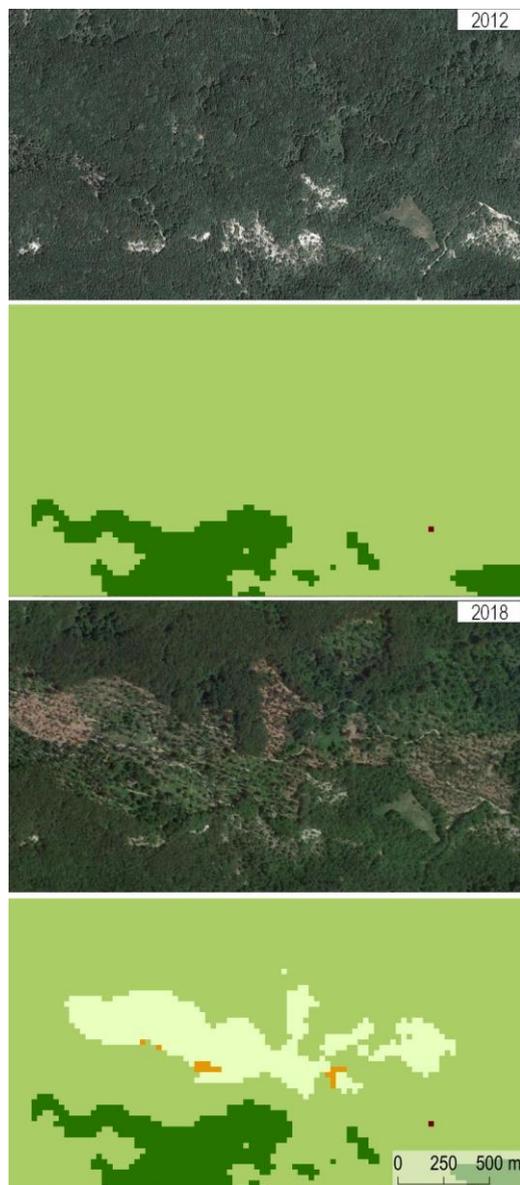


Figura 67. Esempio di riduzione di copertura arborea

Nelle zone coperte dal solo CORINE *Land Cover*, inoltre, il dato è poco sensibile all'individuazione delle aree con bassa densità di alberi ai bordi delle aree boscate. Tale circostanza è legata in primo luogo alla minima unità mappabile di 5 ettari del dato CLC, che rispetto ai dati

Locali non permette di individuare piccole aree di cambiamento. Un secondo aspetto riguarda le soglie di densità di copertura arborea minima considerate per la definizione delle aree boscate, pari al 10% (in linea con le indicazioni FAO) per i dati Locali e che sale al 30% nel caso del CLC, comportando l'esclusione dalle zone con bassa densità di alberi poste ai bordi delle aree a copertura arborea, dove è più probabile riscontrare l'espansione del bosco. Dal confronto con il dato HRL *Tree Cover Density* (TCD), che fornisce un'informazione sulla percentuale di copertura arborea nei *pixel*, nelle aree della carta di copertura dove è presente un dato locale, vengono omesse poco meno del 10% delle aree indicate dall'HRL DLT come a "copertura arborea compresa tra 10 e 30%"; il valore sale al 60% di omissione nelle aree coperte da solo CLC.

A questi due fattori occorre aggiungere un'ulteriore considerazione in merito all'intervallo temporale considerato per l'analisi dei cambiamenti, pari a sei anni, non sempre sufficiente a mostrare un aumento della presenza e della densità di copertura arborea rilevabile dai dati di input.

Analisi dell'uso del suolo in Italia al 2018

Con riferimento al primo livello di classificazione dell'uso del suolo 2018 (Figura 68), oltre tre quarti del territorio

nazionale sono destinati a foreste e arboricoltura da legno (30,66%) o agricolo (43,24%); in particolare, circa un quarto della superficie italiana (e metà delle aree agricole) è adibito a seminativi, mentre le restanti classi a uso agricolo occupano ciascuna meno del 10% del territorio. Gli usi urbani e aree assimilate coprono poco meno del 10% del territorio nazionale, gli "altri usi non economici" poco meno del 15%.

Tabella 40. Uso del suolo (2018)

Classe	Uso del suolo (2018)	ha	%	% sulla classe
1	Agricolo	13.031.354	43,24	-
1.1	Seminativi	7.753.735	25,73	59,50
1.2	Foraggiere	890.015	2,95	6,83
1.3	Colture permanenti	2.227.373	7,39	17,09
1.4	Aree agroforestali	161.367	0,54	1,24
1.5	Altre aree agricole	1.998.864	6,63	15,34
2	Foreste e arboricoltura da legno	9.240.234	30,66	-
3	Cave e miniere	47.453	0,16	-
4	Urbano e aree assimilate	3.003.489	9,97	-
5	Usi d'acqua	441.425	1,46	-
6	Usi non economici	4.375.625	14,52	-
6.1	Zone umide	54.878	0,18	1,25
6.2	Altri usi non econom.	4.321.142	14,34	98,75



Figura 68. Uso del suolo (2018)

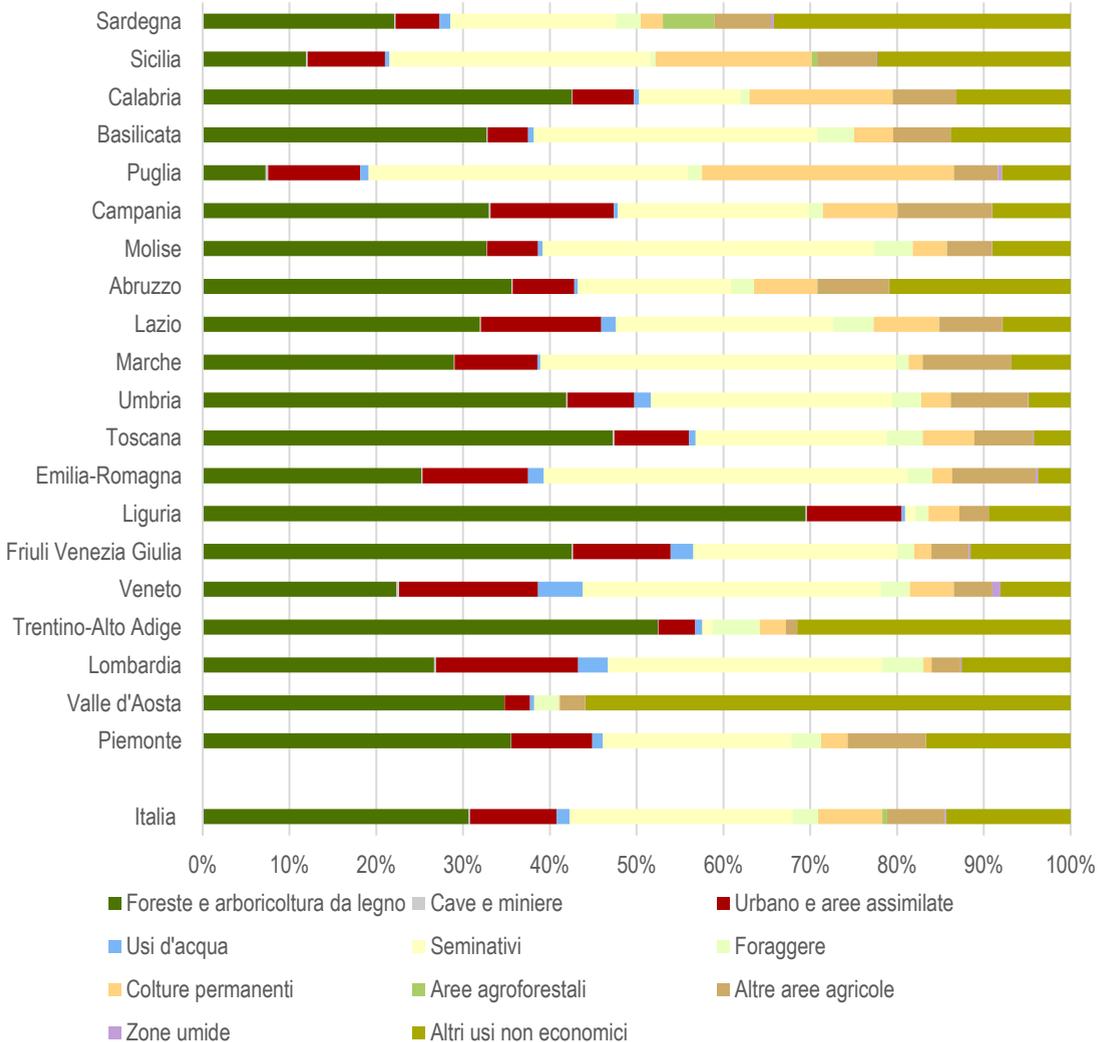


Figura 69. Uso del suolo (2018), in termini di percentuale della superficie regionale occupata da ciascuna classe. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

A livello regionale (Figura 69), la classe di foreste e arboricoltura da legno occupa più della metà del territorio di Trentino-Alto Adige e Liguria, mentre è limitata a meno di un quarto di quello di Sardegna, Veneto, Sicilia e Puglia. L'uso urbano e aree assimilate interessa oltre il 10% del territorio in 8 regioni mentre in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Basilicata e Sardegna non raggiunge il

5%. I seminativi occupano oltre il 30% della superficie totale di 8 delle 20 regioni, superando il 40% in Emilia-Romagna e nelle Marche, mentre risulta marginale in Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige e Liguria (con estensioni inferiori al 2%). Le colture permanenti (per la maggior parte oliveti, frutteti e vigneti) occupano importanti porzioni di territorio in Puglia, Calabria e Sicilia, in queste tre regioni

si concentrano quasi due terzi della classe. Le “altre aree agricole” interessano percentuali del territorio regionale comprese tra il 2 e il 10%, con valori più bassi nelle regioni settentrionali e più alti nel centro. In tale classe ricadono le aree caratterizzate da usi del suolo misti, con particelle agricole fittamente alternate a filari di alberi o aree naturali. Gli “altri usi non economici” interessano circa un terzo del territorio del Trentino-Alto Adige, della Sardegna e più della metà di quello della Valle d’Aosta, mantenendosi comunque oltre il 10% del territorio anche in altre 7 regioni. Nelle regioni del Nord concorrono a questa classe soprattutto le aree coperte da ghiacci e nevi e da rocce nude, mentre in Sicilia e Sardegna la componente principale è rappresentata da macchia mediterranea e arbusteti.

L’analisi dei cambiamenti di uso del suolo consente di leggere da un diverso punto di vista gran parte delle trasformazioni individuate nell’analisi della copertura del suolo (Tabella 41). Il principale flusso di cambiamento riguarda l’espansione delle aree urbane e delle aree destinate ad attività estrattive, soprattutto in conseguenza dell’aumento del consumo di suolo. Le colture permanenti fanno registrare un aumento di oltre 3.400 ettari, e le altre aree con usi non economici un aumento di quasi 1.400 ettari, mentre i seminativi e gli usi forestali mostrano una riduzione di 14.456 e 11.794 ettari rispettivamente.

Andando più nel dettaglio dei singoli flussi di cambiamento di uso del suolo (Tabella 42), le principali trasformazioni sono associate alla diminuzione dei seminativi, che da un lato si trasformano in aree a uso urbano (13.444 ettari) e dall’altro sono interessate dalla conversione verso altre tipologie di usi agricoli, in primo luogo colture permanenti (9.982 ettari), in particolare si è assistito alla creazione di numerose nuove aree di vigneto nel Veneto. Particolarmente dinamiche anche le aree agricole nei pressi della costa ionica della Basilicata e delle coste pugliesi. La diminuzione di aree agricole associata all’espansione delle aree urbane è ravvisabile anche con riferimento a foraggere e colture permanenti,

che tra il 2012 e il 2018 hanno subito nel complesso una diminuzione di oltre 5.000 ettari, passati a uso urbano.

Tabella 41. Cambiamenti di uso del suolo (2012-2018)

Classe	Cambiamenti di uso (2012-2018)	ha	%
1	Agricolo	-6.052	-0,05
1.1	Seminativi	-14.456	-0,19
1.2	Foraggere	-1.191	-0,13
1.3	Colture permanenti	3.489	0,16
1.4	Aree agroforestali	-197	-0,12
1.5	Altre aree agricole	6.303	0,32
2	Foreste e arboricoltura da legno	-11.794	-0,13
3	Cave e miniere	2.984	6,71
4	Urbano e aree assimilate	14.522	0,49
5	Usi d’acqua	-1.118	-0,25
6	Usi non economici	1.458	0,03
6.1	Zone umide	59	0,11
6.2	Altri usi non economici	1.398	0,03

Un secondo importante flusso di cambiamento riguarda la diminuzione della classe di foreste e arboricoltura da legno, in primo luogo a causa degli incendi boschivi di cui si è discusso nell’analisi della copertura del suolo. Tale cambiamento riguarda gran parte degli 11.000 ettari di trasformazioni da foreste e arboricoltura da legno a altri usi non economici. Circa 2.300 ettari di diminuzione delle aree a uso forestale sono invece connessi con l’espansione delle aree urbane. Gli oltre 8.500 ettari di aumento di “foreste e arboricoltura da legno” sono invece legati a fenomeni di rinaturalizzazione delle aree agricole e di crescita del bosco nelle aree con copertura arbustiva o soggette a incendi nel 2012, e quindi interessate da ripresa vegetativa.

Importanti anche le conversioni delle aree a uso forestale in usi agricoli. Tali cambiamenti si concentrano per la gran parte nei pressi della Pianura Padana e riguardano aree destinate al 2012 ad arboricoltura da legno, che nei 6 anni di riferimento sono stati interessati da una conversione in seminativi o foraggere.

Tabella 42. Flussi di cambiamento tra le classi di uso del suolo tra il 2012 e il 2018. I cambiamenti sono espressi in ettari, escludendo quelli di dimensione inferiore a un ettaro. I flussi contrassegnati con asterisco (*) sono legati a variazioni tecniche connesse con il progressivo aggiornamento al terzo livello di classificazione⁵⁸

2012 \ 2018	Seminativi	Foraggiere	Culture permanenti	Aree agroforestali	Altre aree agricole	Foreste e arboricoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Zone umide	Altri usi non economici	Totale
Seminativi	-	288	2.280	426	4.689	491	669	10	183	56	11.264	20.356
Foraggiere	175	-	417	34	186	129	45	0	59	49	297	1.392
Culture permanenti	1.092	2.739	-	70	1.779	697	175	1	4.158	10	2.200	12.921
Aree agroforestali	286	154	173	-	146	70	1	0	16	339	2.314	3.499
Altre aree agricole	1.630	584	13.444	132	-	32	9.982	0	5.350	66	1.338	32.558
Foreste e arboricoltura da legno	348	74	1.582	14	352	-	399	0	92	12	193	3.067
Cave e miniere	158	115	3.821	11	4.044	87	-	8	708	0	543	9.493
Urbano e aree assimilate	0	8	139	0	54	0	1	-	1	0	14	218
Usi d'acqua	71	122	2.782	4	684	8	588	0	-	5	141	4.406
Zone umide	54	1	20	299	123	0	7	0	0	-	21	523
Altri usi non economici	4.748	292	2.786	1.391	6.045	362	1.114	2	141	45	-	16.926
Totale	8.562	4.376	27.444	2.381	18.102	1.876	12.982	20	10.709	583	18.324	-

Relazione tra uso e copertura del suolo

Analizzando la composizione del territorio nazionale considerando congiuntamente carta di uso e carta di copertura del suolo è possibile verificare la ripartizione delle diverse classi di copertura tra le tipologie di uso (Tabella 43). Le superfici abiotiche artificiali sono collocate prevalentemente in corrispondenza di aree a uso urbano o assimilate; una parte delle superfici abiotiche non impermeabili è posta in corrispondenza delle attività estrattive, mentre il 3,85% delle superfici abiotiche impermeabili è relativo alle serre presenti nella classe di uso di "altre aree agricole". Alle aree a uso urbano afferiscono anche porzioni di territorio a copertura naturale, principalmente vegetazione erbacea (il 14,17% dell'erbaceo permanente ricade nelle aree a uso urbano), concentrati nelle aree verdi urbane e nelle aree ricreative. Le conifere si

concentrano per oltre il 98% nella classe di foreste e arboricoltura da legno, mentre il 15,41% delle latifoglie è costituito da colture permanenti in area agricola e in misura minore di alberi in aree urbane (2,39% delle latifoglie nazionali). I vigneti vengono assimilati dal punto di vista della pura copertura del suolo alla vegetazione arbustiva, di cui costituiscono circa un quarto (il 23,09% degli arbusteti è classificato come coltura permanente dal punto di vista dell'uso del suolo); i restanti arbusteti ricadono principalmente nelle aree di macchia mediterranea, ai confini delle aree boscate e nelle aree interessate da ricrescita della vegetazione a seguito di incendi, disboscamenti o tagli del bosco. Nelle aree con vegetazione erbacea periodica prevalgono gli usi agricoli, principalmente assimilabili a seminativi, mentre l'erbaceo permanente include per quasi un quinto aree verdi in ambito urbano, per circa il 18% foraggiere e per poco meno

⁵⁸ La carta del consumo di suolo è il principale dato utilizzato per la mappatura della classe di "urbano e aree assimilate", di "cave e miniere" e per le serre afferenti alle "altre aree agricole". Circa la metà dei cambiamenti da "urbano e aree assimilate" a "cave e miniere" si concentra in Veneto, e riguarda la riclassificazione al terzo livello di cave in falda precedentemente mappate al primo livello di classificazione e ricadenti classe di "urbano e aree assimilate".

della metà prati stabili. Le restanti classi di ghiacci e nevi perenni, zone umide e superfici abiotiche naturali ricadono nelle classi di “altri usi non economici”, mentre i

Corpi idrici permanenti ricadono nella corrispondente classe di “usi idrici”.

Tabella 43. Relazione tra uso e copertura del suolo (2018). Le superfici sono espresse in ettari, tra parentesi sono riportate le percentuali riferite alla ripartizione di ciascuna classe di copertura tra le classi di uso

Uso / Copertura	Seminativi	Foraggere	Culture permanenti	Aree agroforestali	Altre aree agricole	Foreste e arboreicoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Zone umide	Altri usi non economici	Totale
Altre sup. artificiali non classificate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	6.896 (100%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	6.896 (100%)
Superfici impemeab.	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	514 (3,85%)	0 (-)	0 (-)	12.807 (96,15%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	13.314 (100%)
Superfici non impemeab.	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	383 (24,68%)	1.234 (76,32%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1.599 (100%)
Superfici consolidate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	4.253 (100%)	4.253 (100%)
Superfici non consolidate	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	2.992 (100%)	2.992 (100%)
Latifoglie	2 (-)	1 (-)	14.679 (15,41%)	493 (0,52%)	6.519 (6,84%)	71.243 (74,79%)	17 (-)	2.276 (2,39%)	0 (-)	0 (-)	30 (-)	95.253 (100%)
Conifere	0 (-)	0 (-)	13 (-)	0 (-)	148 (0,79%)	18.381 (98,14%)	1 (-)	182 (0,97%)	0 (-)	0 (-)	3 (-)	18.727 (100%)
Vegetazione arbustiva	0 (-)	0 (-)	4.582 (23,09%)	76 (0,39%)	1.212 (6,11%)	534 (2,69%)	0 (-)	19 (-)	0 (-)	0 (-)	13.419 (67,63%)	19.841 (100%)
Erbaceo periodico	77.527 (90,01%)	0 (-)	904 (1,05%)	0 (-)	7.696 (8,93%)	0 (-)	0 (-)	3 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	86.129 (100%)
Erbaceo permanente	0 (-)	8.899 (18,89%)	2.095 (4,45%)	1.043 (2,21%)	3.899 (8,28%)	2.245 (4,76%)	74 (0,16%)	6.678 (14,16%)	0 (-)	0 (-)	22.182 (47,09%)	47.102 (100%)
Corpi idrici permanenti	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	4.414 (100%)	0 (-)	0 (-)	4.414 (100%)
Ghiacci e nevi perenni	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	332 (100%)	332 (100%)
Zone umide	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	549 (100%)	0 (-)	549 (100%)
Totale	77.537 (25,73%)	8.900 (2,95%)	22.274 (7,39%)	1.614 (0,54%)	19.989 (6,63%)	92.402 (30,66%)	475 (0,16%)	30.035 (9,97%)	4.414 (1,46%)	549 (0,18%)	43.211 (14,34%)	301.400 (100%)

Altre iniziative di ISPRA nella mappatura della copertura del suolo

Le carte di uso e copertura del suolo proposte da ISPRA introducono importanti migliorie rispetto agli altri strati analoghi disponibili a scala nazionale in ambito Copernicus, sia per quanto riguarda il dettaglio geometrico che la consistenza tematica. D'altro canto, permangono alcuni limiti legati all'uso di dati esistenti, come la ridotta frequenza di aggiornamento, i sistemi di classificazione misti, la disomogeneità della copertura.

In questo senso ISPRA porta avanti diverse attività orientate allo sviluppo di metodologie per la classificazione della copertura del suolo, anche svincolati dai dati esistenti e basati sul processamento di immagini satellitari. L'obiettivo primario è quello di ottenere strati di copertura del suolo con elevata frequenza di aggiornamento (annuale) e alta risoluzione spaziale, che possano essere un riferimento nazionale per la conduzione di analisi sullo stato del territorio e del paesaggio e per lo studio di processi naturali e antropogenici.

- Mappatura della copertura del suolo da classificazione di immagini Sentinel-1 e Sentinel-2 tramite regole decisionali

ISPRA ha sviluppato una metodologia di classificazione della copertura del suolo basata sulla classificazione di immagini multispettrali Sentinel-2 e radar Sentinel-1, concepita nell'ottica di supportare il rapido processamento di una grande mole di dati, consentendo la produzione di dati ad alta risoluzione spaziale ed elevata frequenza di aggiornamento per l'intero territorio nazionale (Figura 70). La metodologia si basa sulla definizione di regole decisionali ed è concepita nell'ottica di risultare versatile e economicamente sostenibile (De Fioravante *et al.*, 2021b). Il sistema di classificazione utilizzato (Tabella 44) si basa su classi di pura copertura del suolo ed è una versione semplificata di quello adottato per la carta di copertura del suolo da integrazione di dati Copernicus.

Tabella 44. Sistema di classificazione adottato per la carta di copertura del suolo da classificazione di dati Sentinel

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edifici
1.2	Superfici abiotiche naturali
2	Superfici vegetate

2.1	Vegetazione legnosa
2.1.1	Latifoglie
2.1.2	Conifere
2.2	Vegetazione erbacea
2.2.1	Erbaceo periodico
2.2.2	Erbaceo permanente
3	Corpi idrici
3.1	Corpi idrici permanenti
3.2	Ghiacci e nevi perenni

In questo senso, le classi sono in linea il modello EAGLE e compatibili con le principali iniziative previste in ambito nazionale e europeo in tema di mappatura dell'uso e della copertura del suolo, come il *Mirror Copernicus* e l'integrazione con i prodotti previsti nell'ambito del CLC+.

La metodologia si basa sul calcolo di indici multi-temporali e sulla definizione di regole decisionali a partire dalle caratteristiche spettrali e di *backscatter* dei *pixel*. In particolare, sono stati sviluppati tre set di regole decisionali, per ciascuna delle tre macro-classi di copertura del suolo (superfici abiotiche, superfici vegetate, corpi idrici permanenti e ghiacci e nevi perenni). Uno specifico set di regole permette invece l'individuazione dei disturbi forestali verificatisi nel corso dell'anno, a partire dalla variazione di indici spettrali sul *pixel* (NDVI e NBR).

Questa metodologia consente la produzione di strati di copertura del suolo a scala nazionale con aggiornamenti a cadenza annuale, ed è tutt'ora oggetto di studi e aggiornamenti, nell'ottica di migliorarne la capacità di individuazione dei cambiamenti di copertura del suolo, anche sfruttando le opportunità offerte dal continuo ampliarsi della serie storica di dati Sentinel. La capacità dei satelliti Sentinel di acquisire immagini ad intervalli regolari nel tempo consente infatti di analizzare le proprietà fenologiche e le variazioni stagionali che caratterizzano la vegetazione ed altri tipi di copertura; ciò consente la caratterizzazione multitemporale della copertura del suolo, per individuare anche aree in cui la classe di copertura varia nel tempo.

- Mappatura delle tipologie di ecosistemi a partire da integrazione di dati Copernicus

Data l'importanza della gestione del territorio per la conservazione del capitale naturale, è necessario un approccio che consenta la possibilità di monitorare nel tempo gli ecosistemi, che necessitano di essere descritti, caratterizzati e localizzati nello spazio. In questo senso è stata

sviluppata una mappatura delle principali tipologie di ecosistemi basata su presupposti analoghi a quelli adottati per la realizzazione delle carte di copertura e di uso del suolo presentate nei paragrafi precedenti (De Fioravante *et al.*, 2023). In dettaglio, è stato fatto riferimento a un mosaico realizzato a partire dai dati della componente Locale del CLMS (in ordine di priorità: *Coastal Zones*, *Natura 2000*, *Riparian Zones*, *Urban Atlas*), integrati con il CORINE *Land Cover*. I dati sono stati utilizzati previa conversione in raster e riclassificazione secondo le classi di Tabella 45, introducendo la Carta nazionale del consumo di suolo per la mappatura della classe 1 (Insediamenti e altre aree artificiali).

Tabella 45. Sistema di classificazione adottato per la mappatura delle tipologie di ecosistemi

Classe	Tipologie di ecosistemi
1	Insediamenti e altre aree artificiali
2	Aree agricole
3	Pascoli e prati seminaturali e naturali)
4	Foresta e bosco
5	Brughiera e arbusteti
6	Aree con vegetazione rada
7	Zone umide interne
8	Insenature marine e acque di transizione
9	Spiagge costiere, dune e zone umide
10	Ecosistemi marini
11	Fiumi, canali e laghi

La carta delle tipologie di ecosistemi ottenuta dall'applicazione della metodologia suddetta su dati 2018 (Figura 71) mostra una prevalenza delle superfici agricole (Tabella 46), che occupano il 42,57% della superficie nazionale, seguite da foreste e boschi (30,24%).

La carta è stata derivata anche per il 2012 e costituisce un importante dispositivo di supporto per lo studio, la valutazione e il monitoraggio dei servizi ecosistemici.

Tabella 46. Superfici occupate dalle tipologie di ecosistemi al 2018

Classe	Tipologie di ecosistemi	ha	%
1	Insediamenti e altre aree artificiali	2.125.986	7,05
2	Aree agricole	12.832.052	42,57
3	Pascoli e prati seminaturali e naturali)	3.058.125	10,15
4	Foresta e bosco	9.113.608	30,24
5	Brughiera e arbusteti	1.101.037	3,65
6	Aree con vegetazione rada	1.399.162	4,64
7	Zone umide interne	18.052	0,06
10	Insenature marine e acque di transizione	140.988	0,47
11	Spiagge costiere, dune e zone umide	88.416	0,29
12	Ecosistemi marini	12.529	0,04
13	Fiumi, canali e laghi	250.005	0,83

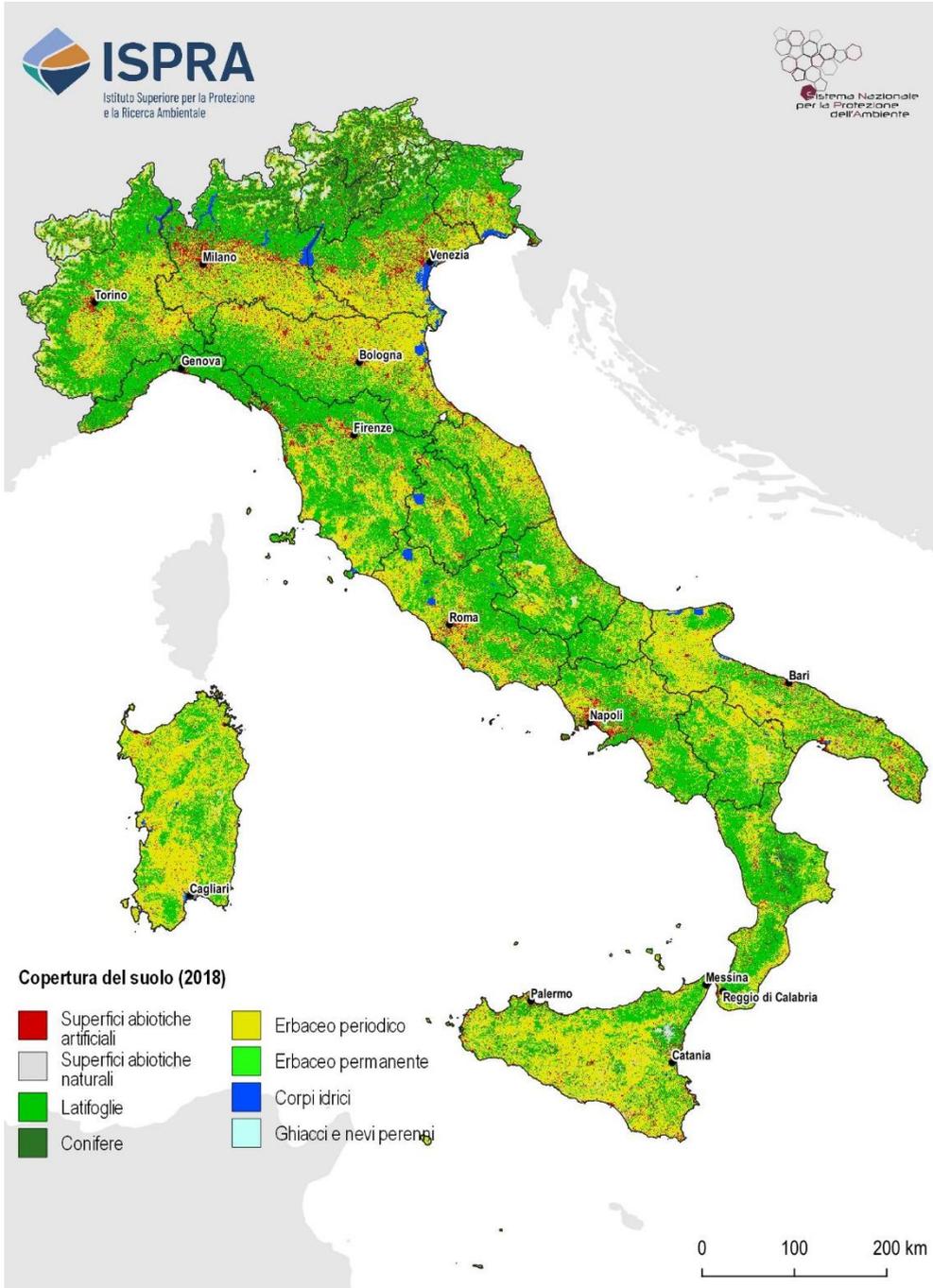


Figura 70. Copertura del suolo da classificazione automatica di dati Sentinel-1 e Sentinel-2



Figura 71. Carta delle tipologie di ecosistemi

- Mappatura della copertura del suolo da classificazione di immagini Sentinel-2 tramite strumenti di *Machine Learning*

Il *Machine Learning* (ML) è una branca dell'Intelligenza Artificiale che effettua previsioni di risultati probabili partendo dall'osservazione dei dati. Nel 1959, Arthur Samuel, lo ha descritto come "il campo di studio che dà ai computer la capacità di apprendere senza essere esplicitamente programmati". In altre parole, si tratta di sviluppare programmi informatici che migliorano automaticamente con l'esperienza, apprendendo e perfezionandosi attraverso l'analisi dei dati che ricevono.

Il recente sviluppo dei *big-data* geografici rende la disciplina promettente per il monitoraggio del territorio. In questo senso ISPRA ha avviato diverse attività sperimentali per la definizione di una metodologia per la mappatura della copertura del suolo basata sull'integrazione di geo-data e strumenti di ML (Cecili *et al.* 2022; Cecili *et al.*, 2023). Tali sperimentazioni sono state condotte utilizzando il sistema di classificazione di Tabella 47, concepito in linea con il modello Europeo EAGLE e coerente con quello utilizzato in altre esperienze di mappatura della copertura del suolo condotte da ISPRA e descritte nei paragrafi precedenti (Tabella 47).

Tabella 47. Sistema di classificazione adottato per la classificazione della copertura del suolo Sentinel tramite strumenti di machine learning

Classe	Copertura del suolo
1	Superfici abiotiche - non vegetate
1.1	Superfici artificiali ed edificati
1.2	Superfici naturali
2	Superfici vegetate
2.1	Vegetazione legnosa
2.2	Vegetazione erbacea
3	Corpi idrici

La prima attività sperimentale ha riguardato la mappatura della copertura del suolo del comune di Roma (con estensione circa 64 km²) utilizzando algoritmi di *Deep Learning* (DL), un sottoinsieme del ML. In questo senso, mentre il ML fa uso di algoritmi tradizionali, l'elemento cardine del DL sono le reti neurali artificiali, degli algoritmi con struttura gerarchica e multistrato, progettati per simulare il funzionamento del cervello umano.

La procedura si basa sulla classificazione automatica della copertura del suolo a partire da immagini multispettrali Sentinel-2, e si articola in cinque fasi: raccolta e pre-processamento dei dati, addestramento del modello predittivo, classificazione, validazione.

Le elaborazioni sono state eseguite su singola data e in multi-temporale, considerando le bande spettrali con risoluzione a 10 m delle immagini Sentinel-2. Per ridurre i tempi di processamento e la complessità dei modelli, è poi stata applicata la PCA (*Principal Component Analysis*) come tecnica per ridurre la dimensionalità del dato.

Come set di dati di training, sono stati estratti 150.000 punti dalla carta di copertura del suolo di Roma curata da ISPRA e Roma Capitale. Per la fase di addestramento si è fatto uso di *Convolutional Neural Network* (CNN), gli algoritmi di DL più diffusi per l'analisi delle immagini.

Sono stati impiegati e comparati 2 modelli CNN: VGG16, DenseNet121. Entrambi i modelli sono stati implementati con librerie *Python* per il *Machine Learning* (*TensorFlow*) ed il *Remote Sensing* (*Orfeo ToolBox* e *GDAL*). È stata inoltre adottata la tecnica di *dropout* al fine di evitare problemi di *overfitting*. L'addestramento a 100 epoche di 8 esperimenti ha generato altrettanti modelli predittivi, impiegati per realizzare classificazioni automatiche della copertura del suolo sull'area di studio (Tabella 48). Tutte le classificazioni ottenute sono state poi sottoposte a verifica di accuratezza tramite campionamento e fotointerpretazione di un opportuno campione casuale di punti.

Tabella 48. Dataset e algoritmi di classificazione utilizzati per la conduzione degli 8 esperimenti e accuratezza raggiunta dalla classificazione risultante

Esperimento	Tipo	Algoritmo	Data	Accuratezza
1	Singola data	VGG16	22/03/2019	0.75
2		VGG16	25/07/2019	0.84
3		VGG16	08/10/2019	0.74
4		DenseNet121	22/03/2019	0.67
5		DenseNet121	25/07/2019	0.72
6		DenseNet121	08/10/2019	0.70
7	Multi-temporale	VGG16	22/03/2019	0.87
			25/07/2019	
8		DenseNet121	22/03/2019	0.69
			25/07/2019	
			08/10/2019	



1.1 Superfici artificiali ed edifici



1.2 Superfici naturali (non vegetate)



2.1 Vegetazione legnosa



2.2 Vegetazione erbacea

Figura 72. Esempi di classi di copertura del suolo ottenuti da classificazione automatica di dati Sentinel tramite strumenti di *Machine Learning*

Una seconda attività di mappatura ha riguardato la classificazione della copertura del suolo del comune di Pescara ed è articolata in tre fasi principali: raccolta e preparazione dei dati, addestramento del modello di DL e validazione e test dei modelli risultanti.

Nella fase di raccolta e preparazione dei dati sono state selezionate immagini Sentinel-2 acquisite tra il 2018 e il 2021, considerando inizialmente la serie completa di 10 bande a 10 e 20 metri, ridotte successivamente a 6. Sono stati condotti ulteriori esperimenti per l'integrazione di indici spettrali, come il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e il *Normalized Difference Water Index* (NDWI), al fine di migliorare l'identificazione di vegetazione ed acqua.

Per affrontare l'alta dimensionalità dei dati è stata svolta un'analisi delle componenti principali (PCA) e sono state effettuate operazioni aggiuntive di pre-elaborazione, tra cui l'applicazione di *padding* per uniformare le dimensioni delle immagini, la rimozione degli elementi privi di etichette al fine di ridurre il rumore nei dati e il bilanciamento delle classi, considerando la presenza di classi con distribuzione sbilanciata.

La fase di addestramento e validazione del modello ML ha previsto l'implementazione di una *Convolutional Neural Network* (CNN) a 6 strati, facendo uso della libreria *TensorFlow*. Sono state esaminate due strategie di addestramento: nel primo caso (scenario A) il modello è stato addestrato utilizzando immagini provenienti da diverse stagioni ma riferite allo stesso anno mentre nel secondo (scenario B) sono state utilizzate immagini dallo stesso periodo ma relative a tre anni diversi (Tabella 49).

Tabella 49. Periodo di riferimento delle immagini Sentinel-2 utilizzate per la conduzione dei due esperimenti

Esperimento	Date di acquisizione
Esperimento A	6 aprile 2018
	21 luglio 2018
	13 ottobre 2018
Esperimento B	20 luglio 2018
	25 luglio 2019
	21 luglio 2020

Al fine di ottimizzare il modello sono stati definiti intervalli di valori per i parametri della rete e successivamente è stato eseguito un processo di addestramento iterativo,

esplorando varie combinazioni di valori dei parametri tramite un approccio basato su "trial and error". Durante questa fase, le prestazioni del modello sono state valutate attraverso metriche standard del machine learning, quali l'accuratezza, la precisione, il *recall*, l'accuratezza complessiva e la *F1-score* (Tabella 50).

Tabella 50. Lista dei parametri e dei relativi valori considerati e testati per la conduzione dei diversi esperimenti. Label data = Dati utilizzati per etichettare le classi nei dati di addestramento, window size = Numero di pixel considerati contemporaneamente in un'analisi, Train/test size = Proporzione in cui i dati sono suddivisi tra dataset di addestramento e di test, PCA= numero di componenti principali da mantenere dopo la riduzione della dimensionalità, Learning rate = lperparametro che regola la velocità di apprendimento dei pesi durante l'addestramento, Epochs = Numero di iterazioni nell'addestramento, Batch size = numero di campioni elaborati simultaneamente in una singola iterazione dell'addestramento.

Parametro	valori
Bande spettrali (Sentinel-2)	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 8°, 11, 12
Indici spettrali	NDVI, NDWI
Label data	Carta del suolo consumato, Urban Atlas
Window size	15, 21, 27, 33, 47
Train/test size	70:30, 80:20
PCA	5, 3
Learning rate	0.001, 0.0001
Epoche	30, 50, 80, 100, 150
Batch size	256, 512, 1024

I modelli predittivi risultanti dall'addestramento sono stati utilizzati per condurre la classificazione automatica della copertura del suolo nell'area di Pescara per il 2021, che è stata sottoposta a validazione per verificare l'efficacia del modello. Nel complesso l'esperimento A (acquisizioni relative a periodi diversi dello stesso anno) ha mostrato risultati migliori rispetto all'esperimento B indipendentemente dalla combinazione di parametri utilizzata; in Tabella 51 sono riportati i valori di accuratezza relativi alle quattro combinazioni di parametri che hanno fornito i risultati migliori, con riferimento all'esperimento A.

Tabella 51. Risultati della verifica di accuratezza. OA= Overall Accuracy, UA= User Accuracy, PA= Producer Accuracy

		Esperimento			
		n.93	n.94	n.95	n.96
Artificial abiotic surf.	PA	0.91	0.84	0.90	0.8
	UA	0.64	0.66	0.69	0.69
Natural abiotic surf.	PA	0.79	0.84	0.79	0.79
	UA	0.89	0.81	0.91	0.73
Woody vegetation	PA	0.48	0.46	0.51	0.46
	UA	0.84	0.76	0.85	0.81
Herbaceous vegetation	PA	0.68	0.69	0.74	0.72
	UA	0.71	0.70	0.72	0.66
Water surfaces	PA	0.80	0.78	0.80	0.82
	UA	0.81	0.80	0.83	0.75
OVERALL ACCURACY		0.73	0.72	0.75	0.71

Figura 73 è mostra la mappa di copertura del suolo ottenuta applicando la configurazione di parametri n.95 al set di immagini dell'esperimento A. In particolare, la carta è basata sull'uso delle bande 2, 3, 4, 8, 11, 12 del Sentinel-2, integrate con l'NDVI; l'elaborazione è stata condotta con 50 iterazioni (epoche) di addestramento, mantenendo 5 componenti principali dalla PCA, un *learning rate* di 0.0001, un rapporto *train/test size* di 70:30 e una *window size* di 47 *pixel*.

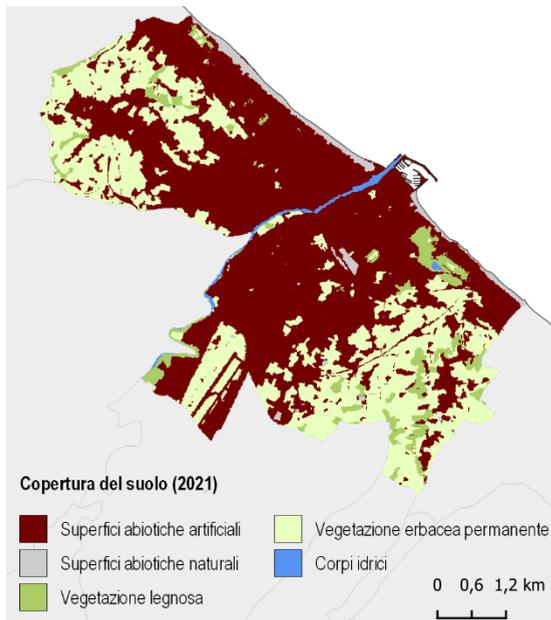


Figura 73. Classificazione della copertura del suolo del comune di Pescara al 2021 tramite tecniche di *Deep Learning*.

LE AREE URBANE

Le aree urbane rivestono un ruolo centrale nell'analisi delle dinamiche evolutive e nello studio delle alterazioni degli equilibri territoriali; i processi di urbanizzazione sono infatti tra le principali cause dell'aumento di degrado di suolo e habitat e dell'incremento del grado di frammentazione delle aree naturali, con conseguenze sullo stato della copertura del suolo, sugli ecosistemi, sul ciclo idrologico e in generale sulla capacità dei territori di rispondere positivamente ai rischi connessi con i cambiamenti climatici.

Negli ultimi decenni l'evoluzione delle aree urbane è stata caratterizzata da una progressiva accelerazione e da una significativa evoluzione, che hanno portato a una nuova era dei processi urbani.

Se al 2018 il 55% della popolazione mondiale viveva in aree urbane, si prevede che questa quota raggiungerà il 68% entro il 2050 segnando il XXI secolo come l'epoca dell'urbanizzazione e della lotta alla crisi climatica e ambientale (UN DESA, 2019). Le città sono più estese di quanto non lo siano mai state nella storia dell'uomo e mostrano una tendenza inedita all'espansione al di fuori dei margini del centro urbano su terreni agricoli e aree naturali, indipendentemente dalla crescita demografica, con effetti significativi sulle emissioni globali di gas serra, sull'accessibilità ai servizi pubblici e sull'aumento delle temperature. La crescita di questa consapevolezza e la rilevanza che tali dinamiche hanno sull'ambiente e sulla salute umana hanno influenzato la stesura di numerose strategie politiche orientate a migliorare la qualità della vita nelle aree urbane, come le strategie del *Green Deal* Europeo o la *New Urban Agenda*. Il monitoraggio della sostenibilità ambientale e sociale delle città è anche il tema dell'obiettivo di sviluppo sostenibile numero 11 delle Nazioni Unite. In questo senso, sviluppare strumenti e metodologie di monitoraggio delle aree urbane sempre più dettagliate e in linea con gli indicatori degli SDG's può sostenere l'adozione di azioni di mitigazione in grado di rispondere ai target delle principali politiche internazionali, europee e nazionali.

I fenomeni di urbanizzazione avvengono con sempre maggiore intensità ai margini della città consolidata e in contesti agricoli e naturali ad elevata valenza ecologica. Alla tendenza all'addizione successiva dei nuclei urbani consolidati, si associano nuove forme urbane discontinue, eterogenee e frammentate, che generano aree

ibride e disperse non definibili propriamente né in termini di area urbana né di area rurale. Tale sfrangiamento dei margini delle aree urbane ne rende più complessa la delimitazione e pone dei limiti alla definizione di un criterio univoco per circoscriverle.

In questo senso, sono state portate avanti numerose esperienze nella definizione di criteri per individuare la dimensione spaziale delle aree urbane, con riferimento al contesto italiano ma anche a scala europea e globale (Tabella 52). Le diverse metodologie differiscono tra loro in primo luogo per l'approccio utilizzato, in alcuni casi riferito a una caratterizzazione basata sull'osservazione della sola presenza di superfici artificiali, mentre in altri

casi vengono utilizzate informazioni sull'uso e copertura del suolo, anche integrate con dati demografici o con informazioni di carattere economico.

ISPRA propone tre diverse metodologie per la rappresentazione delle aree urbane, tutte basate sulla Carta nazionale del consumo di suolo. Nel primo caso la delimitazione delle diverse tipologie di tessuto urbano considera esclusivamente elementi legati alla densità di superfici artificiali, mentre nella seconda e terza rappresentazione vengono presi in considerazione anche dati sulla densità di popolazione, considerando diversi livelli di dettaglio.

Tabella 52. Caratteristiche dei principali dati disponibili per il territorio italiano per la rappresentazione delle aree urbane

Produttore	Dato	Tipo	Formato	Copertura	Risoluzione geometrica	classi	Primo	Risoluzione temporale	Ultimo
Joint Research Center (GHSL)	GHS - Built - Surface	Sorgente	Raster	Globale	10 m 100 m 1km	1 o 2	1975	5 anni	2030
	GHS - SMOD	Derivato	Raster Vettoriale	Globale	1 km	8 -	1975	5 anni	2030
	GHS - Built - Characteristics	Derivato	Raster	Globale	10 m	15	2018	-	2018
	GHS - FUA	Derivato	Vettoriale	Globale	1 km	-	2018	-	2018
	European Settlement Map	Sorgente	Raster	Europea	2 m 10 m	3 3	2012	3 anni	2015
OSM	OSM built-up features	Sorgente	Vettoriale	Globale	-	Key e Value	2004	48 ore	
Google	Dynamic World	Sorgente	Raster	Globale	10 m	9	2021	Near real-time	
Copernicus	Corine Land Cover	Sorgente	Vettoriale	Europea	25 ha	44	2000	6 anni	2018
	Urban Atlas	Sorgente	Vettoriale	800 città Europee	Da 0,25 ha a 1 ha	27	2006	6 anni	2018
	Imperviousness	Sorgente	Raster	Europea	10 m - 100 m	2	2018	-	2018

	(Built - up)								
	CLC+ Back-bone	Sorgente	Raster	Europea + UK	10 m	11	2018	2 anni	2018
		Sorgente	Vettoriale		0,5 ha	18			
ISTAT	Sezioni di censimento	Sorgente	Vettoriale	Nazionale	da 1:5.000 a 1:25.000	-	1991	10 anni	2011
Agenzia delle Entrate	Osservatorio del Mercato Immobiliare	Derivato	Vettoriale	Nazionale	1:5.000	5	2006	6 mesi	2022
ISPRA	Carta Nazionale del Consumo di suolo	Sorgente	Raster	Nazionale	10 m	22	2006	1 anno	2022
	Grado di artificializzazione	Derivato	Raster	Nazionale	10 m	3	2006	1 anno	2022
	Grado di urbanizzazione	Derivato	Raster	Nazionale	10 m	4	2012 (pop 2011)	1 anno	2022 (pop 2011)
	Conti-num urbanorurale	Derivato	Raster	Nazionale	10 m	8	2018	-	2018

Il contesto internazionale ed europeo

Il Joint Research Centre (JRC)⁵⁹ ha introdotto fra il 2008 e il 2011 il concetto di **Global Human Settlement Layer** (GHSL) con l'obiettivo di fornire dati dettagliati e a scala globale di supporto nella comprensione della struttura urbana e inerenti distribuzione spaziale delle superfici costruite, uso prevalente, densità di popolazione, caratteristiche morfologiche e informazioni su altezza e volumi dell'edificato (Figura 74).

Il dato **GHS-BUILT-S** (*built-up surface*) fornisce informazioni sulla distribuzione delle superfici artificiali e sulla loro evoluzione tra il 1975 e il 2030 distinguendo la superficie totale edificata dalla porzione non residenziale. Il dato è disponibile con risoluzione di 10 100 e 1.000 metri

ed è ricavato dall'applicazione di strumenti di *symbolic machine learning* su dati *Sentinel-2*.

Il **GHSL-OECD-FUAs** è realizzato in collaborazione con l'OCSE e propone una mappatura delle *Functional Urban Area* basata su una procedura di classificazione automatica che utilizza dati su tempi di percorrenza, superficie e popolazione del centro urbano e PIL pro capite a livello nazionale. La rappresentazione non dipende dalle unità amministrative, ma utilizza come elementi spaziali le celle di un grigliato di popolazione di lato 1 km.

Il dato **GHS-BUILT-C** (*Settlement Characteristics*) fornisce una rappresentazione, a 10 metri di risoluzione, delle caratteristiche interne degli insediamenti in termini morfologia e uso, distinguendo in primo luogo spazi aperti

⁵⁹ Il Centro Comune di Ricerca è il servizio scientifico interno della Commissione Europea. Fornisce un supporto al processo decisionale dell'UE mediante consulenze scientifiche indipendenti.

(separando la rete viaria con il dato *OpenStreetMap* e vegetazione e corpi idrici con soglie di NDVI calcolato su dati Senteinel-2) e edificati (distinti in edificato compatto e sparso). Al secondo livello vengono individuate 15 classi di zone morfologiche: 5 per la caratterizzazione degli spazi aperti, 5 per le aree residenziali e 5 per le aree non residenziali; le zone residenziali e non residenziali vengono distinte in base all'informazione sull'altezza degli edifici (GHS-BUILT-H, anch'essa offerta nell'ambito dei prodotti GHSL).

Il **GHS-SMOD** (*Settlement Model grid*) (Florczyk *et al.*, 2019) combina dati sulla densità di "Built-up"⁶⁰ e sulla densità di popolazione per produrre uno strato in linea con la metodologia proposta da Eurostat per il miglioramento delle statistiche urbane, superando la tradizionale dicotomia urbano-rurale e passando a una classificazione dell'intero territorio nazionale in termini di *continuum* urbano-rurale.

Il dato è prodotto a scala globale secondo un sistema di classificazione che individua al primo livello di classificazione le tre macro-classi descritte da Eurostat:

- Centri urbani ad alta densità
Zone con densità di popolazione superiori a 1.500 abitanti per km² e densità di built-up superiori al 50%, in aggregati di almeno 50.000 abitanti;
- Gruppi urbani a media densità
Zone con densità di popolazione di almeno 300 abitanti per km² e densità di built-up superiori al 3% o zone con densità di popolazione superiore a 1.500 abitanti per km² e densità di built-up superiori al 50%, in aggregati di almeno 5.000 abitanti;
- Zone rurali
Tutte le aree che non rientrano nelle precedenti classi.

Le classi "Gruppi urbani a media densità" e "Zone rurali" vengono approfondite con maggiore dettaglio tematico al secondo livello di classificazione, introducendo per ciascuna 3 sottoclassi

Con riferimento ai "Gruppi urbani a media densità" vengono individuati:

- Gruppi urbani densi, zone con densità di popolazione di almeno 1.500 abitanti per km² e una popolazione complessiva compresa tra 5.000 e 50.000 abitanti;
- Gruppi urbani semi-densi, zone con una densità di popolazione di almeno 300 abitanti per km² e una popolazione complessiva di almeno 5.000 abitanti;
- Aree suburbane o periurbane, zone urbane a media densità che non rientrano nelle precedenti classi;

Le "Zone rurali" vengono invece suddivise in:

- Zone rurali a bassa densità, aree con una densità di popolazione di almeno 50 abitanti per km²;
- Zone rurali a densità molto bassa, aree con una densità di popolazione inferiore a 50 abitanti per km²;
- Acqua, aree in cui la metà della cella è coperta da corpi idrici permanenti e sono assenti sia le superfici artificiali che la popolazione.

L'European Settlement Map è uno dei prodotti offerti nell'ambito dei *Global Human Settlement layers* della Commissione Europea e fornisce una mappatura in due livelli che consente di distinguere le aree edificate residenziali da quelle non residenziali con dettaglio di 10 metri.

- Il primo livello di classificazione individua le aree edificate ("built-up") al 2015 con risoluzione spaziale di 2 metri, tramite classificazione di dati satellitari ad altissima risoluzione (*Pleiades*, *Airbus*, *DEIMOS*, *GeoEye*, *Spot*) con strumenti di *Symbolic Machine Learning* che operano in combinazione con caratteristiche di texture e morfologia degli oggetti presenti sulle immagini (Corbane C., *et al.* 2020).
- Il secondo livello di classificazione permette di distinguere le aree edificate in residenziali e non residenziali con dettaglio di 10 metri; tale attività è svolta utilizzando come dato ancillare il dato di uso e copertura del suolo prodotto nell'ambito del progetto ENACT (*ENhancing ACTivity and population*

⁶⁰ Per "Built-up" viene intesa tutta l'area che include le costruzioni che si elevano oltre il livello del suolo e che vengono usate come riparo

per uomini, animali o cose e per attività produttive o economiche (Pesaresi *et al.*, 2013).

mapping) della Commissione Europea, di derivazione CORINE Land Cover 2012 con dettaglio aumentato a 1 ettaro (Rosina K., et al. 2020).

Dynamic world è uno strumento *cloud-based* sviluppato da Google e dal *World Resources Institute* che consente la mappatura dell'uso e della copertura del suolo a scala globale in *Near Real-Time*, con risoluzione spaziale di 10 metri. *Dynamic World* è ottenuto dall'applicazione di algoritmo di deep learning alla classificazione di dati Sentinel e consente anche la produzione di dati derivati per studi specifici. Lo strato di uso e copertura del suolo adotta un sistema di classificazione in linea con le classi suggerite dall'IPCC *Good Practice Guidance* (corpi idrici, vegetazione arborea, vegetazione erbacea, zone umide, seminativi, vegetazione arbustiva, edificato, suolo nudo, ghiacci e nevi). Con riferimento alla classe di edificato, questa include (Brown, C.F., 2022):

- Agglomerati urbani o strutture artificiali molto estese;
- Edifici a uso residenziale, industriale o commerciale e le relative aree pertinenziali;
- Aree miste, con presenza di edifici e infrastrutture a media o bassa densità di costruito alternata ad aree vegetate;
- Principali infrastrutture viarie.

Il Progetto ***OpenStreetMap*** (OSM) è una delle più importanti iniziative di *Volunteered Geographical Information* internazionali (VGI), nell'ambito della quale viene realizzata una rappresentazione open source ad altissima risoluzione dell'uso e della copertura del suolo a scala globale. Le informazioni sono digitalizzate in formato vettoriale, corredando ciascuna geometria con attributi (o "chiavi"), alcuni dei quali di interesse per la definizione dell'area urbana: *Land use, Highway, Railway, Buildings*.

Tali chiavi possono in fatti essere ricondotte al secondo livello di classificazione della classe di "superfici artificiali" di Urban Atlas; inoltre, quelle relative a "land use" e "buildings" consentono di distinguere l'uso residenziale dal non residenziale (Cidàlia, F., 2016 e Brinkhoff T., 2016).

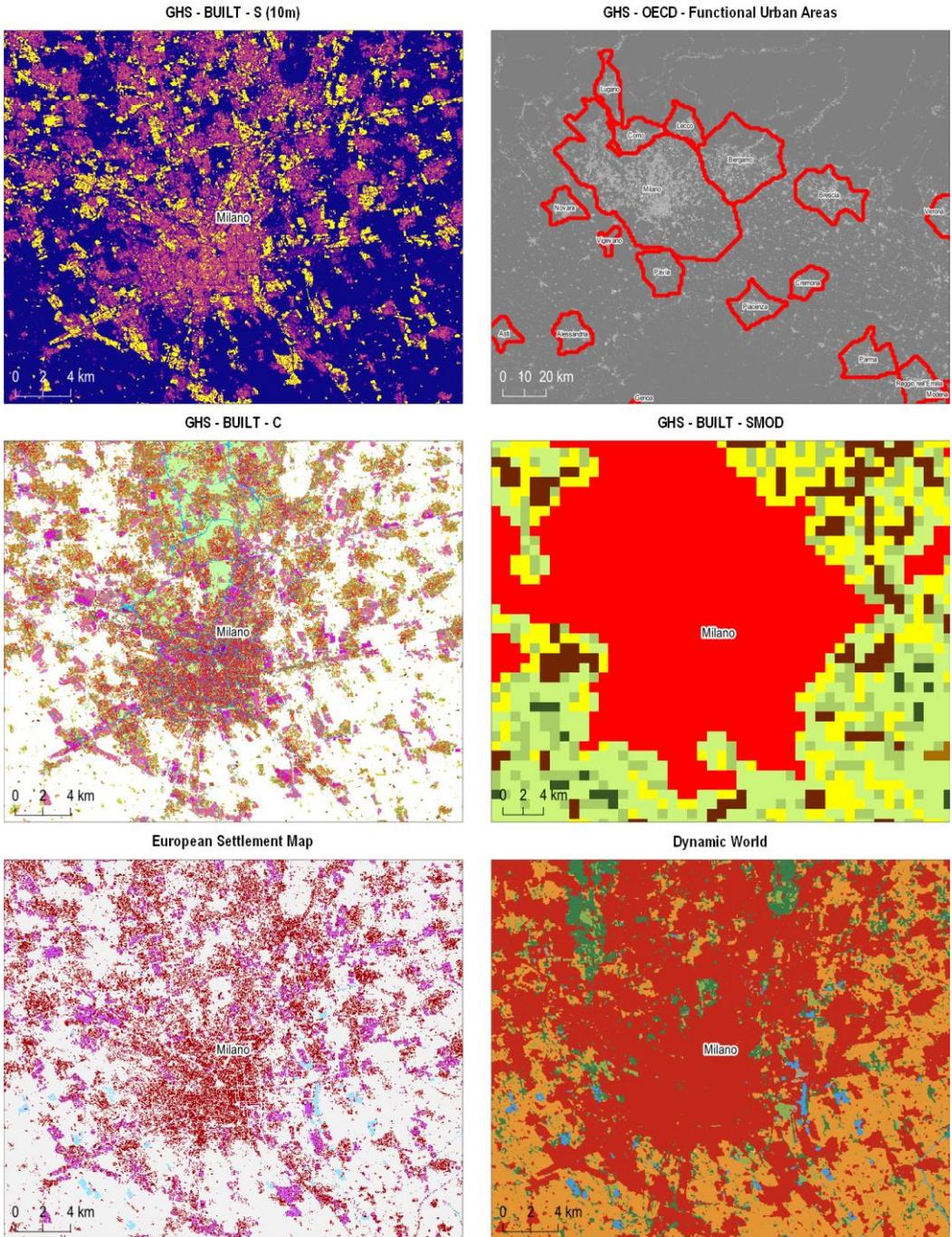


Figura 74. Esempio della rappresentazione dell'area urbana di Milano rispetto ai principali dati disponibili a livello internazionale ed europeo

Il Programma Copernicus

I dati *Urban Atlas* e *CORINE Land Cover* del Servizio di *Land Monitoring* del Programma Copernicus (CLMS) fanno riferimento a una definizione di area urbana che considera le aree stabilmente popolate e le superfici dominate dall'influenza delle attività umane, escludendo quelle a uso agricolo. Queste aree comprendono tutte le strutture artificiali (edifici, strade, tutte le infrastrutture e le altre aree pavimentate) e le superfici non impermeabilizzate e vegetate ad esse associate.

Il dato **CORINE Land Cover** (CLC) afferisce alla componente Pan-europea del CLMS e dal 1990 garantisce una mappatura dell'uso e della copertura del suolo con dettaglio spaziale di 25 ettari per l'intero territorio europeo. La classe 1 CLC descrive le "Aree artificiali", distinguendole in funzione dell'uso prevalente, in:

- "Urban fabric", aree edificate, suddivise in continue (se la copertura artificiale copre oltre l'80% dell'area) e discontinue (se la densità è compresa tra 30 e 80%);
- Aree a uso prevalentemente commerciale e industriale e infrastrutture per il trasporto e la logistica (come porti, aeroporti, strade e ferrovie)
- Cave, discariche e aree di cantiere;
- Aree verdi urbane e strutture ricreative e per attività sportive.

Il dato *Urban Atlas* afferisce alla componente Locale del CLMS e fornisce una mappatura ad alta risoluzione spaziale per l'uso e la copertura del suolo delle aree urbane funzionali (FUA), definite come l'insieme delle città centrali e delle relative zone di pendolarismo, con riferimento agli anni 2006, 2012 e 2018.

Il dato ha una risoluzione spaziale più alta per le aree urbane (minima unità mappabile di 0,25 ettari) rispetto alle aree naturali (1 ettaro). Sono presenti, inoltre, due strati di cambiamento, relativi al periodo 2006-2012 e 2012-2018, con un dettaglio maggiore per i cambiamenti riferiti alle classi urbane. *Urban Atlas* adotta un sistema di classificazione a quattro livelli basato su quello CLC, con dettaglio tematico più elevato per le aree artificiali. In particolare, con riferimento alla classe 1 "aree artificiali", al secondo livello di classificazione vengono distinte:

- "Urban fabric", aree edificate, suddivise in continue (se la copertura artificiale copre oltre l'80% dell'area) e discontinue (se la densità di artificiale è

inferiore all'80%, queste aree sono poi ulteriormente caratterizzate in 4 sottoclassi al terzo livello di classificazione) e edifici isolati;

- Aree a uso prevalentemente commerciale e industriale, edifici pubblici e militari e infrastrutture per il trasporto e la logistica (come porti, aeroporti, strade e ferrovie);
- Cave, discariche e aree di cantiere;
- Aree verdi urbane e strutture ricreative e per attività sportive.

La versione 2018 del dato fornisce una mappatura dell'uso e della copertura del suolo per 788 FUA europee. In Italia il dato è disponibile su 84 FUA, per un'estensione complessiva di 64.805 km², pari al 21,5% della superficie nazionale.

Rispetto al dato GHSL-OECD-FUAs, che fa riferimento a un grigliato regolare di lato 1 km, *Urban Atlas* include all'interno della FUA l'intero territorio dei comuni contigui con almeno metà della popolazione ricadente all'interno del centro urbano principale e nei quali almeno il 15% degli occupati alimenta flussi di pendolarismo, secondo la definizione OCSE (UN, 2019).

Nell'ambito della componente Pan-Europea di Copernicus sono presenti anche i dati *High Resolution Layers* e il nuovo CLC+ *Backbone*, che forniscono una mappatura della copertura del suolo utile per l'analisi delle aree impermeabilizzate in ambito urbano.

Gli **High Resolution Layers (HRL)** sono quattro famiglie di *dataset* derivanti da classificazione semi-automatica di dati Sentinel; tra questi, risultano di interesse gli strati relativi all'*Imperviousness*, che forniscono una mappatura per le aree a copertura artificiale per gli anni 2006, 2009, 2012, 2015 e 2018 e sono costituiti da 'status layers' che comprendono l'*Imperviousness Density* (IMD) e l'*Imperviousness Built-up* (IBU) e dai relativi *change layers*. L'*Imperviousness Density* descrive il grado di impermeabilizzazione dei pixel in valori percentuali da 0 a 100, mentre l'*Imperviousness Built-up* individua le aree edificate (ossia dove sono presenti edifici o manufatti con una determinata altezza dal terreno).

Il dato **CLC+ Backbone** fornisce una mappatura per le superfici artificiali da un punto di vista di pura copertura del suolo, con dettaglio a 10 metri per il 2018 (cfr. § Uso e copertura del suolo).

Il contesto nazionale

L'Istituto Nazionale di Statistica produce dal 1991 e aggiorna con cadenza decennale i dati geografici del sistema delle basi territoriali relativo alle **sezioni di censimento** (Figura 75). Il dato è disponibile in formato vettoriale a scala compresa tra 1: 5.000 e 1: 25.000 e offre informazioni relativamente alla tipologia di località per il 2001 e il 2011, distinguendo:

- centri abitati;
- nuclei abitati;
- località produttive;
- case sparse.

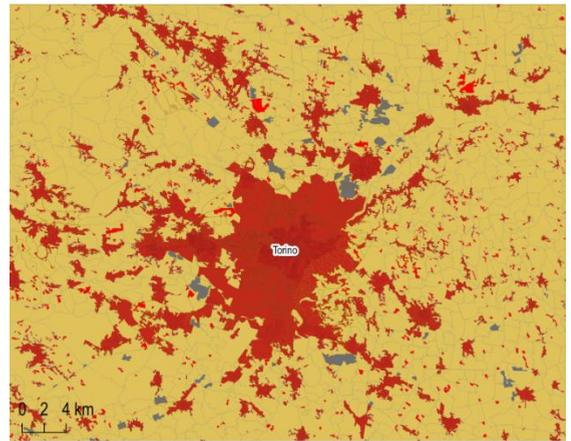
L'approccio spaziale per descrivere le aree urbane adottato dall'**Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI)** dell'Agenzia delle Entrate è diverso dai precedenti e basato sulla ripartizione degli ambiti amministrativi comunali in insiemi omogenei in termini di comportamento del mercato immobiliare. In particolare, il primo livello di classificazione offre una mappatura degli ambiti amministrativi comunali in 5 fasce:

- centrale, è la porzione di territorio comunale coincidente con il centro urbano del comune;
- semicentrale, immediatamente contigua al centro urbano e connessa per servizi, trasporti e infrastrutture;
- periferica, contigua alla fascia centrale o semicentrale;
- suburbana, che contiene le aree urbanizzate separate dall'agglomerato urbano del comune da una barriera naturale o artificiale;
- extraurbana, caratterizzata da un'attività economica prevalentemente agricola e da edificazione quasi o del tutto assente.

L'aggiornamento delle zonizzazioni comunali avviene con cadenza semestrale in aree specifiche che hanno subito cambiamenti strutturali del territorio e/o mutamento del mercato immobiliare locale, oppure a cadenza decennale coerentemente con lo sviluppo urbanistico del territorio. Sebbene il dato offra una descrizione della distribuzione spaziale delle aree urbane, è importante considerare che nell'assegnazione di una porzione di territorio a una determinata fascia vengono presi in considerazione anche fattori che vanno oltre la composizione spaziale del territorio e le dinamiche insediative; tali fattori

sono legati ad esempio alla variazione complessiva dei livelli di qualità urbana, i quali possono determinare un mutamento dei valori immobiliari e dei vantaggi ottenibili in termini di rendita fondiaria, incidendo sull'assegnazione ad una determinata classe.

Sezioni di censimento ISTAT - Tipologia di località



Osservatorio del Mercato Immobiliare - Fasce

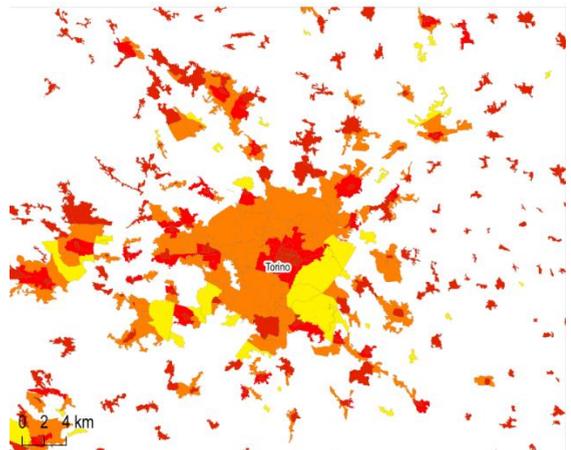


Figura 75. Esempio della rappresentazione dell'area urbana di Torino rispetto ai principali dati offerti a livello nazionale da ISTAT e dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare dell'Agenzia delle Entrate

Le proposte di ISPRA per la mappatura delle aree urbane

ISPRA ha svolto una caratterizzazione del *continuum* urbano-rurale secondo due approcci, basati sull'analisi della densità delle superfici artificiali (nel primo caso) e

integrando tale informazione con dati sulla densità demografica (nel secondo e nel terzo; Figura 76).

Il primo approccio descrive la **densità delle superfici artificiali** a partire dalla carta nazionale del consumo di suolo, considerando la densità media del costruito in un raggio di 300 metri. Il territorio nazionale è stato quindi suddiviso in aree urbane, suburbane e rurali, in accordo con le soglie indicate nell'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile numero 11 dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite. In particolare, vengono individuate le seguenti classi di densità:

- **Artificiale compatto**
Contesto prevalentemente artificiale, caratterizzato da una percentuale di suolo consumato maggiore del 50% in un intorno di 300 metri;
- **Artificiale a media/bassa densità**
Contesto a media o bassa densità di suolo consumato: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato è compresa tra il 10 e il 50%;
- **Artificiale assente o rado**
Contesto prevalentemente agricolo o naturale o costruito a bassissima densità: entro una distanza di 300 m la percentuale di suolo consumato è inferiore al 10%.

L'analisi del dato al 2022 mostra un'estensione delle aree ad alta densità (artificiale compatto) pari al 2,9% della superficie nazionale, mentre le aree artificiali a media/bassa densità coprono il 15,4%. Il restante 81,7% del territorio è occupato da aree rurali con superfici artificiali rade o assenti (Tabella 53). Nel periodo compreso tra il 2006 e il 2022 si è assistito a un incremento delle aree urbane dense di oltre 900 km², mentre l'espansione del suburbano ha riguardato quasi 2.500 km². Quest'ultima classe è quella più dinamica per una serie di cause, prima tra tutte la predisposizione alla trasformazione delle aree libere rimaste incluse nelle aree urbanizzate o intercluse tra gli assi infrastrutturali o in territori che hanno già perso il carattere di diffusa naturalità.

Tabella 53. Grado di urbanizzazione valutato attraverso la densità delle superfici artificiali. Estensione (km² e percentuale) delle aree nelle classi di densità. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	2006	2022
Aree urbane/artificiale compatto (km ²)	7.884	8.805
Aree urbane/artificiale compatto (%)	2,6	2,9
Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità (km ²)	43.889	46.471
Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità (%)	14,6	15,4
Aree rurali/artificiale assente o rado (km ²)	249.626	246.124
Aree rurali/artificiale assente o rado (%)	82,8	81,7

Analizzando il grado di urbanizzazione a scala regionale (Tabella 54), la Lombardia risulta essere al 2022 la regione con la maggiore estensione delle aree urbane, sia in termini di estensione complessiva (1.759 ettari) che di percentuale del territorio regionale occupato dalla classe. In termini assoluti la Lombardia è anche la regione con la più estesa superficie coperta da aree artificiali a media/bassa densità, mentre la più alta percentuale del territorio regionale classificato come suburbano si riscontra in Veneto (dove occupa poco meno del 30% del territorio). Importante in Veneto anche la presenza di urbano, che occupa il 5,4% del territorio regionale, anche se con valori assoluti pari a quasi la metà di quelli della Lombardia. In Valle d'Aosta, Molise e Basilicata le aree urbane occupano meno dello 0,5% del territorio regionale; bassi i valori anche in Trentino-Alto Adige Umbria, Abruzzo, Calabria e Sardegna, dove l'artificiale compatto non arriva al 2% del territorio. L'artificiale a media/bassa densità supera il 10% della superficie regionale in 15 delle 20 regioni.

Dal punto di vista delle variazioni di estensione delle classi verificatesi tra il 2006 e il 2022, si registra in tutte le regioni un passaggio delle aree rurali in aree suburbane e urbane (Tabella 55). La maggiore diminuzione delle aree rurali, sia in termini assoluti che di variazione percentuale, si è verificata in Puglia, dove oltre 500 ettari di territorio hanno assistito a un incremento della densità di coperture artificiali, passando a urbano (+13,3%) e su-

burbano (+15,7%). L'espansione delle aree a alta densità di costruito ha riguardato soprattutto Lombardia (+155 ettari) e Veneto (+124 ettari), dove si concentra

quasi un terzo dei 921 ettari di incremento complessivo della classe.

Tabella 54. Grado di urbanizzazione del territorio regionale al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	2022 (km ²)			2022 (%)		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	20.909	3.844	648	82,3	15,1	2,6
Valle d'Aosta	3.054	194	14	93,6	5,9	0,4
Lombardia	16.522	5.597	1.759	69,2	23,4	7,4
Trentino-Alto Adige	12.478	1.021	106	91,7	7,5	0,8
Veneto	11.988	5.359	991	65,4	29,2	5,4
Friuli-Venezia Giulia	6.174	1.480	265	78	18,7	3,4
Liguria	4.364	903	152	80,5	16,7	2,8
Emilia-Romagna	17.454	4.235	813	77,6	18,8	3,6
Toscana	19.554	2.917	517	85,1	12,7	2,2
Umbria	7.342	1.003	110	86,8	11,9	1,3
Marche	7.717	1.410	198	82,8	15,1	2,1
Lazio	13.300	3.351	552	77,3	19,5	3,2
Abruzzo	9.374	1.275	147	86,8	11,8	1,4
Molise	4.057	361	22	91,4	8,1	0,5
Campania	9.861	3.060	679	72,5	22,5	5
Puglia	15.476	3.202	677	80	16,5	3,5
Basilicata	9.373	571	49	93,8	5,7	0,5
Calabria	13.136	1.735	212	87,1	11,5	1,4
Sicilia	21.625	3.450	644	84,1	13,4	2,5
Sardegna	22.366	1.504	248	92,7	6,2	1
Italia	246.124	46.471	8.805	81,7	15,4	2,9

Tabella 55. Variazione percentuale del grado di urbanizzazione del territorio regionale tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Variazione 2006-2022 (km ²)			Variazione 2006-2022 (%)		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	-272	199	73	-1,3	5,5	12,6
Valle d'Aosta	-9	8	1	-0,3	4,2	4,7
Lombardia	-310	155	155	-1,8	2,9	9,6
Trentino-Alto Adige	-59	49	11	-0,5	5	11,3
Veneto	-293	170	124	-2,4	3,3	14,3
Friuli-Venezia Giulia	-72	48	25	-1,2	3,3	10,2
Liguria	-19	12	7	-0,4	1,3	5
Emilia-Romagna	-329	239	90	-1,9	6	12,4
Toscana	-113	74	38	-0,6	2,6	8
Umbria	-83	66	17	-1,1	7	18,1

Marche	-160	141	19	-2	11,1	10,8
Lazio	-256	185	72	-1,9	5,8	14,9
Abruzzo	-121	104	18	-1,3	8,8	13,5
Molise	-33	30	2	-0,8	9,2	12,2
Campania	-186	121	65	-1,8	4,1	10,5
Puglia	-514	435	79	-3,2	15,7	13,3
Basilicata	-86	78	8	-0,9	15,9	19,8
Calabria	-149	121	28	-1,1	7,5	15,1
Sicilia	-306	239	68	-1,4	7,4	11,8
Sardegna	-132	109	23	-0,6	7,8	10,4
Italia	-3.502	2.582	921	-1,4	5,9	11,7

Seguendo una procedura simile a quella proposta dal JRC è stata combinata la carta della densità di suolo consumato con la carta della densità di popolazione (cfr. § *Densità e caratteri demografici*), ottenendo una mappa del **grado di urbanizzazione** che è stato poi riclassificato in quattro classi di densità di superficie artificiale e di popolazione. In particolare, sono state considerate le tre classi riconducibili a quelle descritte dallo studio del JRC, più una quarta relativa ad aree con elevata densità di costruito e bassa densità demografica:

- aree urbane ad alta densità (Classe 1), zone con densità di popolazione superiore a 1.500 abitanti per km² e densità di suolo consumato superiori al 50%;
- aree urbane a media densità (Classe 2), zone con densità di popolazione comprese tra 300 e 1.500 abitanti per km² e densità di suolo consumato comprese tra il 10% e il 50%;
- zone rurali (Classe 3), comprendono tutte le aree con basse densità sia di popolazione che di suolo consumato;
- zone ad alta densità di suolo consumato (superiori al 50%) e basse densità di popolazione (inferiori a 300 abitanti per km²; Classe 4).
- Rispetto alla mappatura del grado di artificializzazione, l'introduzione dell'informazione sulla densità di popolazione consente, in primo luogo, di distinguere le aree ad alta densità di costruito in due classi in funzione della presenza di popolazione residente: la classe 4 individua aree industriali, destinate ad attività produttive, infrastrutture o servizi (ad esempio quartieri fieristici, aree estrattive, aeroporti)

o aree di recente costruzione non ancora abitate, tutte caratterizzate da alta densità del costruito e pochi o nessun abitante residente. I poco meno dei 1.600 km² riconducibili a questa classe possono quindi essere distinti dai 5.649 km² di aree urbane densamente popolate ed edificate, rappresentative del tessuto urbano denso a uso prevalentemente residenziale (Tabella 56). Con riferimento alle aree a media densità si nota una decisa riduzione della superficie interessata dalla classe rispetto al risultato ottenuto considerando il solo grado di urbanizzazione (si passa dal 15,4 al 7,3% della superficie nazionale); in questo senso l'utilizzo del dato di popolazione consente di filtrare le porzioni di territorio nelle quali alla presenza di copertura artificiale non sono associati valori significativi di densità di popolazione.

Tabella 56. Composizione delle aree urbane con riferimento al grado di urbanizzazione, espressa in termini di estensione delle classi in chilometri quadrati e in percentuale rispetto alla superficie nazionale. Fonte: ISPRA

Classe	Superficie (km ²)	% sul territorio nazionale
Aree urbane ad alta densità	5.649	1,9
Aree urbane a media densità	22.182	7,3
Zone rurali	274.774	90,3
Zone ad alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione	1.594	0,5

L'ultima rappresentazione considera anche il secondo livello di classificazione dallo studio del JRC, mantenendo la nuova classe con elevata densità di costruito e bassa densità demografica riferita alle aree prevalentemente industriali, commerciali e per servizi (Tabella 57; Figura 76).

Tabella 57. Sistema di classificazione adottato per la rappresentazione del territorio nazionale in termini di *continuum* urbano-rurale e relative soglie di popolazione e di densità di popolazione

Classe	Densità di popolazione (ab./km ²)	Popolazione (ab.)
Grandi centri urbani	≥ 2.000	> 10.000
Nuclei urbani densi	≥ 2.000	≤ 10.000
Nuclei urbani semi-densi	500–2.000	> 5.000
Suburbano	500–2.000	-
Nuclei rurali	500–2.000	≤ 5.000
Rurale a bassa densità	100–500	-
Rurale a molto bassa densità	< 100	-
Industriale, commerciale e servizi	-	-
Corpi idrici	-	-

Per la realizzazione della classificazione del *continuum* urbano-rurale è stato innanzitutto necessario effettuale la spazializzazione della popolazione, svolta considerando per ciascun comune le aree classificate come “edifici e fabbricati” (classe 111) della carta del consumo di suolo, selezionando quelli ad uso residenziale (individuati con l'ausilio del dato *European Settlement Map*) e distribuendo su di essi in modo uniforme la popolazione residente al 2018 a livello comunale (pubblicata da ISTAT).

Tabella 58. Estensione al 2018 delle classi utilizzate per la mappatura del *continuum* urbano rurale, espressi in km² rispetto alla superficie nazionale e regionale

Regione	Grandi centri urbani	Nuclei urbani densi	Nuclei urbani semi-densi	Suburbano	Nuclei rurali	Rurale a bassa densità	Rurale a densità molto bassa	Industriale, commerciale e servizi	Superficie della patch più grande
	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)
Piemonte	299	110	25	785	558	4.870	18.418	197	14.809
Valle d'Aosta	7	1	0	32	23	163	3.027	7	730
Lombardia	1.085	368	28	2.358	738	4.783	13.228	708	48.016
Trentino-Alto Adige	53	37	0	219	226	1.265	11.690	63	1.509
Veneto	273	144	68	1.709	803	5.872	8.826	439	5.299

Come mostrato in Tabella 58 e Tabella 59, le classi che descrivono le aree urbane (grandi centri urbani, nuclei urbani densi e semi-densi) occupano il 2,3% della superficie nazionale, di cui l'1,6% è attribuibile ai grandi centri urbani. La quota maggiore di questa classe (1.084 km²) si trova in Lombardia, seguita dalla Campania (744 km²) e dal Lazio (530 km²). In queste regioni, il centro urbano più grande rappresenta il 44% della classe per la Lombardia (Milano), il 66% per la Campania (Napoli) e il 74% per la regione Lazio (Roma). In Valle d'Aosta, invece, l'unico grande centro urbano si estende per soli 7 km², mentre i nuclei urbani densi occupano complessivamente 0,9 km². Un assetto insediativo simile è rintracciabile in Basilicata e in Molise dove, tuttavia, sono più estesi i nuclei urbani densi, che occupano rispettivamente una superficie pari a 17,4 km² e 5,5 km². La Lombardia e il Veneto sono le regioni che mostrano la percentuale maggiore di aree suburbane, pari al 9,9% e al 9,3% della superficie regionale. In termini percentuali il Veneto è anche la regione con la quota maggiore di nuclei rurali (4,4%), confermando il carattere periurbano del sistema insediativo regionale.

Questa rappresentazione del *continuum* urbano-rurale garantisce un significativo aumento di dettaglio nella rappresentazione delle caratteristiche morfologiche del costruito ma è fortemente dipendente dall'informazione di uso del suolo utilizzata per individuare le aree residenziali su cui allocare la popolazione. In questo senso le attività di classificazione dell'uso del suolo avviate in via sperimentale nell'ambito del monitoraggio del consumo di quest'anno forniranno un importante apporto al miglioramento dell'accuratezza tematica e geometrica della rappresentazione.

Friuli-Venezia Giulia	87	18	42	248	249	1.400	5.636	229	2.903
Liguria	147	30	6	403	73	962	3.760	37	7.623
Emilia-Romagna	278	105	13	1.049	638	6.467	13.431	487	6.737
Toscana	298	80	35	907	415	4.054	16.856	306	8.833
Umbria	30	16	31	209	174	1.438	6.307	112	1.289
Marche	83	34	13	359	211	2.449	5.964	203	1.438
Lazio	530	143	51	1.276	425	4.431	9.838	280	39.061
Abruzzo	83	26	0	267	210	2.038	8.006	147	4.226
Molise	14	5	0	55	49	499	3.777	28	836
Campania	744	68	22	951	290	3.278	8.039	188	49.065
Puglia	243	157	45	942	347	5.351	11.898	354	4.280
Basilicata	14	17	0	103	96	898	8.776	52	770
Calabria	76	65	8	507	360	2.638	11.288	109	2.253
Sicilia	365	142	49	1.278	442	4.601	18.507	273	11.089
Sardegna	83	49	6	349	277	1.772	21.286	197	4.181
Italia	4.790	1.617	442	14.009	6.603	59.228	208.559	4.417	-

Tabella 59. Estensione al 2018 delle classi utilizzate per la mappatura del *continuum* urbano rurale, espressi in % rispetto alla superficie nazionale e regionale

Regione	Grandi centri urbani	Nuclei urbani densi	Nuclei urbani semi-densi	Suburbano	Nuclei rurali	Rurale a bassa densità	Rurale a densità molto bassa	Industriale, commerciale e servizi
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Piemonte	1,2	0,4	0,1	3,1	2,2	19,2	72,5	0,8
Valle d'Aosta	0,2	0	0	1	0,7	5	92,8	0,2
Lombardia	4,5	1,5	0,1	9,9	3,1	20	55,4	3
Trentino-Alto Adige	0,4	0,3	0	1,6	1,7	9,3	85,9	0,5
Veneto	1,5	0,8	0,4	9,3	4,4	32	48,1	2,4
Friuli-Venezia Giulia	1,1	0,2	0,5	3,1	3,1	17,7	71,2	2,9
Liguria	2,7	0,6	0,1	7,4	1,3	17,7	69,4	0,7
Emilia-Romagna	1,2	0,5	0,1	4,7	2,8	28,7	59,7	2,2
Toscana	1,3	0,3	0,2	3,9	1,8	17,6	73,3	1,3
Umbria	0,4	0,2	0,4	2,5	2,1	17	74,6	1,3
Marche	0,9	0,4	0,1	3,9	2,3	26,3	64	2,2
Lazio	3,1	0,8	0,3	7,4	2,5	25,8	57,2	1,6
Abruzzo	0,8	0,2	0	2,5	1,9	18,9	74,2	1,4
Molise	0,3	0,1	0	1,2	1,1	11,2	85,1	0,6
Campania	5,5	0,5	0,2	7	2,1	24,1	59,1	1,4
Puglia	1,3	0,8	0,2	4,9	1,8	27,6	61,5	1,8
Basilicata	0,1	0,2	0	1	1	9	87,8	0,5
Calabria	0,5	0,4	0,1	3,4	2,4	17,5	74,8	0,7
Sicilia	1,4	0,6	0,2	5	1,7	17,9	72	1,1
Sardegna	0,3	0,2	0	1,4	1,1	7,3	88,3	0,8
Italia	1,6	0,5	0,1	4,6	2,2	19,7	69,2	1,5

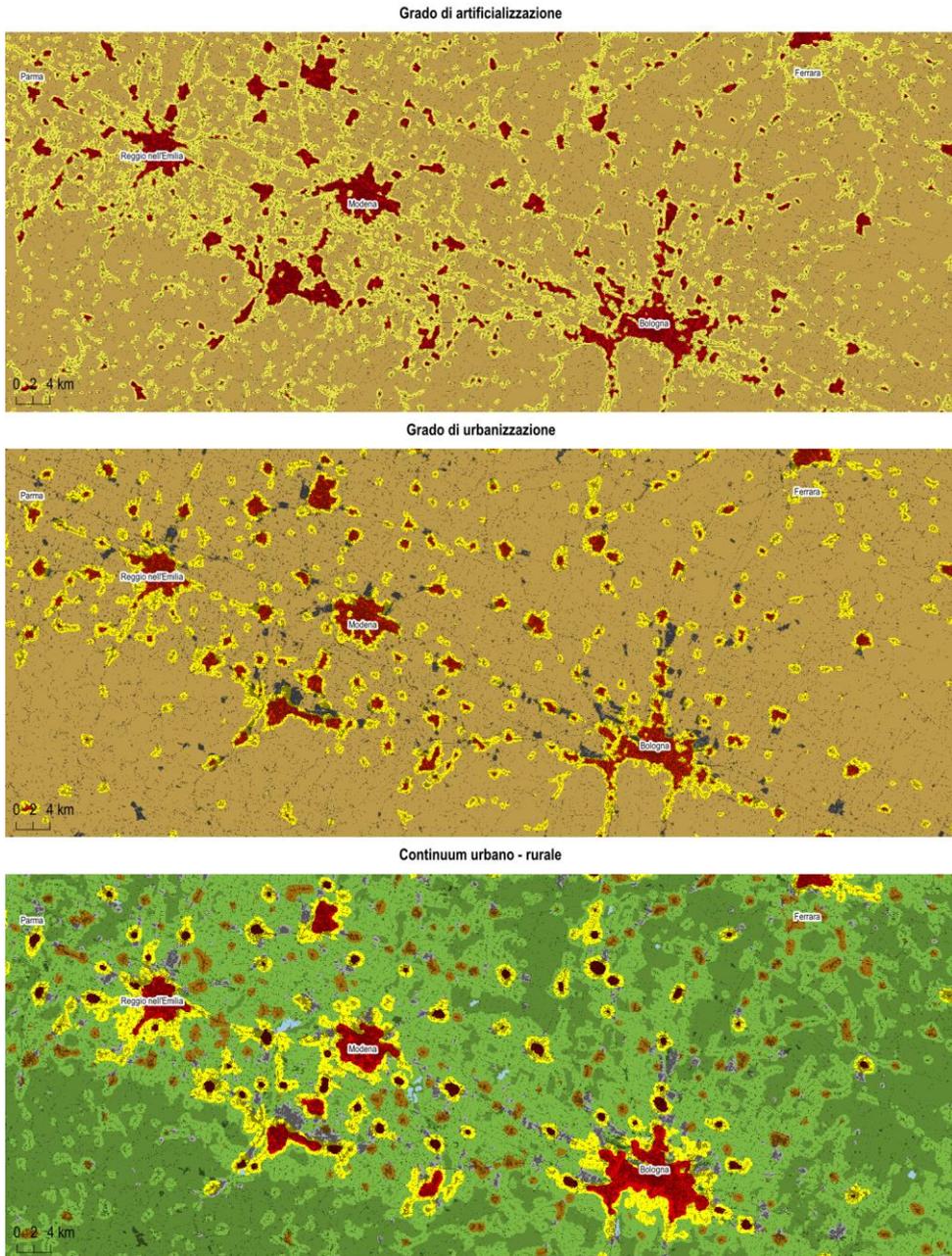


Figura 76. Confronto tra i diversi strumenti sviluppati da ISPRA per la descrizione delle aree urbane. Dall'alto: grado di urbanizzazione, ottenuto valutando la densità di superfici artificiali in un raggio di 300 m, grado di urbanizzazione, prodotto considerando la densità di superfici artificiali e la densità di popolazione e mappatura del *continuum* urbano-rurale in otto classi coerenti con il secondo livello di classificazione dello studio del JRC

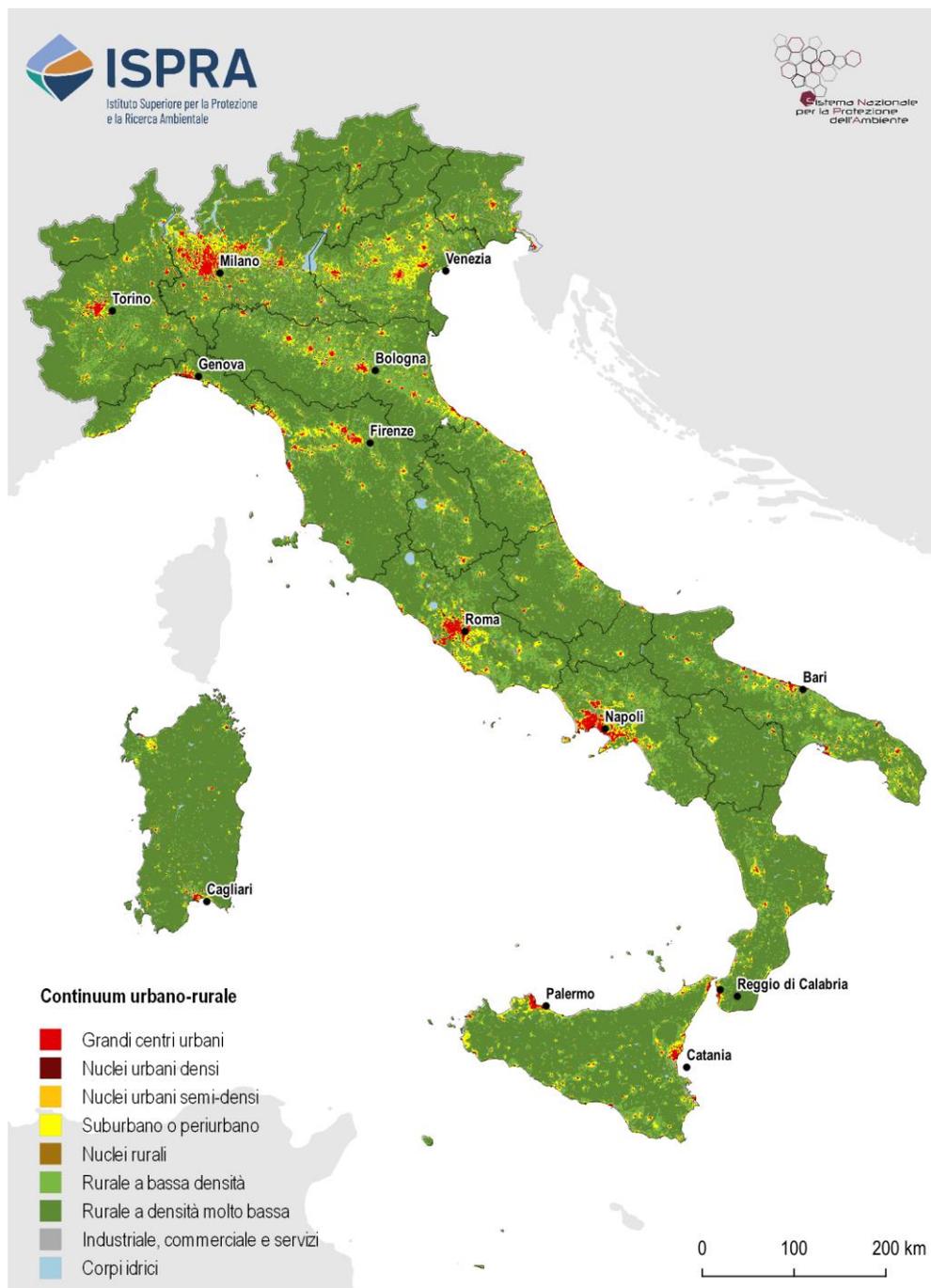


Figura 77. Mappatura del *continuum* urbano-rurale al 2018

FORME URBANE E TIPOLOGIE INSEDIATIVE

Proseguendo nello studio e nella descrizione del *continuum* urbano-rurale è possibile utilizzare metriche fornite dalla *Landscape Ecology* per analizzare le caratteristiche morfologiche delle aree urbane.

L'indicatore *Edge Density* (ISPRA, 2016), calcolato come rapporto tra il perimetro e la superficie del costruito, permette di svolgere una valutazione sulla complessità e sul grado di frammentazione dei margini urbani.

Informazioni sulla compattezza e la diffusione del costruito possono essere invece desunte dall'analisi degli indicatori LCPI (*Largest Class Patch Index*) e RMPS (*Residual Mean Patch Size*), rispettivamente. L'LCPI rappresenta l'estensione del poligono continuo di area urbana più grande, espresso come percentuale rispetto all'estensione totale dell'urbano nell'ambito di riferimento (rappresentato dal limite amministrativo); il RMPS indica la dimensione media dei poligoni di costruito, escludendo quello di dimensioni maggiori.

Tabella 60. Valori di *Edge Density* (ED), *Largest Class Patch Index* (LCPI) e *Residual Mean Patch Area* (RMPS) per i 19 capoluoghi di regione e i due capoluoghi delle province autonome, per il 2006 e il 2022

Comune	ED (m/ha)		LCPI (%)		RMPS (ha)	
	2006	2022	2006	2022	2006	2022
Torino	199,25	196,07	81,53	81,19	5,06	5,34
Aosta	654,58	652,38	88,58	87,94	1,59	1,43
Genova	608,18	601,67	83,88	83,78	1,78	1,81
Milano	424,26	410,62	93,11	93,80	2,28	2,14
Bolzano	589,02	569,06	38,57	38,37	7,32	7,72
Trento	740,85	725,17	68,39	68,28	3,01	3,08
Venezia	441,23	422,26	61,56	65,16	4,50	4,47
Trieste	685,93	679,56	79,24	79,36	2,25	2,39
Bologna	739,00	726,49	85,38	85,37	1,81	1,79
Ancona	743,51	732,38	49,84	48,44	3,47	3,50
Firenze	607,45	601,58	63,56	63,51	3,64	3,75
Perugia	1158,19	1115,15	24,86	23,35	2,45	2,70
Roma	738,15	721,71	34,21	33,35	5,44	5,96
Napoli	380,58	372,26	88,91	88,95	2,90	3,31
L'Aquila	1254,39	1192,63	40,47	39,19	1,89	2,01
Campobasso	1115,43	1095,17	60,61	59,38	1,12	1,15
Bari	582,67	545,07	51,41	50,39	6,02	7,19
Potenza	1181,99	1138,77	68,26	72,24	0,80	0,71
Catanzaro	840,36	745,85	24,81	34,39	3,69	4,02
Palermo	474,40	457,63	90,64	90,24	1,44	1,70
Cagliari	691,46	680,90	88,02	88,14	1,61	1,76

Prendendo in considerazione i valori relativi ai capoluoghi di regione (Tabella 60), si riscontra una riduzione dell'ED in tutti i comuni, indice di una tendenza generale alla densificazione dei nuclei urbani. I decrementi maggiori si osservano a Catanzaro e L'Aquila.

L'analisi congiunta di LCPI e RMPS mostra risultati variabili. Nel periodo in esame (2006-2022) si riscontrano molti casi di bruschi aumenti o lievi decrementi. Gli aumenti più significativi del valore di LCPI riguardano Catanzaro, Potenza e Venezia. Nel caso di Catanzaro, in particolare, i due indici e l'indice ED aumentano congiuntamente, suggerendo che il tessuto urbano della città è stato soggetto a processi di monocentrismo accompagnati da dispersione e frammentazione. Negli altri capoluoghi la diminuzione di dimensione del nucleo urbano principale è marginale, ma alcuni di questi sono accompagnati da un significativo aumento del valore di RMPS. Si tratta delle città di Bari, Roma, Napoli e Bolzano, dove si evidenzia una tendenza alla dispersione e diffusione nelle aree suburbane e rurali.

Un ulteriore indicatore utile per caratterizzare il contesto urbano è l'**Indice di dispersione (ID)**; l>ID prende in considerazione la densità del costruito, valutando il rapporto tra l'estensione delle aree costruite a media/bassa densità (suburbane) sul totale di quelle ad alta (urbane) e media/bassa densità (suburbane).

Tabella 61. Indice di dispersione (ID) nel 2006 e nel 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	ID 2006 (%)	ID 2022 (%)	Variazione 2006-2022 (%)
Piemonte	86,4	85,6	-0,8
Valle d'Aosta	93,3	93,3	0,0
Lombardia	77,2	76,1	-1,1
Trentino-A.Adige	91,1	90,6	-0,5
Veneto	85,7	84,4	-1,3
Friuli V. Giulia	85,6	84,8	-0,8
Liguria	86,0	85,6	-0,4
Emilia-Romagna	84,7	83,9	-0,8
Toscana	85,6	84,9	-0,6
Umbria	91,0	90,1	-0,8
Marche	87,6	87,7	0,0
Lazio	86,8	85,8	-1,0
Abruzzo	90,0	89,6	-0,4

Molise	94,4	94,3	-0,1
Campania	82,7	81,8	-0,9
Puglia	82,2	82,5	0,3
Basilicata	92,4	92,2	-0,2
Calabria	89,7	89,1	-0,6
Sicilia	84,8	84,3	-0,5
Sardegna	86,1	85,8	-0,3
Italia	84,8	84,1	-0,7

Valori elevati dell'indicatore caratterizzano le aree urbane con prevalenza di tessuti urbani a bassa densità, mentre valori più bassi denotano superfici urbanizzate più dense e compatte (Tabella 61). A livello regionale l'indice si mantiene su valori elevati, variando tra il 94,3% del Molise e il 76.1% della Lombardia. Tra il 2006 e il 2022 l'indicatore si riduce in 18 delle 20 regioni, mostrando una tendenza generale alla saturazione delle aree urbanizzate a bassa e media densità.



Figura 78. Grado di urbanizzazione valutato attraverso la densità delle superfici artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

LE INFRASTRUTTURE VERDI

Il tema delle “infrastrutture verdi” è affrontato, a livello europeo, da diversi anni. Nel 2011, fu pubblicato dall’Agenzia Europea dell’Ambiente il rapporto *Green infrastructure and territorial cohesion* (EEA, 2011) e nel 2013 venne diffusa la Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni (Commissione Europea, 2013b) relativa alle infrastrutture verdi. Il panorama di definizioni che le caratterizzano è molto ampio, ma la stessa Comunicazione europea le definisce come “una rete di aree naturali e seminaturali pianificate a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano”.

In aggiunta, il programma ESPON dell’Unione Europea nell’ambito del progetto GRETA (*GREen infrastructure: Enhancing biodiversity and ecosystem services for territorial development* – Infrastrutture verdi: favorire la biodiversità e i servizi ecosistemici per lo sviluppo territoriale) ha messo in atto un modello territoriale delle potenziali infrastrutture verdi nelle città europee, effettuando una valutazione delle infrastrutture verdi (IV) urbane, incluse tutte le aree verdi e blu disponibili⁶¹.

Nella tabella che segue (Tabella 62) sono riportati due indicatori di IV per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome: l’indicatore di incidenza di aree verdi in aree urbane e suburbane e l’indicatore di superficie vegetata su superficie urbanizzata. Entrambi gli indicatori sono stati elaborati per gli anni dal 2016 al 2022⁶².

L’indicatore di incidenza di aree verdi rappresenta la quota di verde (aree vegetate) sia pubblico che privato che si trova nell’area urbana, suburbana e all’interno di una fascia di 500 metri dall’area urbana rispetto all’area totale analizzata⁶³, ed è espresso in termini percentuali. La scelta della fascia di 500 metri è stata effettuata per

dare conto anche di quelle aree verdi che pur non trovandosi nelle zone più urbanizzate e popolate, possono comunque essere fruite dalla popolazione e contribuire alla qualità della vita dei cittadini e dell’ambiente. L’indicatore di superficie vegetata su superficie urbanizzata esprime la percentuale tra la superficie di aree vegetate in aree urbane e suburbane rispetto alla superficie urbanizzata.

In entrambi gli indicatori, l’area urbana è rappresentata dalle prime due delle tre soglie di densità del costruito definite nell’ambito dell’Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite e che fanno riferimento al contesto prevalentemente artificiale e a media o bassa densità di suolo consumato e quindi caratterizzanti l’area urbana (cfr. § *Le aree urbane*). Le aree vegetate considerate in questo capitolo derivano invece dall’elaborazione della serie storica delle immagini del programma Copernicus Sentinel-2⁶⁴. In particolare, è stato calcolato il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) su un biennio (anno di riferimento + anno precedente) per ogni singola immagine e, successivamente, è stato estratto per ogni pixel dell’immagine il 95° percentile di NDVI, in modo da escludere valori estremi causati da anomalie nei dati e fluttuazioni vegetazionali stagionali. All’NDVI ottenuto sono stati applicati due valori soglia, 0,3 e 0,4, considerando vegetate le aree con valori superiori ad essi. Quindi è stata calcolata la media tra le due superfici vegetate così individuate per evitare di utilizzare rigidamente una singola soglia considerando la variabilità che la vegetazione può assumere e, in particolare, l’incertezza del valore di NDVI nelle zone in ombra.

Potenza, Perugia e L’Aquila sono i capoluoghi di regione in cui l’indicatore di incidenza di aree verdi nel 2022 presenta valori superiori all’80% e la situazione è simile anche negli anni precedenti, con un trend dal 2016 ad oggi leggermente negativo. Valori inferiori al 40% si osservano a Torino, Cagliari, Napoli, Venezia e Milano e anche qui la situazione rispetto agli anni precedenti è simile. Si evidenzia il comune di Cagliari che dal 2016 ad oggi vede l’indicatore aumentare di circa 7 punti in per-

⁶¹ Per maggiori dettagli si consulti <https://www.espon.eu/participate/espon-your-country/italy/infrastrutture-verdi-nelle-aree-urbane>

⁶² Per una facilità di lettura, poiché non ci sono grandi variazioni nei valori di entrambi gli indicatori, vengono riportati solo gli anni 2016 e 2022.

⁶³ Per area totale qui si intende la somma delle superfici di area urbana, area suburbana e superficie della fascia di 500 m considerata.

⁶⁴ Le immagini Sentinel-2 del programma Copernicus sono disponibili dalla fine del 2015. Per tale motivo gli indicatori che prevedono le aree vegetate da NDVI possono essere elaborati dal 2016 in poi.

centuale. Anche per il secondo indicatore Potenza, Perugia e L'Aquila mostrano i valori più alti nel 2022, superiori al 65% e la situazione è simile, a meno di leggere fluttuazioni, negli anni precedenti. Cagliari, Milano, Napoli e Torino presentano invece i valori più bassi, inferiori al 35%, con Cagliari che vede aumentare il valore anche

per questo indicatore dal 2016 ad oggi di circa 6 punti percentuali.

Sulla totalità dei comuni, circa l'80% ha valori dell'indicatore di incidenza superiore all'80%, mentre il 63% di essi ha valori superiori al 70% dell'indicatore relativo alla superficie vegetata.

Tabella 62. Indicatori di infrastrutture verdi per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome, anno di riferimento 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Comune	Incidenza di aree verdi (%)		Superficie vegetata su superficie urbanizzata (%)	
	2016	2022	2016	2022
Torino	33,15	32,80	28,68	28,33
Aosta	59,64	59,27	50,40	50,35
Genova	65,71	66,12	48,64	49,29
Milano	38,72	39,07	33,29	33,77
Bolzano	65,81	65,39	50,21	49,58
Trento	74,47	74,00	57,46	56,88
Venezia	38,18	37,98	38,99	38,34
Trieste	63,90	63,71	50,79	50,46
Bologna	60,08	60,36	48,20	48,80
Ancona	77,14	77,42	56,80	57,64
Firenze	55,31	55,58	50,16	50,57
Perugia	83,01	82,66	69,21	68,89
Roma	68,99	69,36	54,05	55,04
Napoli	34,85	34,28	32,81	32,26
L'Aquila	82,67	82,29	64,57	65,60
Campobasso	77,11	75,31	66,90	64,98
Bari	53,27	53,66	45,50	46,13
Potenza	84,52	83,76	70,15	69,60
Catanzaro	76,40	76,81	63,13	63,68
Palermo	52,24	53,14	40,71	41,52
Cagliari	25,77	33,12	27,28	33,81

L'ACCESSIBILITÀ ALLE AREE VERDI PUBBLICHE

Tra gli impatti più rilevanti legati alla diffusione insediativa e alla densificazione delle aree urbane, la riduzione della disponibilità di spazi verdi pubblici assume un ruolo centrale nella definizione di città vivibili, non solo in termini ambientali (ad esempio contribuendo alla biodiversità, al miglioramento della qualità dell'aria, alla mitigazione del clima, all'infiltrazione dell'acqua) ma anche di coesione, interazione e uguaglianza sociale. Secondo i dati dell'Unione Europea, circa il 44% della popolazione urbana ha accesso ad un parco pubblico entro 300 m (Alberti V., et al. 2019), con variazioni significative tra le città dell'Est e del Mediterraneo. Il tema dell'implementazione delle aree verdi pubbliche, soprattutto in contesti urbani in espansione, è stato affrontato sia a livello globale che nazionale attraverso l'adozione di diverse strategie tematiche. In Italia la Strategia nazionale del verde urbano definisce tre obiettivi principali: passare da metri quadrati a ettari di superfici verdi, ridurre le superfici asfaltate e adottare le foreste urbane come riferimento strutturale e funzionale del verde urbano (Atelli et al., 2018). A livello internazionale, le Nazioni Unite hanno stabilito l'obiettivo di garantire entro il 2030 l'accesso universale, sicuro e inclusivo agli spazi verdi pubblici, in particolare per donne, bambini, anziani e persone con disabilità. In tal senso, è stata proposta la valutazione della "Quota di popolazione priva di aree verdi urbane di quartiere" afferente al quadro di indicatori dell'SDG 11.7.1, che da un lato pone l'accento sulla disponibilità di aree verdi pubbliche in ambiente urbano e dall'altro permette di individuare le aree critiche in termini di densità di popolazione residente con particolare riferimento alle fasce più vulnerabili. Sebbene il concetto di accessibilità sia complesso e assuma connotazioni diverse in base alla disciplina di interesse, in questo studio il termine ha un'accezione spaziale e legata alla definizione adottata dalle Nazioni Unite per la valutazione dell'SDG 11.7.1 (UN, 2021) e alla regola 3-30-300 dell'IUCN (Konijnendijk, 2023); in particolare, si riferisce alla possibilità per gli utenti di un'area urbana di raggiungere un'area verde pubblica

percorrendo un tragitto a piedi di lunghezza non superiore a 300 m (secondo la regola IUCN) o 400 m (secondo l'SDG).

ISPRA propone una valutazione dell'accessibilità delle aree verdi in ambito urbano svolta in collaborazione con Deda Next⁶⁵ sull'area pilota del comune di Roma, considerando le aree classificate come "grandi centri urbani" e "nuclei urbani densi" dalla mappatura del *continuum* urbano – rurale di ISPRA (cfr. § *Le aree urbane*).

Individuazione delle aree verdi

Per la corretta individuazione delle aree verdi pubbliche occorre disporre di opportune informazioni legate all'uso e alla copertura del suolo. Se da un lato l'informazione sulla copertura è reperibile in modo relativamente agevole, anche con elevato dettaglio spaziale (ad esempio ricorrendo a prodotti Copernicus), risulta più complesso reperire informazioni dettagliate in merito all'uso del suolo, fondamentale per definire e caratterizzare la fruibilità dell'area verde.

L'individuazione delle aree verdi pubbliche è stata condotta rispetto ai dati *Urban Atlas 2018* e *Open Street Map* (OSM; cfr. § *Le aree urbane*), considerando le aree classificate come "Artificial non-agricultural vegetated areas" (classe 1.4) e con meno del 50% della superficie artificializzata⁶⁶ per *Urban Atlas* e i poligoni mappati rispetto alle chiavi "leisure" e "park" per OSM.

La valutazione dell'accessibilità è stata svolta rispetto a entrambi i dati, considerando sia l'intero dataset di aree verdi che i soli poligoni con dimensioni superiori a un ettaro (in accordo con la regola IUCN che fissa tale soglia come dimensione minima per l'analisi dell'accessibilità).

Individuazione della rete stradale

L'individuazione della rete stradale è propedeutica alla definizione dei percorsi di accesso ed è stata svolta considerando le chiavi di OSM relative alle strade percorribili a piedi⁶⁷.

⁶⁵ Deda Next ha sviluppato l'indicatore "NExt proXimity Index" (NEXI), basato su dati open source, che fa riferimento a un approccio basato sui tempi di percorrenza, considerando accessibili i servizi posti a una distanza tale da poter essere raggiunti a piedi entro 15 minuti (Olivari et al., 2023; Figura 80).

⁶⁶ Tale valutazione è stata svolta utilizzando la carta del suolo consumato e verificando la porzione di territorio artificializzato all'interno delle aree di classe 1.4 del dato Urban Atlas.

⁶⁷ Si è fatto riferimento alle chiavi "Highway": "Primary", "Secondary", "Tertiary", "Unclassified", "Residential", "Pedestrian", "Bicycle Road", "Cycle Street", "Track", "Footway", "Cycleway", "Path" e "Steps".

Individuazione degli accessi alle aree verdi

Il dato *Urban Atlas* non fornisce informazioni sui punti di accesso alle aree verdi pubbliche, mentre tale informazione è presente solo parzialmente nel database OSM (si fa riferimento la chiave "gate" e "entrance").

Sono state adottate due strategie per l'individuazione dei punti di accesso:

- l'utilizzo dei punti di accessi mappati da OSM unitamente a quelli individuati intersecando la rete stradale OSM con i poligoni di aree verdi pubbliche (detti punti di accesso derivati);
- la collocazione di un punto di accesso ogni 100 metri lungo il perimetro del poligono di verde pubblico, in accordo con quanto suggerito dal metadato dell'SDG 11.7.1 (UN, 2021).

Calcolo dell'accessibilità

L'accesso alle aree verdi pubbliche è valutato rispetto a una griglia regolare a maglia esagonale di lato 100 metri, considerando un percorso di lunghezza massima 300 m (soglia definita da IUCN) e 400 metri (in linea con le indicazioni dell'SDG 11.7.1) dal centro di ciascun esagono.

In Tabella 63 sono riportati i dati relativi al verde pubblico individuato nell'area di studio, sia rispetto al dato *Urban Atlas* che OSM, distinguendo la porzione di queste con dimensione superiore all'ettaro.

Nel complesso i due dati individuano superfici di verde pubblico paragonabili, nell'ordine dei 5.000 ettari, pari a circa l'11% della superficie dell'area urbana di Roma per *Urban Atlas* e a circa il 12% per OSM; in entrambi i dataset il contributo da parte delle aree di piccole dimensioni è limitato a meno dello 0,5% della superficie dell'area urbana.

Tabella 63. Valutazione dell'accessibilità alle aree verdi pubbliche dell'area urbana di Roma, in termini di: estensione delle aree verdi (in ettari e percentuale sull'area urbana), numero di punti di accesso alle aree verdi individuati secondo i tre approcci e superficie dell'area urbana che ha accesso alle aree verdi considerando un percorso di 300 metri (in accordo con la regola IUCN) e 400 metri (coerentemente con l'indicazione dell'SDG 11.7.1)

Dato	Poligoni	Superficie		Punti di accesso			Accessibilità entro 400m (ha)		Accessibilità entro 300m (ha)	
		Ettari	%	Mappati	Derivati	Ogni 100 m	Mappati + derivati	Ogni 100 m	Mappati + derivati	Ogni 100 m
Urban Atlas 2018	tutti	5.059	11,4	554	5.684	28.864	11.531	17.804	8.233	13.807
	> 1 ha	4.892	11,0	518	7.934	16.800	10.468	15.213	7.372	11.510
Open Street Map	tutti	5.608	12,6	1.429	13.523	42.982	10.955	16.144	7.673	12.180
	> 1 ha	5.438	12,2	1.065	8.659	16.754	8.712	11.968	5.875	8.649

I valori di accessibilità più elevati si ottengono considerando la soglia massima di 400 metri per il percorso dal centro dell'esagono all'area verde, in accordo con la definizione fornita dall'SDG 11.7.1 (Figura 79). In questo caso, a fronte di un'estensione complessiva dell'area urbana di 44.519 ettari (pari a poco meno del 35% dell'intero territorio del comune), assumendo la presenza di un accesso ogni 100 metri lungo il perimetro dell'area verde, quasi il 40% del territorio (17.804 ettari, relativi al dato *Urban Atlas*) risulta avere accesso ad un'area verde pubblica, valore che scende a circa un terzo del territorio urbano se si osservano le sole aree con dimensione di almeno un ettaro. Considerando l'accessibilità rispetto ai punti di accesso forniti dal tag "gate" e "entrance" di OSM unitamente ai punti derivanti dalle intersezioni tra poligoni di area verde e rete stradale OSM, si scende a circa un quarto del territorio considerato (un quinto se si considerano le sole aree verdi OSM più grandi di un ettaro); ciò dipende dalla presenza di errori di omissione nella mappatura dei punti di accesso di OSM, che porta alcune aree verdi a risultarne sprovviste e quindi ad essere escluse dal calcolo. Considerando un percorso di lunghezza massima 300 m, in accordo con le indicazioni IUCN, la superficie urbana con accesso alle aree verdi scende di circa 10 punti percentuali in tutte le diverse combinazioni di dati di input e filtri dimensionali. I nuclei urbani ai margini dei centri urbani principali presentano valori bassi di accessibilità a fronte di una significativa presenza di aree naturali e semi-naturali nei dintorni, poiché l'accessibilità è stata valutata rispetto a aree verdi pubbliche fruibili e non a aree a uso agricolo o aree naturali esterne all'area urbana (Figura 79).

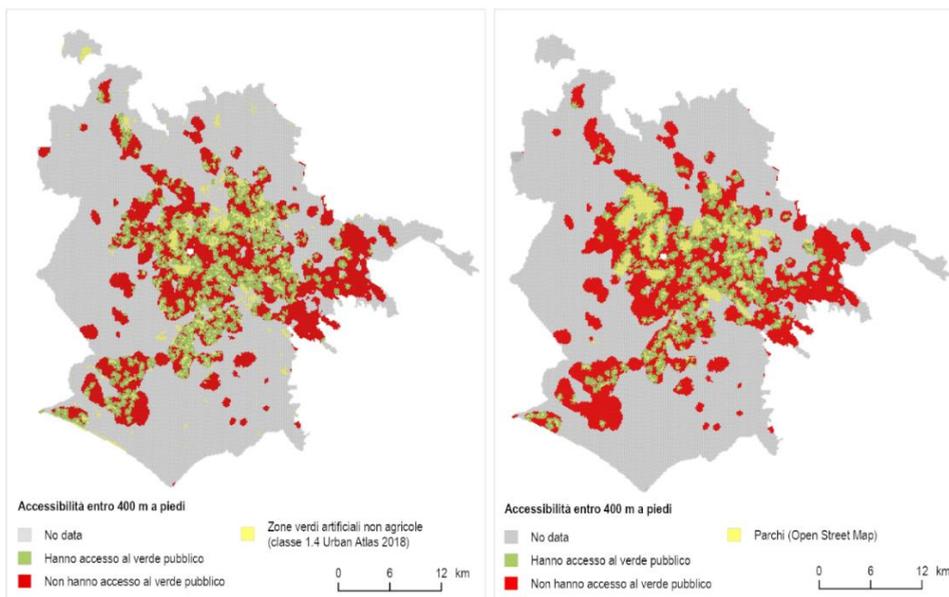


Figura 79. Valutazione dell'accessibilità alle aree verdi pubbliche mappate dal dato Urban Atlas (sinistra) e Open Street Map (a destra) nell'area urbana di Roma, considerando un percorso a piedi non superiore a 400 metri. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia ISPRA-SNPA, Copernicus e Open Street Map

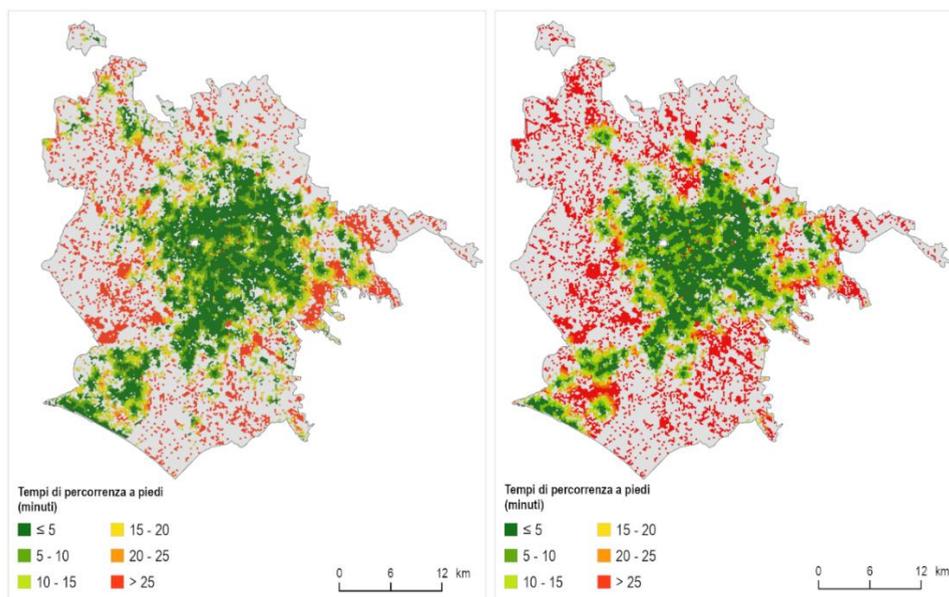


Figura 80. Valutazione dell'accessibilità alle aree verdi pubbliche mappate dal dato Urban Atlas (sinistra) e Open Street Map (a destra) svolta da Deda Next nell'area urbana di Roma, considerando i tempi di percorrenza. Fonte: elaborazione Deda Next e ISPRA su cartografia ISPRA-SNPA, Copernicus e Open Street Map.

LE AREE BOScate

La superficie forestale è definita dall'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO, 2001) come "territorio con copertura arborea superiore al 10% rispetto a un'estensione superiore a 0,5 ettari, dove gli alberi raggiungono un'altezza minima di 5 metri a maturità e una larghezza minima di 20 metri". I cambiamenti tra la superficie forestale e le altre classi di copertura del suolo includono la perdita e l'aumento di copertura forestale, rispettivamente definite come "deforestazione", ovvero la conversione da foresta ad altri usi del suolo (naturali e antropici) ed "espansione forestale", che individua la conversione da altri usi del suolo a foresta (FAO, 2020). Oltre alla definizione internazionale della FAO, anche il Testo Unico in Materia di Foreste e Filiere Forestali (D.lgs. 34/2018) contiene la definizione di bosco (Art. 1 comma 3): *Per le materie di competenza esclusiva dello Stato, sono definite bosco le superfici coperte da vegetazione forestale arborea, associata o meno a quella arbustiva, di origine naturale o artificiale in qualsiasi stadio di sviluppo ed evoluzione, con estensione non inferiore ai 2.000 metri quadri, larghezza media non inferiore a 20 metri e con copertura arborea forestale maggiore del 20 per cento*. Le aree forestali possono inoltre essere oggetto di diversi tipi di disturbi quali i tagli, gli incendi, gli attacchi di patogeni o i danni da tempeste di vento, che possono determinare una temporanea riduzione della copertura arborea, ma che non comportano necessariamente un cambio di uso del suolo.

Dal momento che le foreste sono fondamentali nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico, la loro diminuzione può alterare la capacità di assorbire carbonio, nonché avere effetti negativi sulla fornitura di altri servizi ecosistemici come la protezione del suolo. L'espansione forestale invece ha molti effetti positivi, come l'aumento dello stoccaggio di carbonio, la decontaminazione ambientale, la creazione di corridoi ecologici, (Spadoni *et al.*, 2020), il controllo del clima, l'adattamento e la conservazione della biodiversità (IPCC 2022). A questi benefici si contrappongono altri effetti, come la perdita degli habitat di pascolo, storicamente gestiti dall'uomo e che, con l'abbandono delle attività agricole e di pascolo, stanno regredendo a causa della crescita forestale (Buscardo *et al.*, 2008; Veldman *et al.*, 2015), la perdita degli habitat prativi d'alta quota che, a causa dei cambiamenti

climatici, lasciano il posto all'innalzamento del limite forestale (Chersich *et al.*, 2015) o ancora la perdita della diversità a scala di paesaggio.

Per il loro importante contributo nell'evoluzione del territorio, i processi di deforestazione e di espansione forestale hanno un ruolo centrale nella definizione delle politiche che mirano a preservare le risorse forestali e la fornitura di servizi ecosistemici (FAO, 2020).

Inoltre, il monitoraggio dei cambiamenti forestali (espansione e riduzione della superficie forestale), oltre a indagare un fenomeno estremamente importante, è anche un tema di attualità, grazie alle azioni previste a livello internazionale dalla recente COP26 e dalla strategia forestale italiana e dell'UE (2021), che pone l'obiettivo di piantare 3 miliardi di alberi entro il 2030, ma anche dalle azioni previste dall'articolo 15 del Testo Unico in materia di foreste e filiera forestale (D.lgs. 34/2018), che prevede la creazione di una carta forestale nazionale, che possa supportare le decisioni nel campo della gestione forestale.

Le principali carte forestali

Esistono diverse fonti cartografiche dalle quali ottenere informazioni sulla copertura forestale del territorio nazionale. Tra queste ci sono:

- Le carte di uso e copertura del suolo ISPRA, descritte all'inizio di questo capitolo e basate sull'integrazione dei dati cartografici del Programma Copernicus secondo sistemi di classificazione coerenti con il modello EAGLE.
- Le carte prodotte nell'ambito di un progetto di ricerca congiunto tra ISPRA, Università degli Studi della Tuscia, Università degli Studi di Firenze e Università del Molise. Si tratta di una carta di copertura del suolo che include la mappatura dei disturbi forestali (incendi e altri disturbi) e una carta delle aree di espansione forestale (riferita al periodo 1985-2019; Cavalli *et al.*, 2023). Questi strumenti utilizzano una classificazione basata sulla copertura delle chiome degli alberi successivamente riclassificati in base all'appartenenza ad aree forestali.
- I prodotti afferenti al *Copernicus Land Monitoring Service*, in particolare la carta di copertura del suolo *Global Land Cover* (GLC) per la componente Globale, e lo strato *Forest* degli *High Resolution Layer*;

- L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC), realizzato in collaborazione tra Arma dei Carabinieri, Regioni a statuto speciale e Province Autonome;
- L'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI), un inventario a supporto del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali messo a punto nel 2010 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e aggiornato agli anni più recenti a cura di ISPRA e dell'Università degli Studi del Molise.
- Il Censimento aree incendiate. La legge quadro in materia di incendi boschivi n. 353/2000, infatti, oltre a fornire la definizione di incendio, conferisce il compito di censimento degli incendi ai Comuni con il supporto dell'Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, la quale ha il compito di conservare, gestire e aggiornare la banca dati riferita alle aree percorse dal fuoco. La banca dati raccoglie i dati annuali sugli incendi per tutto il territorio nazionale, a esclusione delle regioni a statuto speciale (Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Sardegna e Sicilia).

La superficie forestale

I dati di superficie forestale analizzati mostrano che quasi il 40% della superficie nazionale è occupata da superficie forestale (circa 11.900.000 ettari, Figura 81). Le differenze significative (con stime variabili tra 9 e 13,6 milioni di ettari) tra le diverse fonti informative dipendono dalle metodologie di acquisizione e dalla definizione utilizzata per l'individuazione della superficie forestale (foresta, copertura arborea, etc.). La minore estensione della superficie boscata individuata dalla carta di uso del suolo ISPRA è dovuta a una sottostima dell'area forestale dei dati Corine Land Cover che spesso escludono le aree a bassa densità. Infatti, se consideriamo la superficie coperta da alberi della carta di copertura del suolo ISPRA (Tabella 36), emerge che la superficie coperta da vegetazione arborea è di circa 13 milioni di ettari, in linea quindi con l'estensione forestale degli altri dati analizzati.

La distribuzione regionale per fascia altimetrica, ottenuta dai dati INFC 2015 (Figura 82), mostra che la maggiore estensione delle aree forestali si concentra nelle fasce al di sotto dei 1.000 m slm in cui a livello nazionale si concentra il 73% della superficie forestale, con valori superiori al 90% in Puglia, Sardegna, Marche, Umbria e Toscana. Nelle regioni Alpine (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli-Venezia Giulia) e in alcune regioni Appenniniche (Emilia-Romagna, Lazio e Abruzzo) si trovano superfici forestali superiori ai 100.000 ettari anche a quote comprese tra i 1.000 e i 1.500 m slm. A quote superiori questa estensione diminuisce nella quasi totalità delle regioni, ad eccezione del Piemonte e del Trentino-Alto Adige in cui tra i 1.500 e i 2.000 m slm l'estensione del bosco è ancora sopra i 100.000 ettari, mentre nelle altre regioni del nord (Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto e Friuli-Venezia Giulia) e in Abruzzo la superficie è superiore a 40.000 ettari. Oltre i 2.000 m il bosco è presente solo in Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Veneto con valori compresi tra i 10.000 ettari del Veneto e gli 80.000 ettari del Trentino-Alto Adige. Al centro sud a questa quota non si registra più la presenza del bosco, ad eccezione dell'Abruzzo in cui permangono 362 ettari oltre i 2.000 m slm.



Figura 81. Superficie forestale identificata dai diversi strati informativi all'ultimo anno disponibile. Elaborazioni ISPRA su varie fonti

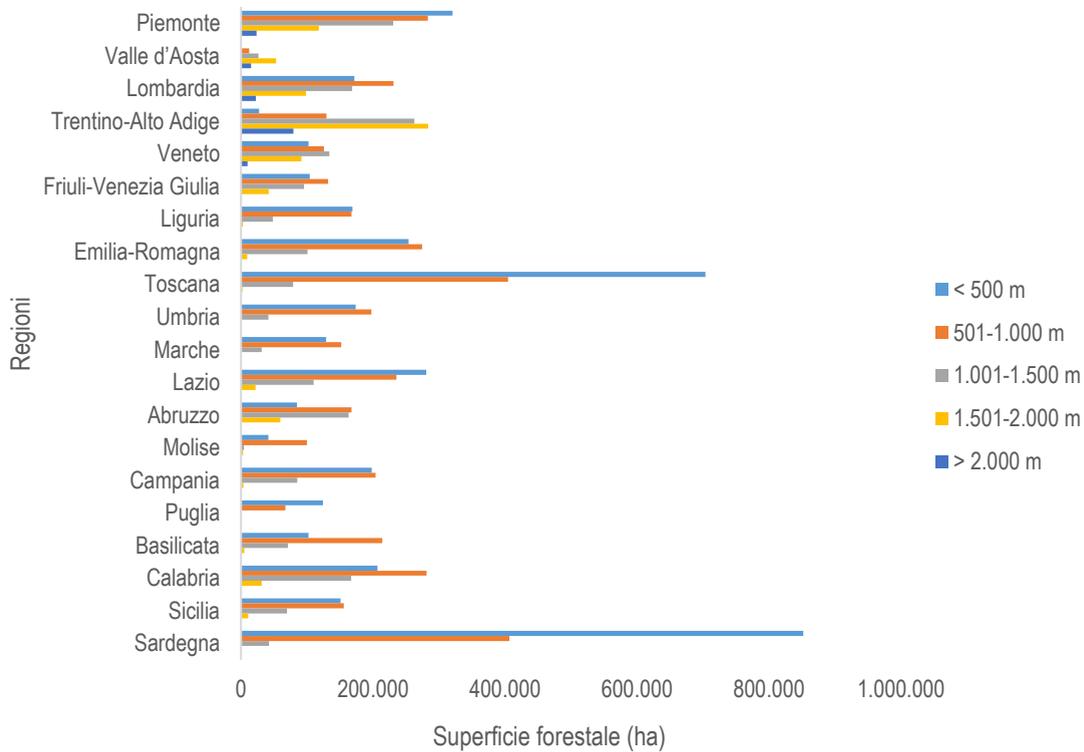


Figura 82. Ripartizione regionale della superficie forestale per fascia altimetrica. Fonte: INFC 2015

Tabella 64. Confronto a scala nazionale tra i dati dei cambiamenti e dei disturbi forestali

	Superficie forestale / copertura arborea all'ultimo anno disponibile (ha)	Espansione forestale / copertura arborea (ha)	Riduzione forestale/ copertura arborea (ha)	Disturbi forestali/ copertura arborea (ha)	Crescita annuale media (ha)	Riduzione annuale media (ha)	Disturbi annuale media (ha)
Uso suolo ISPRA 2012-2021	9.238.783	8.549	21.303		949	2.367	
Copertura del suolo ISPRA 2012-2021	13.382.077	10.555	37.066		1.759	6.177	
HRL 2015-2018	12.576.461	3.461	43.559		1.154	14.519	
IUTI 1990-2016	11.732.622	1.334.398	399.453		43.176	12.525	12.525
Carta espansione forestale 1985-2019	ND	2.801.050	ND	ND	82.384		
INFC 2005-2015	11.054.458	586.925	ND	ND	58.693		
GLC 2015-2019	13.571.531	8.500	27.000		2.125	6.750	
Carta Sentinel 1-2 (2017-2018)	13.614.082	ND	89.596			89.596	
Censimento aree incendiate 2004-2020	ND	ND		676.254			42.266
Carta disturbi forestali Francini <i>et al.</i> 2022 (1985-2019) – risoluzione 30 m	ND	ND					261.733 (1985) - 27.923 (2014)
Carta disturbi forestali Francini <i>et al.</i> 2022 (2018) – risoluzione 10 m	ND	ND		57.717			57.717

I dati analizzati a scala nazionale (Tabella 64) mostrano in generale una tendenza complessiva all'espansione forestale, in particolare per i dati che analizzano le dinamiche forestali su un periodo più lungo (IUTI, INFC, carta

di espansione forestale). Una tendenza opposta si registra per i dati che si riferiscono a un periodo di analisi breve in cui non sono rilevabili i processi di accrescimento forestale naturale (HRL, GLC, carta dell'uso del suolo ISPRA).

Disturbi forestali

A livello nazionale sulla base dei dati ottenuti grazie alla procedura di classificazione semiautomatica della copertura del suolo è stato possibile quantificare la riduzione della superficie forestale tra il 2017 e il 2018 interessata da disturbi naturali e individuarne la probabile causa. Si stima che la superficie interessata da incendi e da altri disturbi forestali tra il 2017 e il 2018 abbia riguardato rispettivamente 11.106 ettari e 78.490 ettari, per un totale di 89.596 ettari. Il risultato mostra che il 12,4% dei disturbi è dovuto ad aree incendiate, mentre l'87,4% è causato da altri eventi; quest'ultimo dato è stato ulteriormente verificato e ha mostrato che più della metà delle aree individuate sono aree soggette a tagliate (De Fioravante *et al.*, 2021). L'accuratezza di questa classe risente comunque della presenza di classificazione che verranno limitati attraverso dati ancillari o fotointerpretazione.

Dal censimento delle aree incendiate risulta che tra il 2004 e il 2020 circa 660.000 ettari sono stati interessati da incendi, con i valori più alti raggiunti nel 2007 e nel 2017 con più di 100.000 ettari contro una superficie media annuale di circa 40.000 ettari. Questo dato deriva dall'aggregazione dei dati annuali, che quantificano la superficie percorsa dal fuoco nell'anno considerato; pertanto, ci sono molte aree che sono state soggette a incendi per più anni (consecutivi o meno) e queste superfici vengono conteggiate per ogni anno considerato, concorrendo al valore totale.

La carta dei disturbi forestali di Francini *et al.* 2022 individua i disturbi forestali tra il 1985 e il 2019, con una maggiore intensità negli anni '80 (261.733 ettari/anno) rispetto agli anni più recenti (27.923 ettari/anni nel 2014). Una stima più specifica dei disturbi e delle loro cause è stata calcolata per il 2018, in cui sono stati individuati complessivamente 57.717 ettari di disturbi forestali, classificate in tagliate a raso (46.604 ettari), incendi (11.002 ettari e danni da vento (110 ettari). Per un maggiore dettaglio della metodologia e la caratterizzazione dei risultati si rimanda al contributo di Francini *et al.* "Il monitoraggio dei cambiamenti e dei disturbi della copertura forestale nazionale" nella sezione dedicata di questo rapporto.

La differenza della stima dei dati della carta di copertura, del censimento incendi e della carta di Francini *et al.* è dovuta alla diversa risoluzione del dato e alla diversa tec-

nica di perimetrazione. Il censimento delle aree incendiate viene eseguito manualmente *in situ*, la carta di Francini *et al.* integra dati cartografici e stime campionarie, mentre l'individuazione tramite elaborazione di immagini satellitari viene eseguita attraverso l'applicazione di algoritmi che considerano la risposta spettrale della superficie incendiata.

Riduzione ed espansione forestale

La precisione con cui può essere individuato un cambiamento di riduzione o espansione forestale è variabile a seconda della risoluzione del dato, in quanto spesso l'espansione forestale naturale avviene gradualmente e su aree ristrette difficilmente intercettabili utilizzando dati a bassa risoluzione, a differenza della deforestazione, che, invece, può interessare superfici estese e continue, più facilmente rilevabili.

Il periodo temporale di analisi, come la risoluzione, influenza l'individuazione dell'accrescimento forestale: infatti esso è generalmente lento (circa 15 anni affinché la copertura possa essere tale da rientrare sotto la definizione di foresta) pertanto, analizzare l'espansione forestale su periodi brevi può sottostimare il dato reale, in quanto sicuramente permette di intercettare deforestazione o i disturbi forestali, ma non individua la crescita naturale della foresta.

Pertanto, dal momento che non tutti i dati permettono di fare un bilancio tra espansione e riduzione, è importante tenere presente che la lettura del dato singolo può non essere esaustiva nella spiegazione delle dinamiche forestali, che devono essere valutate sulla base del confronto espansione e riduzione. Il dato assoluto (solo riduzione o espansione) è comunque utile al fine di individuare le aree interessate dal cambiamento anche per fini gestionali. Inoltre, i disturbi forestali, come detto in precedenza, non comportano una variazione di uso del suolo, ma vengono considerati come perdita di copertura arborea e sono elementi importanti da valutare per le possibili conseguenze sulla struttura forestale.

In conclusione, sebbene alcuni dati possano apparire in contraddizione tra loro, andrebbero sempre letti e analizzati in relazione al fine dell'analisi che è stata svolta e in funzione della definizione, delle risoluzioni spaziale e temporale dello strumento che si sta utilizzando e del suo sistema di classificazione.

Espansione forestale a livello regionale

L'analisi dei dati dei cambiamenti forestali a livello regionale, sebbene riferita a periodi diversi e a dati di natura diversa, mostra una tendenza comune a individuare la Sardegna come area in cui la crescita forestale è maggiore. Infatti, ad eccezione dei dati HRL e della carta di uso del suolo ISPRA, gli altri risultati mostrano un valore di espansione sopra la media nazionale per tutti gli strati informativi. Confrontando i risultati dell'espansione forestale derivante dall'analisi dei diversi strati informativi si osserva che la carta di espansione forestale 1985-2019 individua una crescita superiore ai 100.000 ettari in 15 regioni e in quattro regioni una crescita compresa tra i 50.000 e i 100.000 ettari; i dati INFC 2005-2015 hanno registrato una crescita maggiore di 50.000 ettari in Sardegna, mentre nelle altre regioni la crescita è inferiore ai 50.000 ettari, con 8 regioni con valori superiori a 30.000 ettari. I dati IUTI (1990-2016) mostrano invece una tendenza di crescita compresa tra i 50.000 e i 100.000 ettari in 10 regioni, con valori però molto prossimi a 100.000; nelle restanti la crescita si attesta a valori sotto i 50.000 ettari, anche se in molti casi i valori sono molto vicini alla soglia dei 50.000 ettari.

Analizzando invece i risultati dei dati HRL (2015-2018) e GLC (2015-2019), si osserva che nessuno dei risultati supera i 50.000 ettari, assestandosi su valori inferiori.

La carta di uso del suolo ISPRA individua invece il Piemonte come la Regione in cui si è verificata la massima espansione forestale (circa 1.100 ettari) tra il 2012 e il 2021, mentre nelle altre regioni la crescita è stata inferiore ai 800 ettari. Questo risultato è dovuto al fatto che, come detto nell'introduzione alla lettura dei dati, l'espansione forestale è un processo lento, che richiede tempi di analisi lunghi per essere rilevato dai dati cartografici.

I dati della carta di espansione forestale, di IUTI e di INFC mostrano una tendenza simile se si osservano i valori della crescita annuale (Figura 83). In quasi tutte le regioni la crescita annua individuata dalle tre fonti informative si assesta sullo stesso ordine di grandezza, pur con alcune oscillazioni significative. I tassi di crescita secondo HRL, GLC e la carta di uso del suolo ISPRA sono invece decisamente inferiori, anche se i valori maggiori si registrano nelle stesse regioni per tutti i dati analizzati (Sardegna, Lazio, Campania e Toscana).

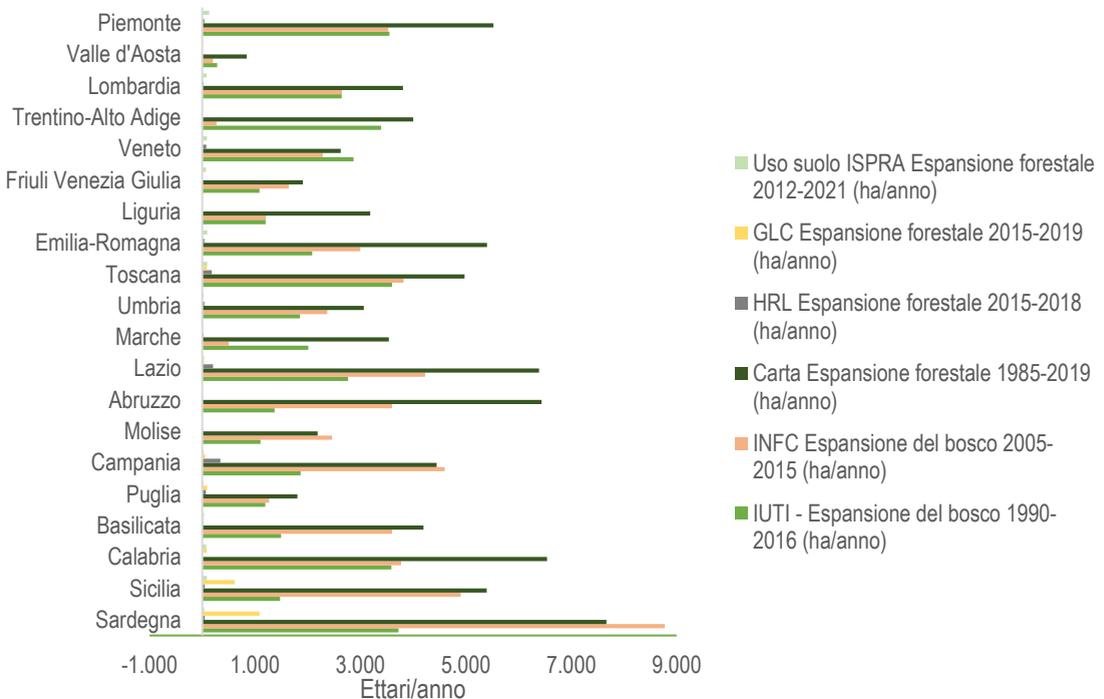


Figura 83. Espansione forestale a livello regionale a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

Riduzione forestale a livello regionale

La riduzione della superficie forestale è stata quantificata utilizzando i dati IUTI, HRL GLC e della carta di uso del suolo ISPRA, che, a differenza dei dati INFC, che confronta le superfici boschive al 2005 e al 2015, e alla carta di espansione forestale, che individua invece solo le aree di espansione, permettono di individuare i passaggi di classe di copertura, individuando quindi anche la perdita di superficie forestale.

Si può notare che i risultati di IUTI e HRL hanno un valore annuale di decrescita a livello nazionale simile (circa 12-14.000 ettari), mentre a causa della risoluzione spaziale

inferiore (100x100 m) il tasso annuale di decrescita della carta GLC è circa 6.000 ettari (Figura 84) e quello della carta di uso del suolo ISPRA è 2.367 ettari. Le regioni in cui tutti gli strati informativi individuano valori maggiori alla media di riduzione della superficie forestale sono la Lombardia, il Piemonte, la Calabria e la Toscana, in cui IUTI registra valori prossimi o superiori a 1.000 ettari (media annuale 600 ettari/anno), HRL superiori a 1.200 ettari (media annuale 700 ettari/anno), GLC superiori a 300 ettari (media annuale 300 ettari/anno) e la carta di uso del suolo ISPRA superiori a 150 ettari (media annuale 120 ettari/anno).

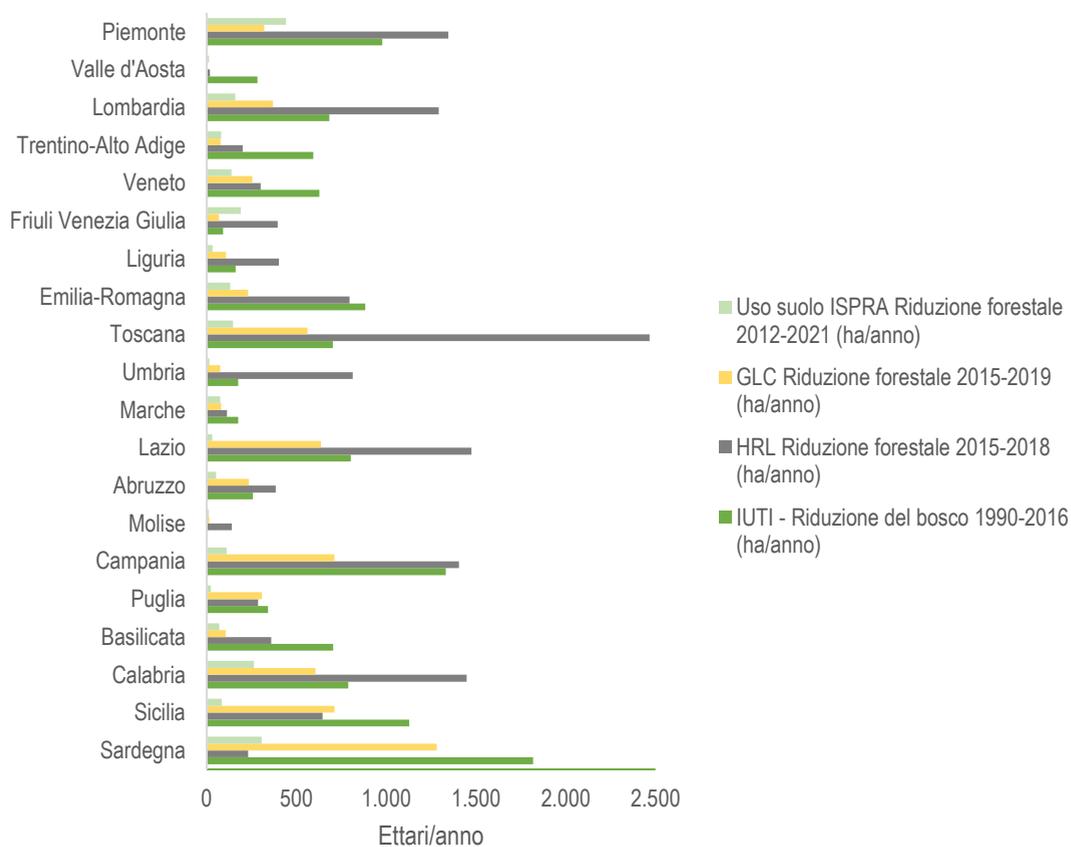


Figura 84. Riduzione del bosco a livello regionale a confronto (ha/anno). Fonte: elaborazioni ISPRA su varie fonti

CAUSE DI CONSUMO DI SUOLO

LE NUOVE COPERTURE ARTIFICIALI

Tra il 2006 e il 2022 in Italia sono stati consumati 1.216 km² di suolo naturale o seminaturale a causa dell'espansione urbana e delle sue trasformazioni collaterali. Alla luce dell'accelerazione del trend degli ultimi anni, considerando anche il valore più alto di quest'anno dal 2012, i 76 km² di suolo consumato in media ogni anno devono far riflettere circa l'efficacia delle misure intraprese negli ultimi sedici anni per il contenimento di questo fenomeno e sull'urgenza di un quadro normativo di riferimento che riesca a porre freno in maniera decisa alla grave e prolungata perdita di suoli fertili e ricchi di biodiversità. Dai numeri in Tabella 65 si rileva che la densità del consumo di suolo netto in questi anni ha portato a consumare, per ogni ettaro del nostro territorio, più di 40 m² di suolo, con una media annuale che è stata di 2,52 m²/ha (2,35 quella dell'ultimo anno, cfr. § *Il livello nazionale*).

Tabella 65. Consumo di suolo tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazione ISPRA su dati SNPA

	2006-2022
Consumo di suolo netto (km²)	1.216
Consumo di suolo permanente (km²)	739
Densità del consumo di suolo netto (m²/ha)	40,36
Densità media annuale del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,52

Scendendo nel dettaglio, osservando la ripartizione del consumo di suolo per lo stesso periodo nelle sue diverse classi secondo la codifica già illustrata, è interessante evidenziare alcune trasformazioni prevalenti. Non considerando le nuove aree di cantiere (classe 122) che rappresentano generalmente situazioni in evoluzione, il consumo permanente rappresenta il 35% del totale. La quota di strade e piazzali in asfalto e cemento (classi 111

e 116), eguaglia e supera leggermente in termini di superfici quella impegnata invece per la costruzione di edifici di quasi mezzo ettaro.

Tra il consumo reversibile si nota, invece, la quota dovuta ai pannelli fotovoltaici a terra, che, con 150 km², rappresentano una fetta importante di cambiamento della copertura del suolo in Italia seppure con impatti diversi a seconda del tipo di impianto. In questo caso, i cambiamenti degli ultimi anni rappresentano la gran parte dei 178 km² di copertura complessiva della classe stimata al 2022 (cfr. § *Gli impianti fotovoltaici*).

Infine, per il 76% del territorio soggetto a consumo di suolo che è stato possibile descrivere con un secondo livello di dettaglio è stato possibile stimare al 46% i cambiamenti riconducibili a coperture permanenti e quindi a un consumo irreversibile, per la restante parte, analogamente a quanto sopra descritto circa le aree cantieristiche, le aree permeabili, al netto delle trasformazioni intermedie si attestano al 54% dell'intero suolo consumato in questi 16 anni.

Per l'ultima annualità le modalità con cui viene consumato il suolo, sono sintetizzate in Tabella 67. Rispetto all'anno precedente aumenta leggermente la quota della componente reversibile di 0,2 punti percentuali, con 6.192 ettari di suolo consumati in maniera non permanente (281 ettari in più rispetto allo scorso anno). Si tratta nella maggior parte dei casi di aree di cantiere (5.346 ettari), che rappresentano quasi il 70% dei cambiamenti totali e che sono destinati prevalentemente alla realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture, dunque a divenire, in buona parte, nuovo consumo permanente in futuro. Nell'ultimo anno sono stati consumati in maniera irreversibile invece 1.485 ettari (oltre 50 ettari in più rispetto ai 1.433 ettari consumati tra il 2021 e il 2022). Tra le classi di consumo permanente, con 724 ettari di suolo impermeabilizzato, è l'edificato quella prevalente (oltre la metà del consumo permanente).

Tabella 66. Classi di consumo di suolo tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazione ISPRA su dati SNPA

	Sistema di classificazione del consumo di suolo	Consumo di suolo 2006-2022 (ha)	Ripartizione consumo di suolo per classe 2006-2022 (%)
1	Consumo di suolo	121.646	100
1xx	(non classificato)	30.307	24,9
11	Consumo di suolo permanente	43.071	35,4
111	Edifici, fabbricati	19.290	15,9
112	Strade pavimentate	9.962	8,2
113	Sede ferroviaria	278	0,2
114	Aeroporti	143	0,1
115	Porti	68	0,1
116	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate	9.736	8
117	Serre permanenti pavimentate	133	0,1
118	Discariche	890	0,7
11x	(altro consumo permanente non classificato)	2.571	2,1
12	Consumo di suolo reversibile	48.269	39,7
121	Strade non pavimentate	1.214	1
122	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazze, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)	25.330	20,8
123	Aree estrattive non rinaturalizzate	5.032	4,1
124	Cave in falda	421	0,3
125	Impianti fotovoltaici terra	15.006	12,3
126	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali suolo	182	0,1
12x	(altro consumo reversibile non classificato)	1.085	0,9

L'analisi dei cambiamenti intercorsi tra il 2021 e il 2022, riportata nella matrice delle transizioni di Tabella 68, mostra gli ettari passati in un anno da una classe all'altra del sistema di classificazione del consumo di suolo.

Analizzando più in dettaglio le trasformazioni attraverso la lettura dei valori numerici dei flussi di transizione al terzo livello, possono essere identificate le variazioni prevalenti. I flussi maggiori rilevati sono quelli da suolo naturale o seminaturale (classe 2) a cantieri e altre aree in

terra battuta (122) ed edifici e fabbricati (111) con incrementi, rispettivamente, di 5.346 ettari e di 724 ettari. Interessante isolare e analizzare le trasformazioni nell'ultimo anno dalla classe 122, che rappresenta principalmente le aree di cantiere: dei complessivi 1.315 ettari trasformati, 573 ettari sono stati ripristinati a suolo non consumato (classe 2), mentre la maggior parte sono diventati altre aree impermeabili/pavimentate (330 ettari), edifici e fabbricati (280 ettari) e strade pavimentate (108 ettari).

Tabella 67. Consumo di suolo al II e III livello di analisi. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2020-2021	2021-2022			2020-2021	2021-2022
Consumo di suolo permanente	ha	1.433	1.485	Edifici	ha	726	724
				Infrastrutture		78	77
				Altro		629	684
	%	19,5	19,3	Edifici	%	9,9	9,4
				Infrastrutture		1,1	1,0
				Altro		8,6	8,9
Consumo di suolo reversibile	ha	5.911	6.192	Cantieri	ha	5.179	5.346
				Altro		731,4	846,0
	%	80,5	80,7	Cantieri	%	58,0	69,6
				Altro		13,3	11,0

Tabella 68. Matrice dei cambiamenti (in ettari) 2021-2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2022																			
		1	11	111	112	113	114	115	116	117	118	12	121	122	123	124	125	126	2	TOT	
2021	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	111	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	21	-	-	-	-	1	23	
	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	4	
	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	
	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	
	116	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	1	24
	117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	121	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	14
	122	-	-	280	108	4	5	-	330	1	2	-	3	-	2	-	5	3	573	1.315	
	123	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	17	22
	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	3	5
	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
	2	-	-	724	77	-	4	6	641	3	30	-	168	5.346	399	11	242	27	-	7.677	
	TOT			1.017	197	5	9	6	972	4	33	-	171	5.392	401	11	247	30	602		

1. Consumo di suolo non classificato; 11. Consumo di suolo permanente non classificato al terzo livello; 111. Edifici, fabbricati; 112. Strade pavimentate; 113. Sede ferroviaria; 114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (Piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi); 117. Serre permanenti pavimentate; 118. Discariche; 12. Consumo di suolo reversibile non classificato al terzo livello; 121. Strade non pavimentate; 122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale); 123. Aree estrattive non rinaturalizzate; 124. Cave in falda; 125. Impianti fotovoltaici a terra; 126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo; 2. Suolo non consumato.

I valori riferiti ai cambiamenti al di sotto della soglia di 0,5 ha non appaiono nella matrice ma concorrono nei conteggi per i totali di classe.

Con sfondo e bordo grigio vengono evidenziate le superfici dove è avvenuta una nuova impermeabilizzazione del suolo.

Con bordo rosso vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto nuovo consumo di suolo (carattere rosso: permanente; carattere arancione: reversibile).

Con sfondo e bordo verde scuro vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto un ripristino o una rinaturalizzazione.

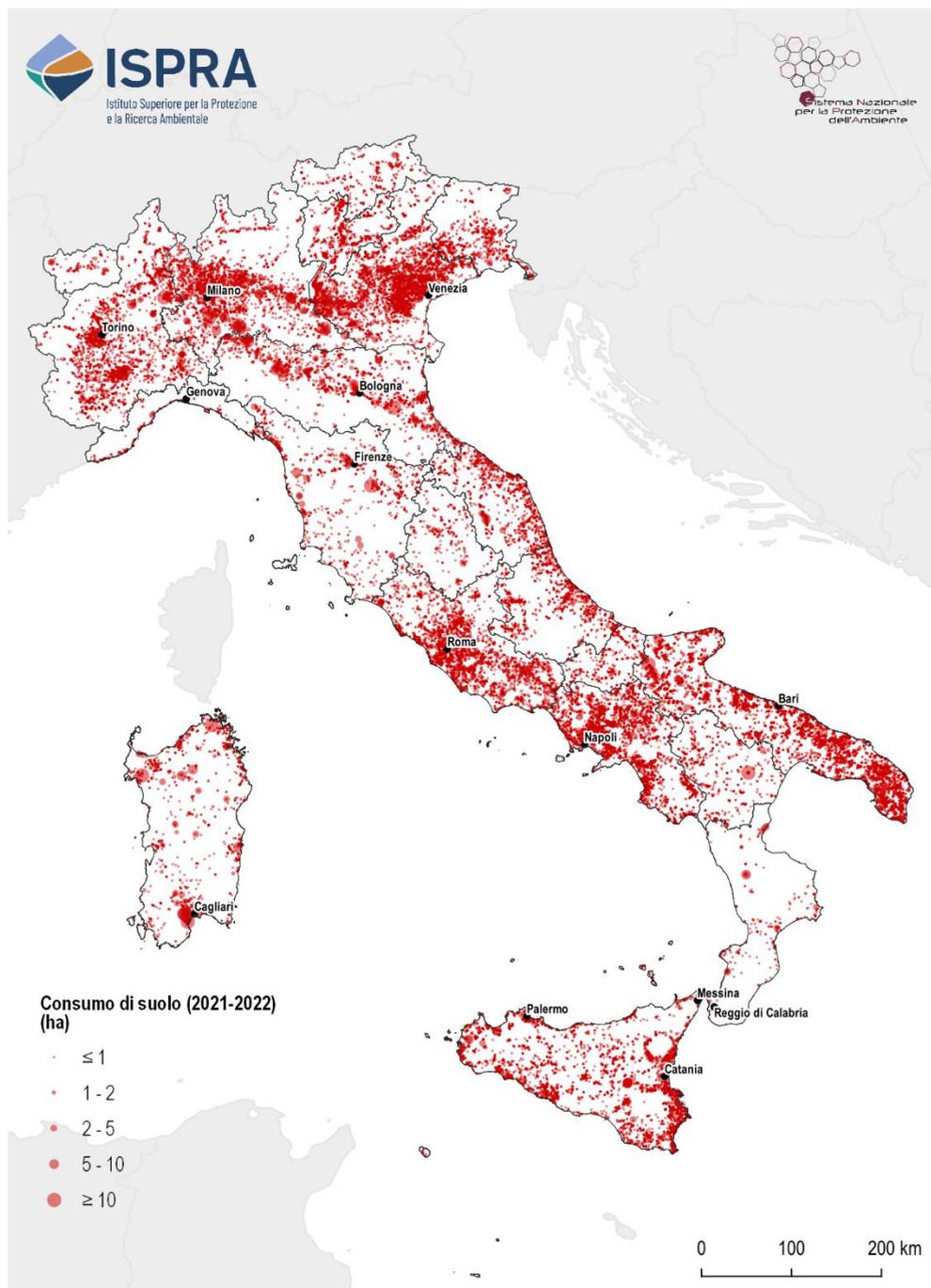


Figura 85. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

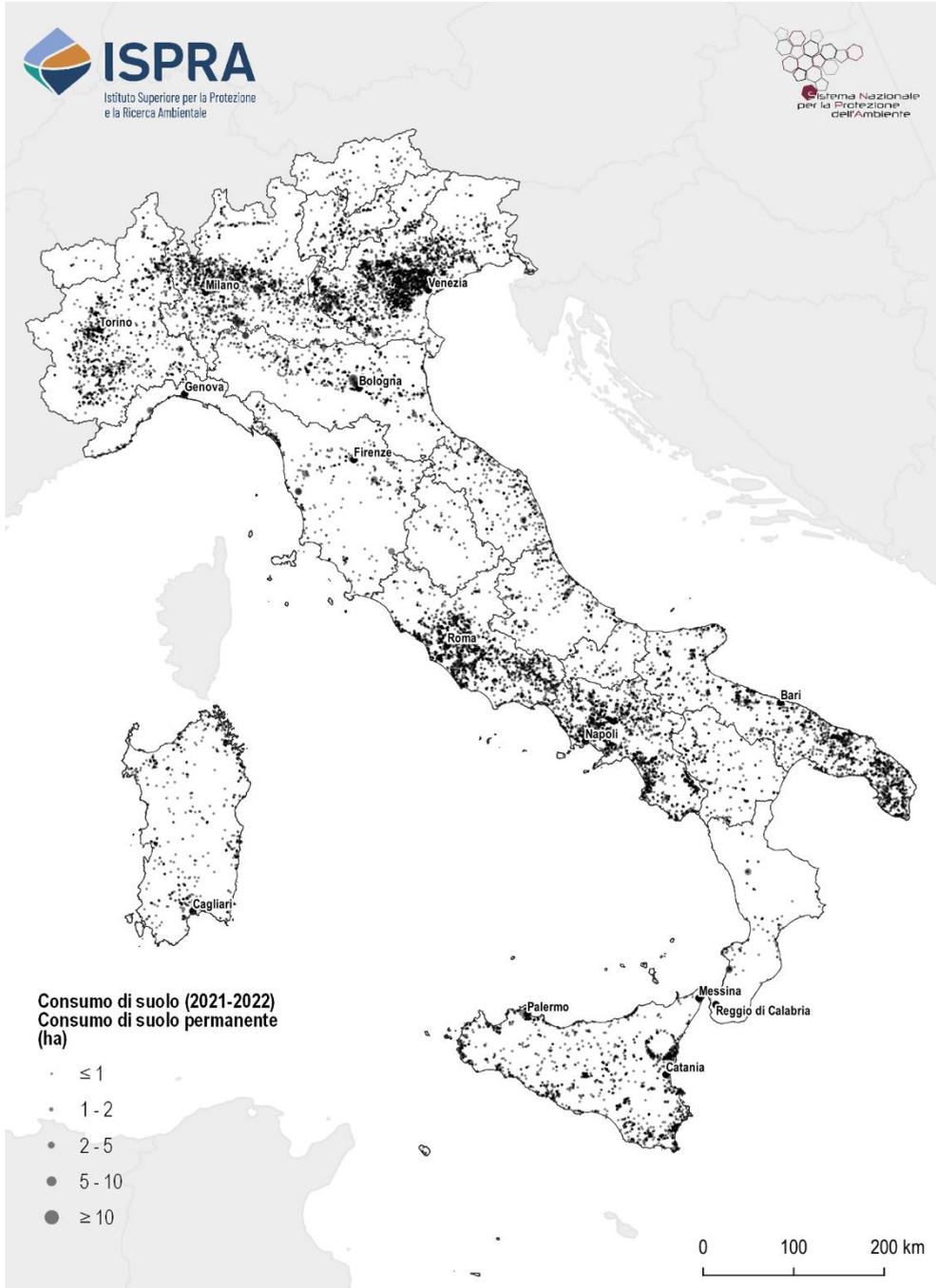


Figura 86. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo permanente. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

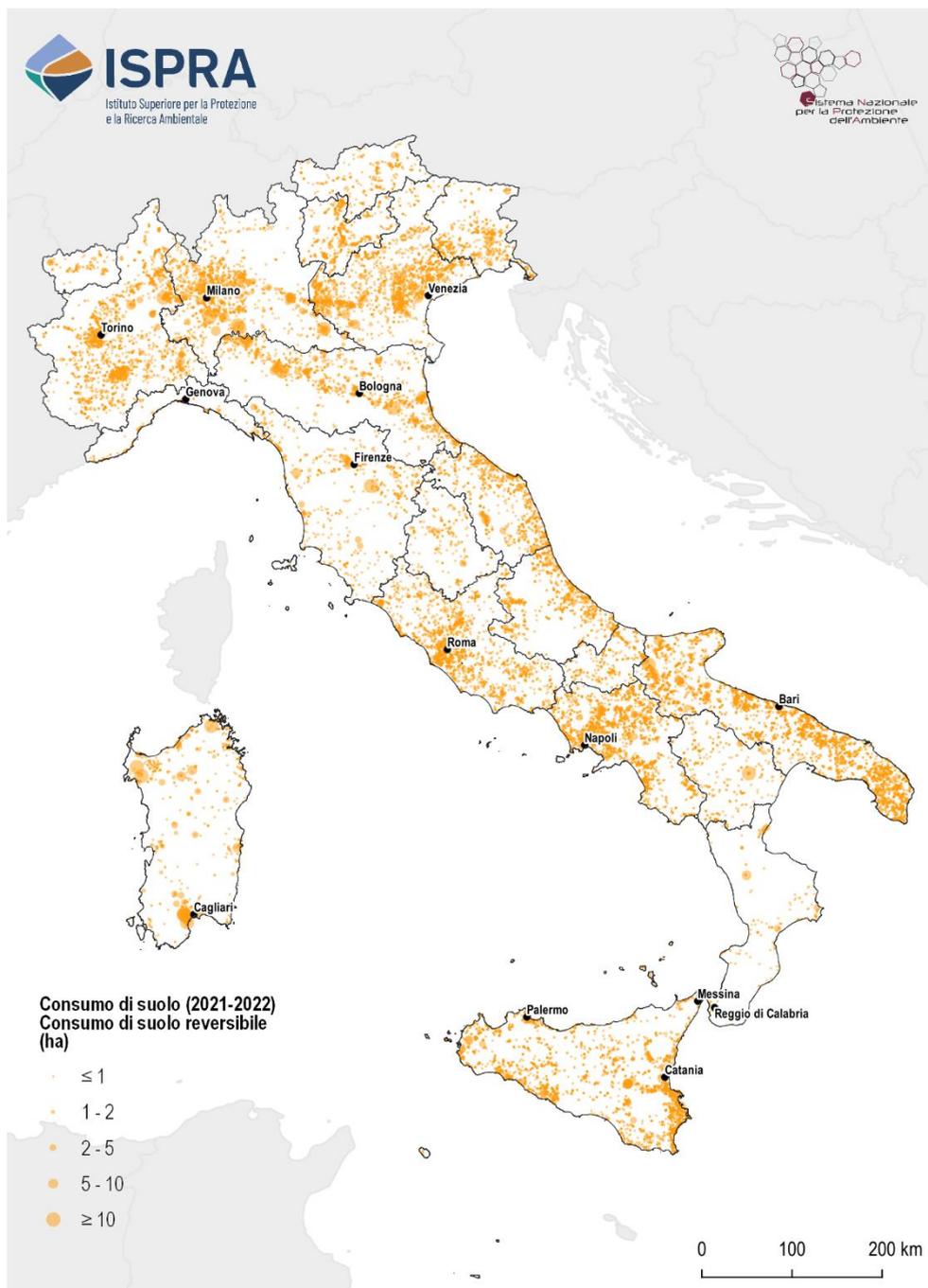


Figura 87. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo reversibile. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

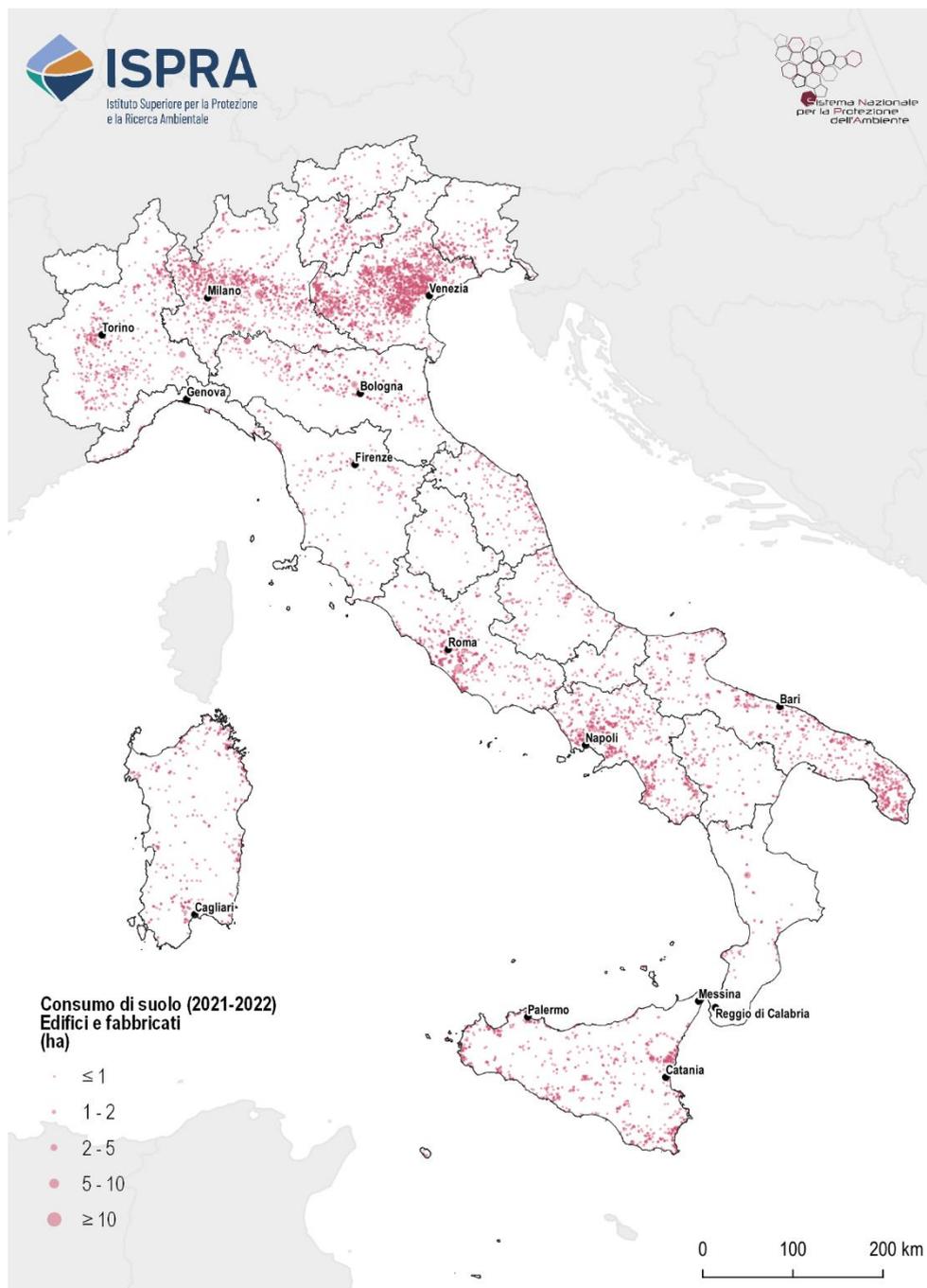


Figura 88. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi edifici e fabbricati (classe 111). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

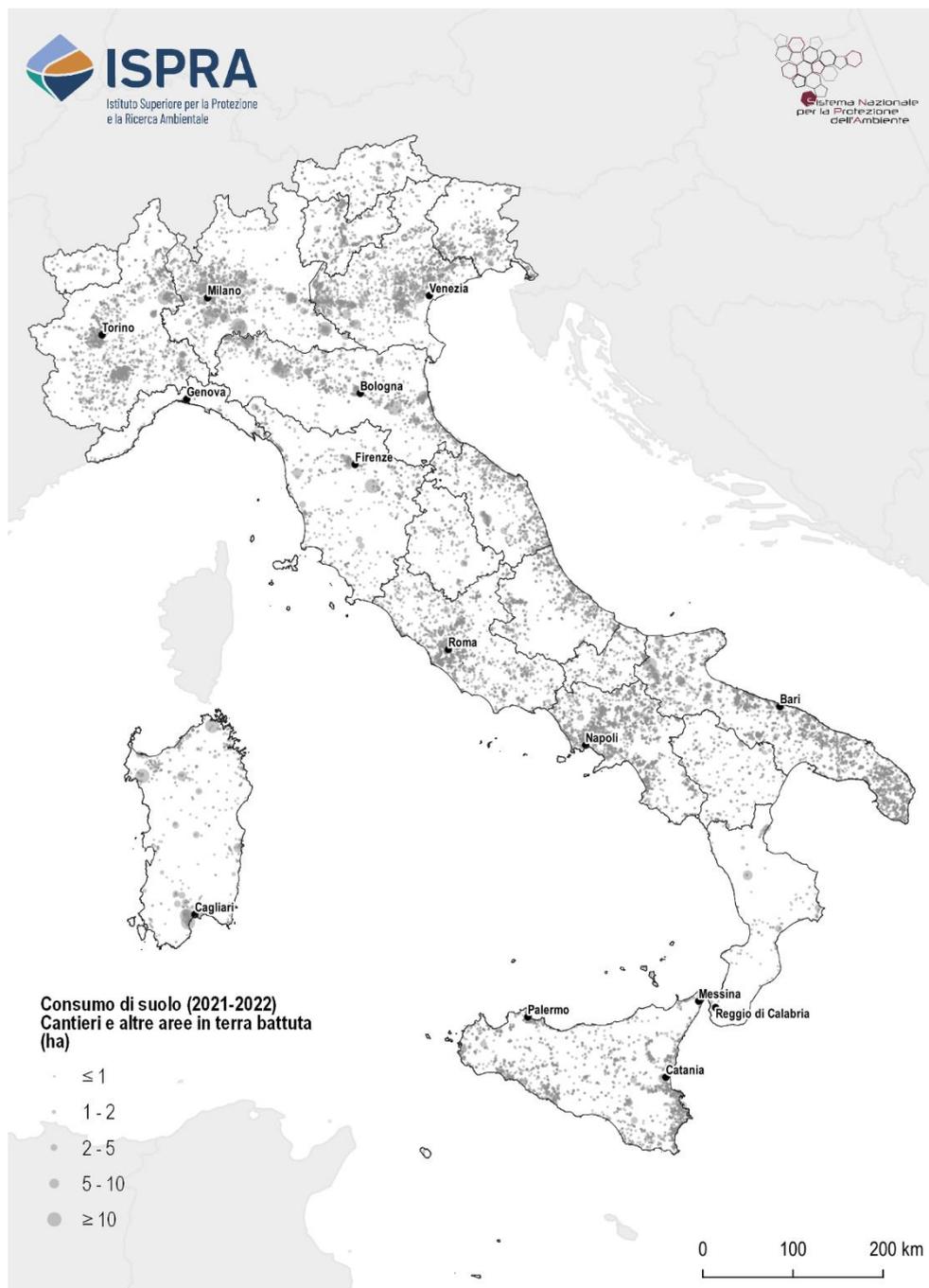


Figura 89. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi cantieri (classe 122). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 90. Esempio di consumo di suolo per la costruzione di un nuovo edificio (classe 111) per un totale di 3,2 ettari presso il comune di Maddaloni in provincia di Caserta. Immagini a sinistra, 2019 a destra, 2022



Figura 91. Consumo di suolo nel Comune di Oppeano in provincia di Verona tra il 2020 e il 2022 per attività di ampliamento di un insediamento produttivo, per una superficie complessiva di 5,4 ettari (di cui circa 3 ettari l'edificio, codice 111 e di 2,4 ettari il cantiere, codice 122)



Figura 92. Espansione di una cava avvenuta nel 2022 nel Comune di Sassari, per una superficie di circa 40,5 ettari



Figura 93. Area cantieristica (classe 122) di 24 ettari nel Comune di Bagno a Ripoli in provincia di Firenze immagine in alto (2020), seconda immagine (2021) e ultima immagine (2022)



Figura 94. Costruzione di due fabbricati (classe 111, per un totale di ettari 3,21), di un piazzale/parcheggio (classe 116, di circa 5 ettari) e cantiere limitrofo (classe 122, di ettari 5,4) nel Comune di Caldera di Reno (Bologna). Immagini relative agli anni 2020, 2021 e 2022

LE AREE EDIFICATE

Le aree edificate comprendono tutte le superfici identificate dalla classe 111 del sistema di classificazione del consumo di suolo (Tabella 2), coperte da edifici e fabbricati.

Analizzando i dati della cartografia SNPA risultano circa 5.414 km² di aree edificate (un territorio grande quanto tutta la Liguria), equivalente all'1,8% del territorio nazionale e oltre il 25% dell'intero suolo consumato. Nell'ultimo anno l'aumento netto delle aree edificate è stato di circa 994 ettari (Tabella 69).

A livello regionale la Lombardia è il territorio con la maggior superficie edificata, con circa 839 km², corrispondente al 3,5% dell'intera regione, seguita dal Veneto con più di 720 km² equivalente al 3,9% del territorio regionale. Analizzando la parte di suolo coperta da edifici e

fabbricati in relazione a quella complessivamente consumata, il Veneto è la regione che ha il maggior tasso di aree edificate (33,1%), seguita da Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Campania, tutte con valori percentuali superiori alla media nazionale (25,2%). Osservando le percentuali di suolo consumato a livello di ripartizione geografica si nota che le stesse diminuiscono spostandosi verso il Sud e le Isole (Figura 95). Per quanto riguarda la superficie edificata rapportata al numero di abitanti, il Veneto risulta la regione con il valore più alto di metri quadrati per abitante (149 m²/ab), mentre i valori più bassi si registrano in Lazio, Liguria e Campania, rispettivamente con 56, 60 e 65 m²/ab. A livello di ripartizione geografica, valori al disopra della media nazionale (92 m²/ab) si registrano solo nel Nord-Est del Paese, con 129 m²/ab (Figura 96).

Tabella 69. Suolo consumato 2022 e consumo di suolo 2021-2022 per aree edificate. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato per edifici e fabbricati				Consumo di suolo per edifici e fabbricati (ha)
	(ha)	(%)	Pro capite (m ² /ab)	Rispetto al suolo consumato totale (%)	
Piemonte	50.699	2,0	119	29,8	90
Valle d'Aosta	1.191	0,4	97	17,0	0,6
Lombardia	83.881	3,5	84	28,9	201,7
Trentino-Alto Adige	7.972	0,6	74	19,4	20
Veneto	72.031	3,9	149	33,1	283,3
Friuli-Venezia Giulia	15.698	2,0	131	24,7	13,7
Liguria	9.105	1,7	60	23,2	2,8
Emilia-Romagna	52.790	2,3	119	26,4	93,4
Toscana	33.102	1,4	90	23,3	19,4
Umbria	8.884	1,1	103	20,0	7,2
Marche	14.882	1,6	100	22,9	12,8
Lazio	31.730	1,8	56	22,6	30,8
Abruzzo	11.829	1,1	93	21,9	16,5
Molise	3.125	0,7	107	17,9	3
Campania	36.836	2,7	65	25,8	41,3
Puglia	34.399	1,8	88	21,6	47,5
Basilicata	4.342	0,4	80	13,6	7,2
Calabria	15.333	1,0	83	20,1	11
Sicilia	37.962	1,5	79	22,6	55,8
Sardegna	15.551	0,6	98	19,3	35,7
Italia	541.389	1,8	92	25,2	993,6

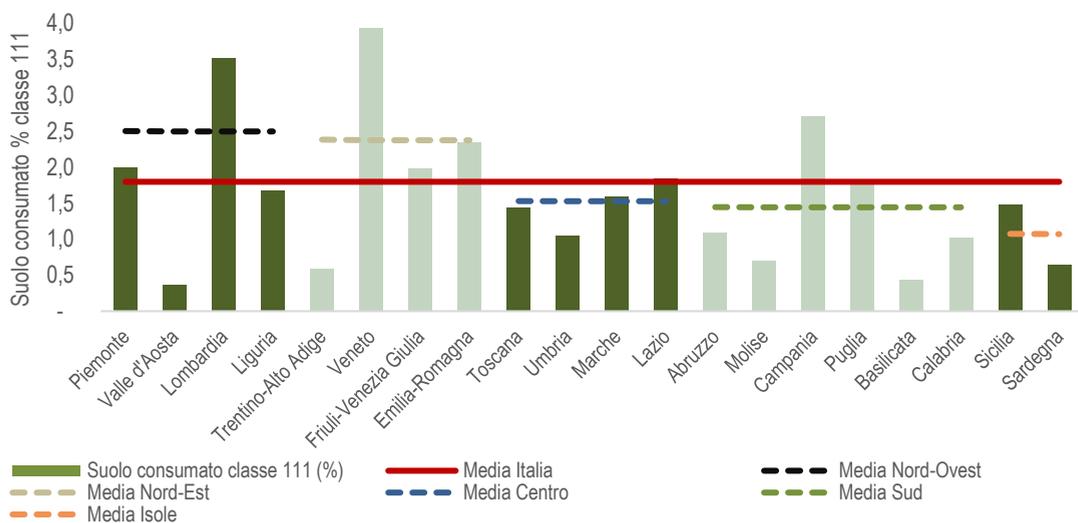


Figura 95. Suolo consumato per la classe degli edifici e fabbricati a livello regionale e di ripartizione geografica (% 2022). In rosso la percentuale nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

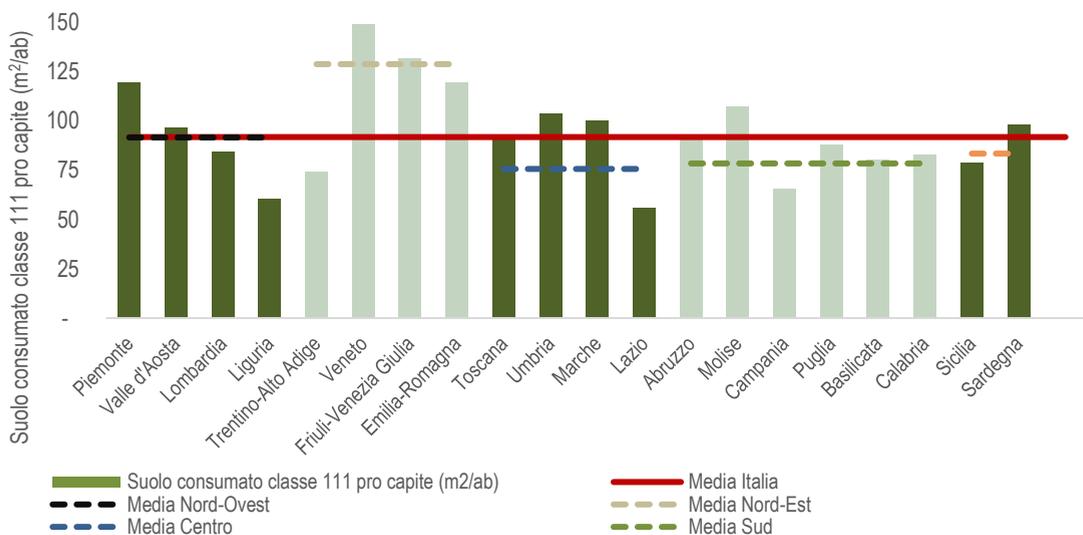


Figura 96. Suolo consumato pro capite per la classe degli edifici e fabbricati a livello regionale e di ripartizione geografica (m²/ab 2022). In rosso la percentuale nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Incrociando i dati sulle superfici edificate (derivanti dalla classe 111 della cartografia SNPA) con gli strati informativi relativi alle aree a pericolosità da frana, idraulica e sismica⁶⁸, si è analizzata la distribuzione degli edifici all'interno di queste zone (Tabella 70).

Per quanto riguarda le aree a pericolosità sismica, il 36,2% (195.873 ettari) della superficie edificata nazionale ricade all'interno di queste zone. Le regioni che presentano le percentuali più alte di superfici edificate in aree a pericolosità sismica sono le stesse che hanno l'estensione maggiore di queste aree. Le Marche hanno il 100% del territorio esposto a pericolosità sismica, di conseguenza anche tutti gli edifici (14.882 ettari) che ricadono in essa hanno la probabilità di essere esposti a fenomeni sismici. La Calabria e l'Umbria, che hanno circa il 90% del territorio ricadente in queste aree, mostrano rispettivamente il 95% (14.543 ettari) e il 92% (8.177 ettari) della superficie edificata esposta a pericolosità sismica. Le superfici edificate in aree sismiche più estese sono localizzate in Emilia-Romagna e in Veneto,

rispettivamente con 36.117 ettari (37,3%) e 26.894 ettari (68,4%).

L'8,6% della superficie edificata a livello nazionale (46.498 ettari) ricade in area a pericolosità da frana (P4+P3+P2+P1+AA). Queste aree si concentrano maggiormente in Valle d'Aosta, dove oltre il 90% del territorio rientra in queste aree, e in Campania, Liguria e Toscana, dove circa la metà del territorio è in area a pericolosità da frana. In queste stesse regioni si registrano le percentuali maggiori di superfici edificate esposte al pericolo di frane, in particolare in Toscana con 10.518 ettari, pari a circa il 32% delle aree coperte da edifici dell'intera Regione, seguita dalla Campania, con 9.548 ettari (26%).

Per quanto riguarda le aree a pericolosità idraulica media, a livello nazionale il 12,8% delle aree edificate (69.550 ettari) ricade in queste zone. Dai dati si evince che la regione con i valori più elevati è l'Emilia-Romagna dove circa il 63% della superficie edificata (33.116 ettari) ricade in zone a pericolosità idraulica media.

⁶⁸ Nuove mosaicature nazionali ISPRA 2021 realizzate sulla base dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI Frane (v. 4.0 – 2020-2021) e delle mappe di pericolosità idraulica redatte dalle Autorità di bacino distrettuali, secondo gli scenari del D. Lgs 49/2010 di recepimento della

direttiva alluvioni (2007/60/CE). Per le aree a pericolosità sismica i dati SNPA sono confrontati con i dati di riferimento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Tabella 70. Distribuzione degli edifici (2022), a livello regionale, in ettari e percentuali, all'interno di aree a pericolosità sismica, a pericolosità da frana e a pericolosità idraulica (classe media). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, ISPRA e INGV

Regioni	Edifici e fabbricati in aree a pericolosità					
	Pericolosità sismica		Pericolosità da frana		Pericolosità idraulica media	
	ha	%	ha	%	ha	%
Piemonte	1	0,0	1.927	3,8	2.533	5,0
Valle d'Aosta	0	0,0	658	55,3	104	8,7
Lombardia	3.497	4,2	2.889	3,4	3.949	4,7
Trentino-Alto Adige	106	1,3	929	11,7	1.406	17,6
Veneto	26.894	37,3	327	0,5	7.071	9,8
Friuli-Venezia Giulia	11.131	70,9	93	0,6	1.658	10,6
Liguria	418	4,6	4.538	49,8	1.368	15,0
Emilia-Romagna	36.117	68,4	3.067	5,8	33.116	62,7
Toscana	6.451	19,5	10.518	31,8	7.886	23,8
Umbria	8.177	92,0	1.591	17,9	551	6,2
Marche	14.882	100,0	680	4,6	935	6,3
Lazio	10.615	33,5	1.670	5,3	1.299	4,1
Abruzzo	8.616	72,8	700	5,9	700	5,9
Molise	2.621	83,9	329	10,5	135	4,3
Campania	21.025	57,1	9.548	25,9	1.981	5,4
Puglia	5.086	14,8	1.001	2,9	1.116	3,2
Basilicata	2.908	67,0	620	14,3	64	1,5
Calabria	14.543	94,8	750	4,9	1.674	10,9
Sicilia	22.783	60,0	1.453	3,8	1.060	2,8
Sardegna	0	0,0	3.209	20,6	945	6,1
Italia	195.873	36,2	46.498	8,6	69.550	12,8

L'analisi delle aree edificate è stata approfondita incrociando il dato SNPA con il dato delle altezze degli edifici (Pesaresi *et al.*, 2023) prodotto dal *Joint Research Centre* (JRC) della Commissione Europea. Questo dato contiene l'altezza media degli edifici, a scala globale, con una risoluzione spaziale di 100 metri. Si basa sull'elaborazione di tre dataset principali: - il *Digital Surface Model* di ALOS "ALOS World 3D" a 30 metri di risoluzione; - i dati della missione NASA *Shuttle Radar Topographic Mission* a 30 metri di risoluzione; - il mosaico delle Sentinel-2 per il periodo 2017-2018. Per tutte le analisi che seguiranno bisogna considerare che i valori di altezza citati sono valori medi riferiti ad una porzione quadrata di territorio con lato di 100 metri (1 ettaro). Per allineare temporalmente il dato SNPA a quello JRC si è presa in considerazione la classe 111 (edifici, fabbricati) relativa all'anno 2018.

L'altezza media degli edifici, a livello nazionale, risulta di circa 6,1 metri. Otto regioni hanno valori superiori alla media e il valore più alto si registra in Liguria (6,8 metri), seguita da Lazio e Sicilia (6,7 metri). La regione che presenta i valori più bassi è la Valle d'Aosta, con un'altezza media degli edifici pari a 4,6 metri. I valori superano di poco i 5 metri in Molise e Trentino-Alto Adige (5,2 metri; Tabella 71).

Intersecando i dati sull'altezza degli edifici con le classi di urbanizzazione (cfr. § Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane), si è potuto valutare la variazione dell'altezza degli edifici in base al variare delle densità di suolo consumato e di popolazione (Tabella 71). All'interno della classe di urbano denso (alte densità di suolo consumato e di popolazione) si registra, a livello nazionale, l'altezza media degli edifici più alta (8 metri). Valori più alti rispetto alla media si registrano anche nelle aree a uso non residenziale (alta densità di suolo consumato

e bassa densità di popolazione; 6,8 metri). Le altezze si abbassano spostandosi nelle aree urbane a media densità (5,7 metri) fino a raggiungere il valore minimo nelle zone rurali (4,2 metri). A livello regionale, l'altezza media più alta degli edifici si registra nelle aree urbane ad alta densità della Liguria (10,2 metri), seguita dal Lazio (9,4 metri). In queste stesse regioni si evidenziano i valori di suolo consumato pro capite (Tabella 17) e di suolo consumato per edifici e fabbricati pro capite più bassi d'Italia, rispettivamente 261 e 60 metri quadrati per abitante per la Liguria e 246 e 56 m²/ab per il Lazio (Tabella 69). I valori di altezza più bassi si riscontrano in Emilia-Romagna e in Veneto (6,6 metri). Non in tutte le regioni avviene lo stesso, ma, come per la Liguria e il Lazio, anche in questo caso sembra esserci una relazione inversa con i valori pro capite di suolo consumato totale e per edifici e fabbricati in quanto entrambe le regioni associano ai bassi valori di altezze medie alti valori di questi indicatori. Grazie alla disponibilità delle altezze degli edifici è stato possibile stimare i volumi relativi alla superficie della classe 111. In particolare, si è presa in considerazione la densità volumetrica, intesa come volume degli edifici rapportato alla superficie della stessa classe. Analizzando

questo parametro si nota come, a livello nazionale, aumenta man mano che ci si sposta verso le classi con un grado di urbanizzazione maggiore, passando da 2,4 m³/m² delle zone rurali a 8,8 m³/m² nelle aree urbane ad alta densità, descrivendo la presenza di edifici più alti e quindi un migliore sfruttamento degli spazi verticali (Tabella 72). Oltre alle zone più residenziali, un valore alto di densità volumetrica si riscontra anche nelle zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (8,5 m³/m²). Prendendo in considerazione i metri cubi disponibili per ogni abitante (popolazione relativa all'anno 2018), sette regioni presentano valori superiori alla media nazionale di 506 m³/ab. In particolare, i valori più alti si registrano in Veneto e Piemonte, con oltre 670 m³/ab, mentre il valore più basso si riscontra nel Lazio (329 m³/ab).

Un ulteriore approfondimento è stato fatto stimando l'altezza media degli edifici all'interno dei capoluoghi di regione (Tabella 71). La media degli edifici più alta si registra a Milano (24,2 metri) e a Palermo (23 metri) mentre i valori più bassi si riscontrano a L'Aquila (9,4 metri) e a Bologna (10,1 metri).

Tabella 71. Altezza media di edifici e fabbricati a livello regionale e nazionale, generale e distinta per tipologia di area urbana e per capoluoghi di regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati JRC

Regione	Altezza media di edifici e fabbricati (m)					
	Generale	Aree urbane ad alta densità	Aree urbane a media densità	Zone rurali	Zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione	Capoluogo di regione
Piemonte	5,7	8,6	5,6	4,2	6,9	19,5
Valle d'Aosta	4,6	7,5	5,1	2,4	4,7	11,4
Lombardia	6,4	8,3	6,2	4,4	7,4	24,2
Trentino-Alto Adige	5,2	7,2	5,1	3,9	6,8	14,0
Veneto	5,9	6,6	5,8	4,9	6,6	16,0
Friuli-Venezia Giulia	5,8	7,3	5,3	4,5	6,8	13,3
Liguria	6,8	10,2	6,9	4,2	7,3	21,6
Emilia-Romagna	6,1	6,6	5,8	5,1	6,9	10,1
Toscana	5,7	6,9	5,5	4,1	6,4	15,7
Umbria	6,2	8,2	5,6	5,4	6,6	14,7
Marche	5,3	6,7	4,9	4,3	6,3	11,0
Lazio	6,7	9,4	6,2	3,9	7,7	15,5

Abruzzo	5,5	8,0	4,8	4,1	7,1	9,4
Molise	5,2	8,3	4,9	3,3	7,0	10,8
Campania	5,8	7,9	5,4	3,1	6,1	14,5
Puglia	6,6	8,2	5,8	4,8	6,8	21,5
Basilicata	6,4	8,7	6,1	3,5	7,5	11,8
Calabria	5,3	8,0	4,7	2,7	5,7	13,6
Sicilia	6,7	8,7	5,6	3,4	6,9	23,0
Sardegna	6,1	7,7	5,8	3,9	8,0	15,5
Italia	6,1	8,0	5,7	4,2	6,9	-

Tabella 72. Densità volumetrica di edifici e fabbricati a livello regionale e nazionale, generale e distinta per tipologia di area urbana; volume pro capite a livello regionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati JRC

Regione	Densità volumetrica (m ³ /m ²)					Volume pro capite (m ³ /ab)
	Generale	Aree urbane ad alta densità	Aree urbane a media densità	Zone rurali	Zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione	
Piemonte	5,8	10,8	4,6	2,5	9,1	672
Valle d'Aosta	4,4	10,1	3,8	2,1	6,6	409
Lombardia	7,2	9,4	5,3	2,8	9,0	594
Trentino-Alto Adige	4,9	8,7	4,0	2,4	9,6	356
Veneto	4,7	6,9	3,9	2,4	8,2	677
Friuli-Venezia Giulia	4,9	7,8	3,7	2,5	8,4	624
Liguria	8,1	13,3	5,8	2,6	9,5	474
Emilia-Romagna	4,8	7,2	4,0	2,3	8,1	561
Toscana	4,9	7,4	3,9	2,2	8,1	435
Umbria	4,4	8,1	3,9	2,3	8,0	437
Marche	4,5	7,2	3,6	2,4	8,3	430
Lazio	6,1	9,5	4,5	2,4	9,0	329
Abruzzo	4,9	8,4	3,7	2,5	9,3	439
Molise	4,2	9,0	3,6	2,4	9,1	426
Campania	6,0	8,3	4,1	2,2	8,1	375
Puglia	6,4	8,7	4,3	2,3	8,2	541
Basilicata	5,2	9,1	4,2	2,4	10,0	389
Calabria	4,7	9,1	3,1	2,2	6,6	364
Sicilia	6,5	10,0	4,0	2,2	7,7	480
Sardegna	5,8	8,5	4,6	2,5	10,1	547
Italia	5,7	8,8	4,3	2,4	8,5	506

I dati sulle aree edificate sono stati incrociati con i dati Istat relativi alle caratteristiche degli edifici. Durante il censimento 2011, l'Istat ha raccolto anche informazioni riguardanti la numerosità delle costruzioni, il loro utilizzo, la destinazione d'uso e lo stato di conservazione degli edifici ad uso residenziale. Per confrontare, dal punto di vista temporale, i dati SNPA con quelli del censimento Istat, le elaborazioni sono state fatte utilizzando la carta del suolo consumato dell'anno 2012. La stima della superficie occupata dalle diverse classi di edifici è stata ricavata proporzionalmente utilizzando le percentuali ottenute dai dati sulla numerosità forniti da Istat.

Dall'analisi risultano, a livello nazionale, circa 249 km² di edifici non utilizzati. A livello regionale, Lombardia e Sici-

lia presentano la superficie più estesa di edifici abbandonati con più di 28 km². Analizzando le percentuali sul totale degli edifici, le stesse due Regioni presentano valori molto diversi, la Lombardia ha il 3,5% di edifici inutilizzati mentre la percentuale della Sicilia è pari al 7,6%. La media nazionale è del 5,2%. Le regioni con la superficie più piccola di edifici non utilizzati sono la Valle d'Aosta e il Trentino-Alto Adige, rispettivamente con 1,5 km² e 2 km². Anche in questo caso le percentuali risultano molto diverse, la prima Regione presenta il valore più alto in assoluto, pari al 12,9%, mentre la seconda presenta la percentuale più bassa di tutte le regioni, pari al 2,6%. A livello di ripartizione geografica, quella del Centro presenta mediamente la superficie di edifici abbandonati meno estesa, mentre le Isole fanno registrare il dato più elevato (Tabella 73, Figura 97).

Tabella 73. Superficie degli edifici (2012) a livello regionale suddivisa per uso. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Regione	Superficie edifici non utilizzati (ha)	Superficie edifici ad uso residenziale (ha)	Superficie edifici ad uso non residenziale (ha)	Superficie edifici ad uso residenziale pro capite (m ² /ab)
Piemonte	2.288	41.474	6.076	95
Valle d'Aosta	151	855	161	67
Lombardia	2.870	69.058	10.412	71
Trentino-Alto Adige	202	6.849	652	67
Veneto	2.577	60.016	7.085	124
Friuli-Venezia Giulia	555	13.358	1.484	110
Liguria	478	7.585	985	48
Emilia-Romagna	1.726	43.442	6.905	100
Toscana	935	26.934	4.821	73
Umbria	404	7.309	1.023	83
Marche	701	12.390	1.572	80
Lazio	1.343	25.021	3.450	45
Abruzzo	1.092	9.365	1.213	72
Molise	272	2.517	274	80
Campania	2.166	30.745	3.378	53
Puglia	1.677	28.981	2.843	72
Basilicata	256	3.617	360	63
Calabria	1.392	12.164	1.414	62
Sicilia	2.849	30.928	3.526	62
Sardegna	937	13.008	1.397	79
Italia	24.869	445.615	59.030	75

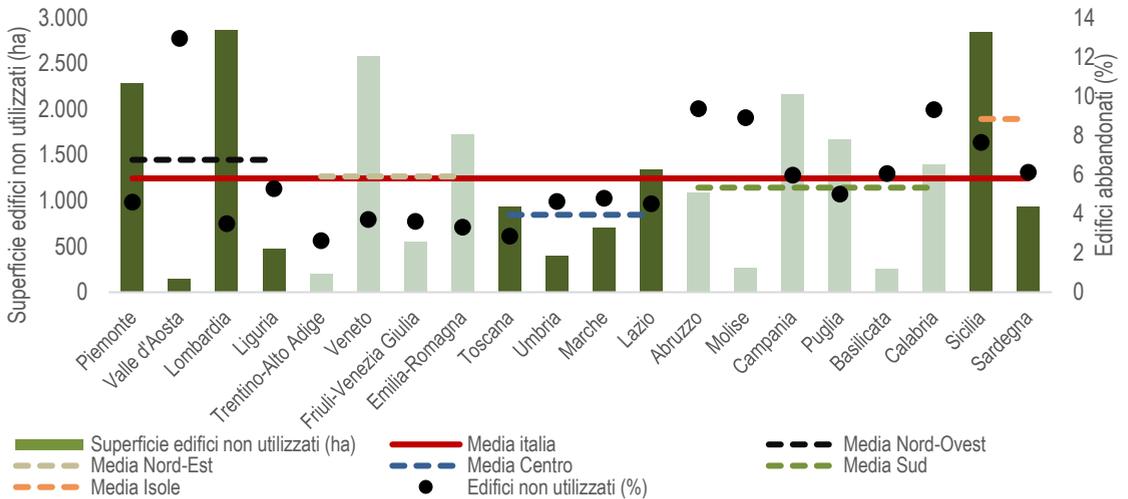


Figura 97. Superficie edifici non utilizzati a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale degli edifici abbandonati. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Per quanto riguarda l'analisi della destinazione d'uso degli edifici, essa è stata condotta separando l'uso residenziale dagli altri. Gli altri usi comprendono quello produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi e altro (censimento Istat 2011). La superficie occupata dagli edifici residenziali supera i 4.456 km² (84% del totale), mentre quella destinata ad altri usi è di 590 km² (Tabella 73).

Le percentuali con cui si distribuiscono le superfici edificate ad uso produttivo (inclusi commerciale, turistico e altro) a livello regionale variano tra l'8,5% (Basilicata, Puglia e Trentino-Alto Adige) e il 14,7% (Toscana). La media nazionale è del 10,9% (Figura 98). La superficie edificata ad uso residenziale per abitante a livello nazionale è pari a 75 m²/ab ed è compresa tra i 124 m²/ab del Veneto e i 45 m²/ab del Lazio (Tabella 73).

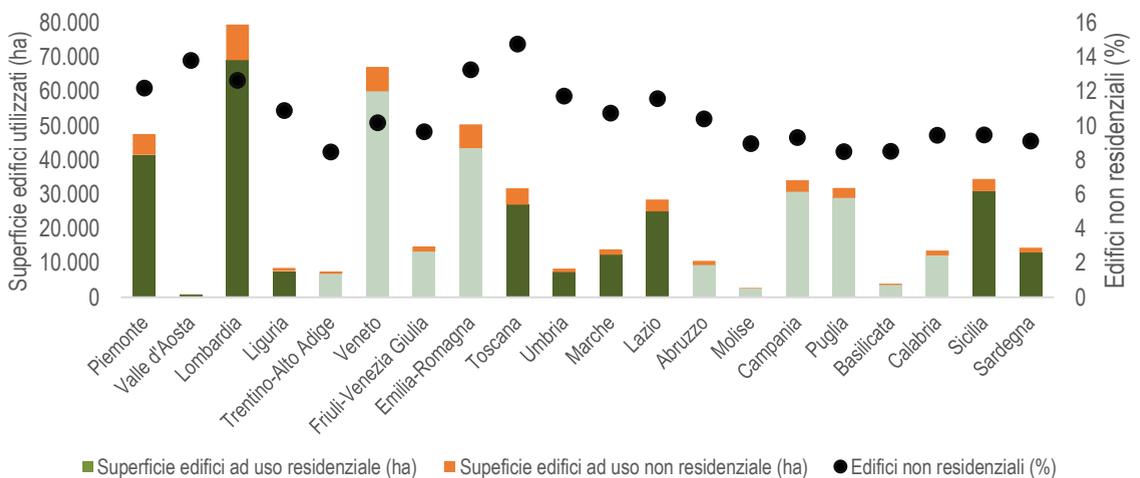


Figura 98. Superficie edifici utilizzati a livello regionale, con distinzione tra uso residenziale e produttivo-commerciale-turistico-servizi-altro (ha 2012). In nero la percentuale degli edifici ad uso non residenziale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

A livello nazionale oltre il 51% degli edifici ad uso residenziale è in buono stato, equivalente a una superficie di circa 2.250 km², 1.510 km² (31,8%) sono coperti da abitazioni in ottimo stato, 627 km² (15,2%) di edifici residenziali sono in uno stato mediocre e circa 68 km² (1,7%) di edifici ad uso residenziale versano in pessimo stato. Le regioni che presentano la superficie più estesa di edifici in ottimo stato di conservazione sono la Lombardia, con oltre 278 km², pari a più del 40% del totale degli edifici residenziali e il Veneto, con oltre 252 km² (42% degli edifici ad uso residenziale). La regione con la percentuale più bassa di edifici in ottimo stato è la Campania, con

poco più del 19% e circa 60 km². La percentuale media nazionale è di circa il 32%. Per quanto riguarda gli edifici in pessimo stato di conservazione, il record negativo è detenuto dalla Sicilia, per quanto riguarda il numero di ettari (941 ha), la percentuale è del 3%. Un valore di percentuale leggermente più alto (3,1%) lo fa registrare soltanto la Calabria (Tabella 74). A livello di ripartizioni geografiche, gli edifici in ottimo stato si concentrano soprattutto al Nord mentre i valori più bassi si registrano al Sud (Figura 99). Gli edifici in pessimo stato, invece, si concentrano soprattutto nelle Isole, mentre le situazioni migliori sono al Centro ed al Sud (Figura 100).

Tabella 74. Superficie degli edifici residenziali (2012) a livello regionale suddivisa per stato di conservazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Regione	Superficie edifici in stato di conservazione ottimo (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione buono (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione mediocre (ha)	Superficie edifici in stato di conservazione pessimo (ha)
Piemonte	14.134	20.959	5.708	672
Valle d'Aosta	298	424	117	15
Lombardia	27.855	32.333	8.108	762
Trentino-Alto Adige	3.135	2.982	665	67
Veneto	25.241	27.211	6.851	714
Friuli-Venezia Giulia	5.812	5.879	1.505	161
Liguria	2.248	4.102	1.110	125
Emilia-Romagna	17.474	20.665	4.747	555
Toscana	9.969	13.864	2.811	290
Umbria	2.741	3.790	713	65
Marche	4.426	6.232	1.554	178
Lazio	6.921	14.129	3.651	320
Abruzzo	2.634	5.180	1.412	139
Molise	622	1.355	481	59
Campania	5.948	18.079	6.150	568
Puglia	7.769	16.369	4.395	448
Basilicata	873	1.937	728	79
Calabria	2.491	6.408	2.886	380
Sicilia	6.624	16.208	7.154	941
Sardegna	3.833	6.959	1.985	231
Italia	151.048	225.066	62.731	6.769

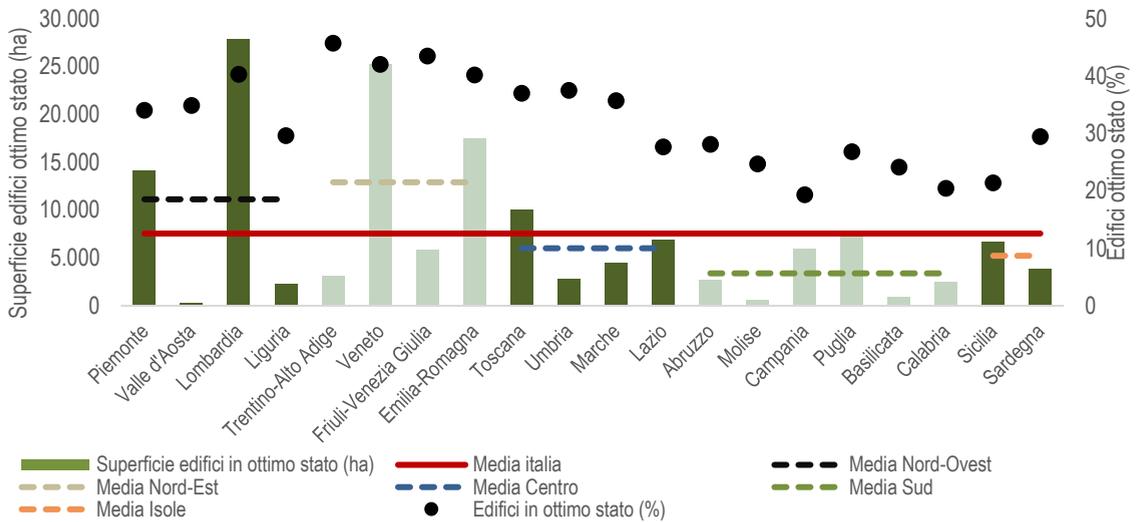


Figura 99. Superficie edifici ad uso residenziale con ottimo stato di conservazione a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale regionale degli edifici in ottimo stato. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

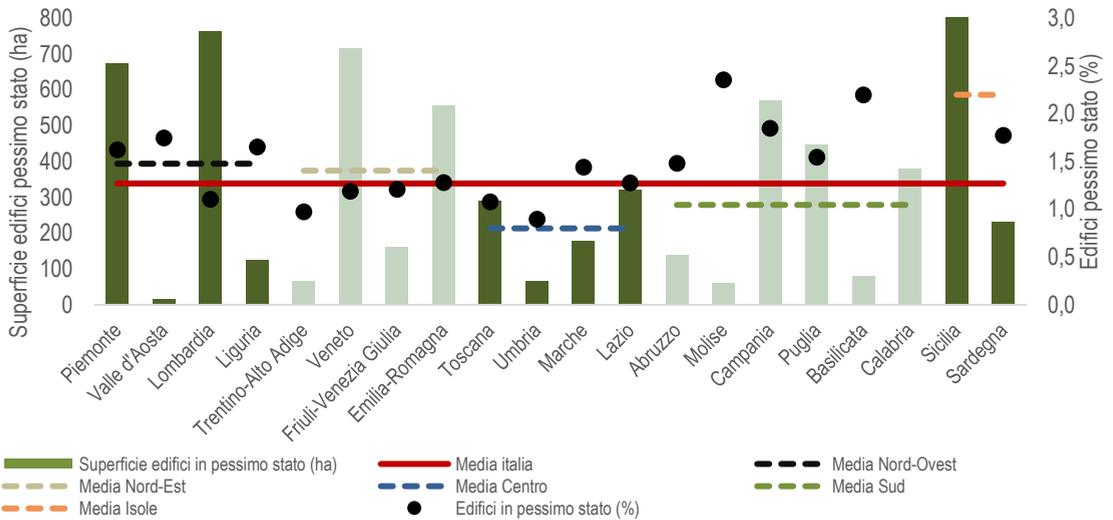


Figura 100. Superficie edifici ad uso residenziale con stato di conservazione pessimo a livello regionale e di ripartizione geografica (ha 2012). In rosso la media nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. In nero la percentuale regionale degli edifici in pessimo stato. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Lo studio della distribuzione degli edifici è stato condotto a livello regionale anche prendendo in considerazione le quattro diverse tipologie di tessuto urbano: le aree urbane ad alta e media densità, le zone rurali e le zone con

alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione (cfr. § *Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane*).

A livello nazionale la superficie più estesa di edifici si trova all'interno delle aree urbane a media densità (1.881 km²), pari al 34,7% di tutti gli edifici, seguita dalle aree urbane ad alta densità con il 31,4% (1.701 km²). Le classi urbane ad alta e media densità occupano rispettivamente l'1,8% ed il 7,3% del territorio nazionale. All'interno delle zone rurali si colloca il 28,3% degli edifici (1.532 km²), a fronte di un'estensione totale della classe che supera il 90% del territorio italiano. Nelle zone ad alta densità di consumo e bassa densità di popolazione (assimilabili a zone produttive) ci sono il 5,5% degli edifici nazionali (300 km²), nonostante le dimensioni minime della classe, pari allo 0,5% di tutta la superficie nazionale (Tabella 75).

La regione con il maggior numero di edifici nella classe urbana ad alta densità è la Lombardia, con circa 347 km² (41,4% degli edifici regionali). La stessa Regione presenta anche il maggior numero di chilometri quadrati di

edifici nella classe urbana a media densità (310 km²), insieme al Veneto. Quest'ultima Regione mostra la superficie di edifici più estesa nelle zone produttive, con 54 km², il 7,5% di tutti gli edifici regionali. Per quanto riguarda le zone rurali, l'Emilia-Romagna presenta l'estensione maggiore di edifici in questa classe, pari a oltre 195 km², mentre la percentuale maggiore degli edifici in aree rurali appartiene al Molise (43,9%).

Le differenze di dimensione delle diverse classi urbane a livello regionale genera una distribuzione molto eterogenea delle superfici edificate (Figura 101). In alcune regioni è possibile notare dei valori di percentuale decrescenti man mano che si passa dalla classe 1 alla 4 (Lombardia, Campania, Sardegna), mentre in altre la presenza di edifici è maggiore nelle classi rurali e si abbassa passando alle zone urbane mediamente dense e poi a quelle con densità alta (Piemonte, Emilia-Romagna, Umbria, Marche, Molise, Basilicata).

Tabella 75. Distribuzione degli edifici (2022), a livello regionale, in ettari e percentuali, all'interno di aree urbane ad alta densità (Classe 1), di aree urbane a media densità (Classe 2), nelle zone rurali (Classe 3) e in zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (Classe 4). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regioni	Edifici in Classe 1 (ha)	Edifici in Classe 2 (ha)	Edifici in Classe 3 (ha)	Edifici in Classe 4 (ha)	Edifici in Classe 1 (%)	Edifici in Classe 2 (%)	Edifici in Classe 3 (%)	Edifici in Classe 4 (%)
Piemonte	12.365	17.644	18.104	2.598	24,4	34,8	35,7	5,1
Valle d'Aosta	196	531	437	27	16,5	44,6	36,6	2,3
Lombardia	34.733	30.955	14.136	4.091	41,4	36,9	16,8	4,9
Trentino-Alto Adige	1.529	3.787	2.344	312	19,2	47,5	29,4	3,9
Veneto	16.753	31.004	18.874	5.401	23,3	43,0	26,2	7,5
Friuli-Venezia Giulia	3.267	7.036	3.963	1.432	20,8	44,8	25,2	9,1
Liguria	3.368	3.497	2.131	110	37,0	38,4	23,4	1,2
Emilia-Romagna	14.441	14.763	19.482	4.105	27,4	28,0	36,9	7,8
Toscana	9.889	11.814	9.843	1.556	29,9	35,7	29,7	4,7
Umbria	1.561	3.425	3.447	451	17,6	38,6	38,8	5,1
Marche	3.359	4.874	5.628	1.020	22,6	32,8	37,8	6,9
Lazio	9.758	11.666	8.742	1.564	30,8	36,8	27,6	4,9
Abruzzo	2.631	4.416	4.056	726	22,2	37,3	34,3	6,1
Molise	464	1.191	1.371	99	14,9	38,1	43,9	3,2
Campania	15.137	12.349	8.053	1.296	41,1	33,5	21,9	3,5
Puglia	15.816	5.760	10.449	2.374	46,0	16,7	30,4	6,9
Basilicata	912	1.543	1.637	249	21,0	35,5	37,7	5,7
Calabria	3.896	6.620	4.456	361	25,4	43,2	29,1	2,4
Sicilia	15.013	10.237	11.259	1.454	39,5	27,0	29,7	3,8
Sardegna	5.054	4.967	4.783	747	32,5	31,9	30,8	4,8
Italia	170.141	188.078	153.195	29.975	31,4	34,7	28,3	5,5

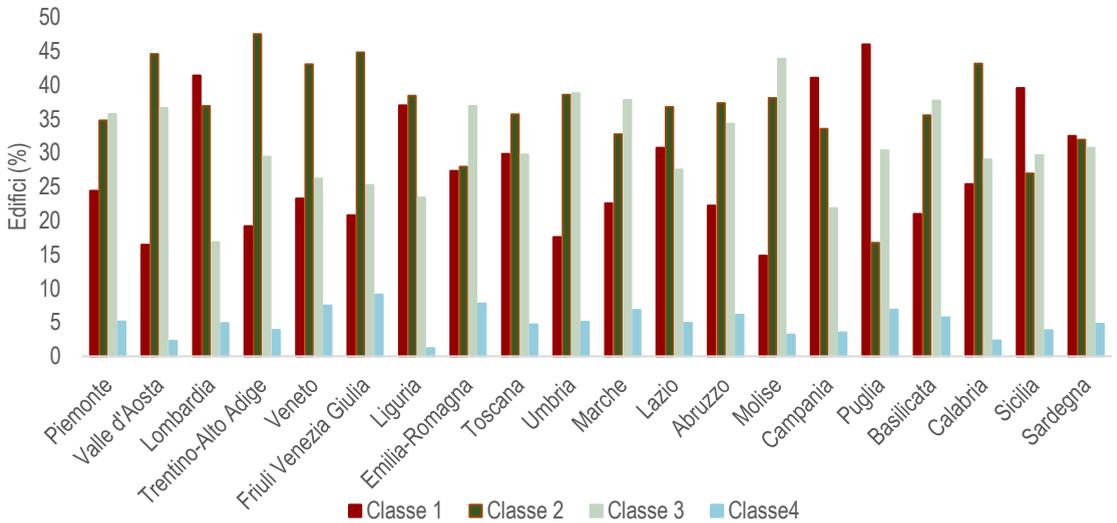


Figura 101. Distribuzione della percentuale di edifici (2022), a livello regionale, all'interno di aree urbane ad alta densità (Classe 1), di aree urbane a media densità (Classe 2), nelle zone rurali (Classe 3) e in zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (Classe 4).
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi dell'**epoca di costruzione prevalente degli edifici residenziali**⁶⁹ del contesto territoriale⁷⁰ può essere elaborata, anche se non per gli anni più recenti, dal censimento Istat del 2011, che riporta le date di realizzazione dei gruppi di edifici suddivisi in 9 classi. Le elaborazioni sono state condotte attribuendo a ogni sezione un'epoca prevalente sulla base degli edifici residenziali censiti e analizzando il consumo di suolo avvenuto tra il 2021 e il 2022 dovuto a nuovi edifici. Ciò ha permesso di valutare la presenza di nuovi fabbricati costruiti in aree residenziali sviluppate nel corso dei decenni, e quindi di comprendere se la distribuzione dei nuovi edifici ricade in aree storiche o più recenti⁷¹.

I risultati evidenziano, a livello nazionale, la concentrazione delle edificazioni realizzate nell'ultimo anno in zone costruite nel ventennio 1961–1980 (Figura 102), evidenziando un picco tra il 1971 e il 1980, dove si colloca circa

il 28% delle nuove costruzioni in termini di superficie complessiva.

⁶⁹ L'edificio residenziale è inteso da ISTAT come: "edificio progettato, costruito ed utilizzato solo a fini abitativi: case unifamiliari, ville, villette, case a schiera, palazzine in complessi residenziali, condomini o palazzine con negozi (o sedi di attività economiche in genere) a piano strada, oppure, se progettato e costruito non a fini abitativi, nel corso del tempo ha subito una variazione d'uso diventandolo".

⁷⁰ Inteso qui come sezione di censimento.

⁷¹ Per evitare di considerare sezioni non residenziali o con una bassa densità di edifici residenziali in cui l'epoca sarebbe determinata da pochi edifici, l'analisi si è limitata alle sezioni con densità maggiore di un edificio per ettaro.

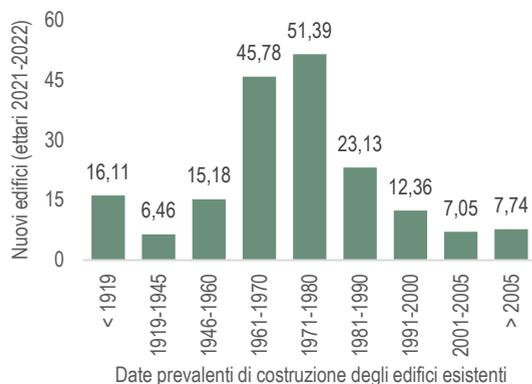


Figura 102. Consumo di suolo annuale netto per nuovi edifici (2021-2022) per epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nell'area. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

In termini di densità delle trasformazioni, considerando la somma delle aree per le diverse epoche di costruzione degli edifici residenziali già esistenti, i valori più elevati si rilevano nelle aree urbanizzate più recenti (dopo il 2001), dove sia il consumo di suolo complessivo, sia la componente dovuta all'edilizia arrivano ai valori massimi di densità. Nel periodo 2001-2005 si registra la densità più alta di consumo di suolo complessivo (10,6 m²/ha) mentre dopo il 2005 è il consumo di suolo dovuto a edifici e fabbricati ad avere la densità maggiore (3,4 m²/ha; Figura 103).

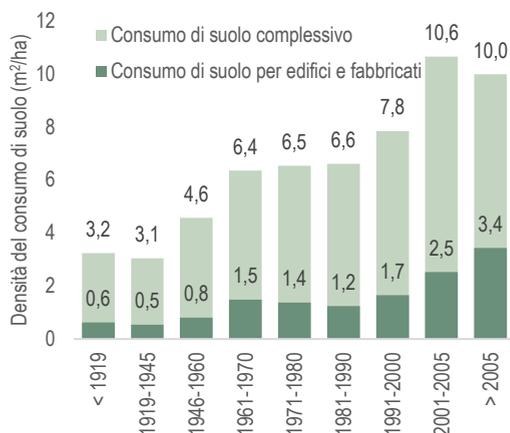


Figura 103. Densità del consumo di suolo annuale complessivo e per edifici e fabbricati (2021-2022) per epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nell'area. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

IL CONSUMO DI SUOLO ALL'INTERNO DELLE AREE URBANE

Al fine di valutare l'attitudine delle aree urbane ad attrarre nuovo consumo di suolo, è stata analizzata la distribuzione dei cambiamenti avvenuti tra il 2006 e il 2022 rispetto alle classi di densità di costruito definite dall'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. In particolare, sono stati considerati i tre contesti prevalenti (artificiale compatto, artificiale a media/bassa densità, artificiale assente o rado), delimitati a partire dal dato sul suolo consumato al 2006, considerando la densità media di costruito in un intorno di 300 metri (Tabella 76).

Tabella 76. Consumo di suolo tra il 2006 e il 2022 a livello nazionale per densità delle coperture artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo 2006-2022 per contesto prevalente (%)		
	Artificiale compatto	Media o bassa densità	Artificiale assente o rado
Piemonte	9,0	56,0	35,0
Valle d'Aosta	5,1	46,8	48,1
Lombardia	15,8	63,3	20,8
Trentino-Alto Adige	7,6	60,9	31,4
Veneto	12,5	64,5	23,0
Friuli-Venezia Giulia	11,7	59,9	28,4
Liguria	11,8	73,2	15,0
Emilia-Romagna	10,8	58,3	30,9
Toscana	11,3	54,7	34,0
Umbria	5,8	58,3	35,9
Marche	6,0	45,3	48,7
Lazio	6,1	55,1	38,8
Abruzzo	6,9	48,9	44,2
Molise	3,3	35,3	61,4
Campania	13,5	58,0	28,4
Puglia	7,3	37,7	54,9
Basilicata	2,3	34,3	63,4
Calabria	5,8	53,6	40,6
Sicilia	7,7	51,9	40,4
Sardegna	4,0	41,1	54,9
Italia	9,6	54,1	36,3

Dall'analisi della distribuzione dei cambiamenti emerge una tendenza alla crescita del consumo di suolo, che può manifestarsi come saturazione di spazi liberi interclusi nelle aree già artificializzate, come addizione a nuclei consolidati o come dispersione nei contesti prevalentemente naturali (Figura 104). In questo senso, oltre la metà del nuovo consumo di suolo (54,1%) avviene densificando le aree di frangia urbana e circa un terzo si concentra nelle aree rurali, mentre i processi di densificazione delle aree urbane compatte riguardano circa il 10% dei cambiamenti totali e interessano soprattutto le regioni del Nord, la Toscana e la Campania.

In tutte le regioni del Centro-Nord, del Nord e nelle regioni tirreniche alle dinamiche di densificazione dei nuclei urbani consolidati si associa la diffusione di superfici artificiali in prossimità dei margini che tende ad alimentare lo sviluppo spaziale del tessuto insediativo. In particolare, in Liguria, Lombardia, Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Campania, circa tre quarti dei cambiamenti avvengono

all'interno dei contesti prevalentemente artificiali a media o bassa densità.

Fatta eccezione per la Campania, nelle regioni del Sud prevale la tendenza alla dispersione insediativa; in Basilicata e in Molise oltre il 60% dei cambiamenti avviene in contesto prevalentemente naturale e il valore supera il 50% anche in Puglia e Sardegna.

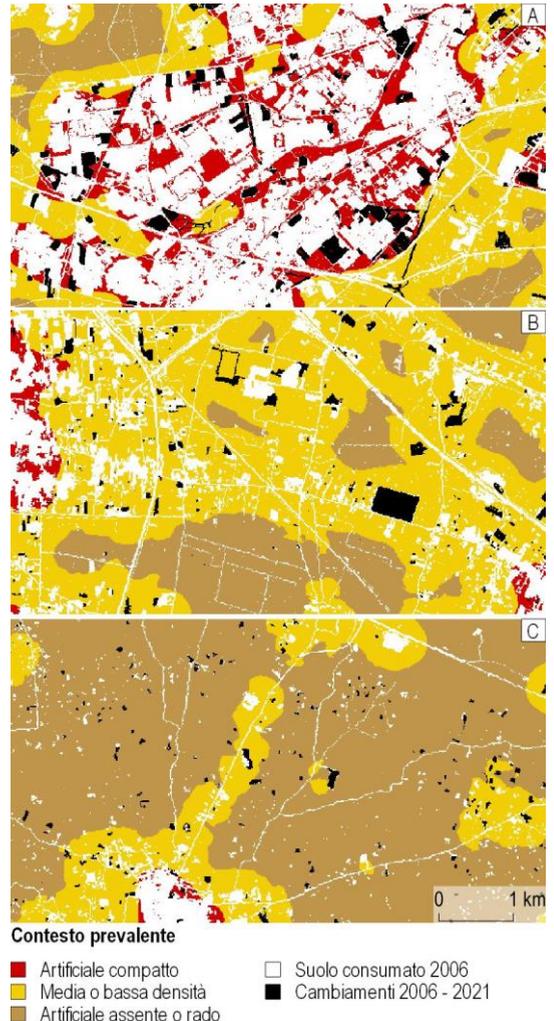


Figura 104. Esempi di densificazione (A), densificazione/diffusione (B) e dispersione insediativa (C)

L'analisi dell'**Indice Normalizzato del Consumo di Suolo in Aree Urbane (INCS; Cimini *et al.*, 2023)** consente di comprendere le principali dinamiche insediative

in termini di densificazione del tessuto urbano compatto e a media/bassa densità o di dispersione insediativa nelle aree rurali, mettendo in relazione la differenza tra il consumo di suolo registrato nella classe analizzata e negli altri contesti insediativi, con il consumo totale:

$$INCS_u = \frac{CS_u - (CS_s + CS_r)}{CS_t}$$

$$INCS_s = \frac{CS_s - (CS_u + CS_r)}{CS_t}$$

$$INCS_r = \frac{CS_r - (CS_u + CS_s)}{CS_t}$$

Dove: CS è il consumo di suolo registrato tra il 2006 e il 2022 a livello nazionale in aree urbane (u), suburbane (s), rurali (r) e totale (t).

I tre indicatori possono assumere valori compresi tra -1 e 1 e, per ciascuna regione, la loro somma è pari a -1; i valori più elevati indicano la tendenza a consumare suolo in aree urbane (INCS_u) e suburbane (INCS_s) per densificazione, e in aree rurali (INCS_r) per dispersione.

Analizzando i dati riportati in Tabella 77, tra il 2006 e il 2022, a livello nazionale è rilevabile la tendenza prevalente alla densificazione delle aree suburbane, che può essere descritta anche come dilatazione o “ricucitura” dei margini del tessuto insediativo consolidato, e alla dispersione insediativa nelle aree prevalentemente agricole e naturali. Sebbene l'indicatore assuma valori meno significativi nelle aree urbane, è utile osservare i risultati in relazione alla percentuale di suolo consumato presente nella stessa classe, per valutare la tendenza ad artificializzare i residui di naturalità rimasti interclusi nel tessuto insediativo. Nel 2006, a livello nazionale, il 75% della classe urbano risulta già consumata; tale percentuale è aumentata di quasi due punti percentuali al 2022 confermando, di fatto, il continuo processo di densificazione delle aree urbane.

A livello regionale, la Basilicata, il Molise, la Sardegna e la Puglia mostrano i valori massimi nelle aree prevalentemente agricole o naturali. Tuttavia, nelle prime tre il risultato si associa ad una composizione del territorio regionale per lo più rurale in cui le aree urbane e suburbane coprono meno del 10% della superficie totale. La Liguria

è la regione che mostra il valore più elevato dell'indicatore nelle aree suburbane, pari a 0,46, seguita da Veneto, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia con valori compresi tra 0,2 e 0,3. In termini di densificazione del tessuto urbano, le regioni che mostrano valori inferiori alla media nazionale (a fenomeni prevalenti di dispersione insediativa e densificazione delle aree suburbane si associano fenomeni rilevanti di densificazione delle aree urbane) sono, nell'ordine, la Lombardia, la Campania, il Veneto, la Liguria, il Friuli-Venezia Giulia, la Toscana, e l'Emilia-Romagna.

Tabella 77. Indice Normalizzato del Consumo di Suolo calcolato sui cambiamenti 2006-2022 per i tre contesti insediativi a livello regionale e nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Indice Normalizzato del Consumo di Suolo (2006 – 2022)		
	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	-0,30	0,12	-0,82
Valle d'Aosta	-0,04	-0,06	-0,90
Lombardia	-0,58	0,27	-0,68
Trentino-Alto Adige	-0,37	0,22	-0,85
Veneto	-0,54	0,29	-0,75
Friuli-Venezia Giulia	-0,43	0,20	-0,77
Liguria	-0,70	0,46	-0,76
Emilia-Romagna	-0,38	0,17	-0,78
Toscana	-0,32	0,09	-0,77
Umbria	-0,28	0,17	-0,88
Marche	-0,03	-0,09	-0,88
Lazio	-0,22	0,10	-0,88
Abruzzo	-0,12	-0,02	-0,86
Molise	0,23	-0,29	-0,93
Campania	-0,43	0,16	-0,73
Puglia	0,10	-0,25	-0,85
Basilicata	0,27	-0,31	-0,95
Calabria	-0,19	0,07	-0,88
Sicilia	-0,19	0,04	-0,85
Sardegna	0,10	-0,18	-0,92
Italia	-0,27	0,08	-0,81

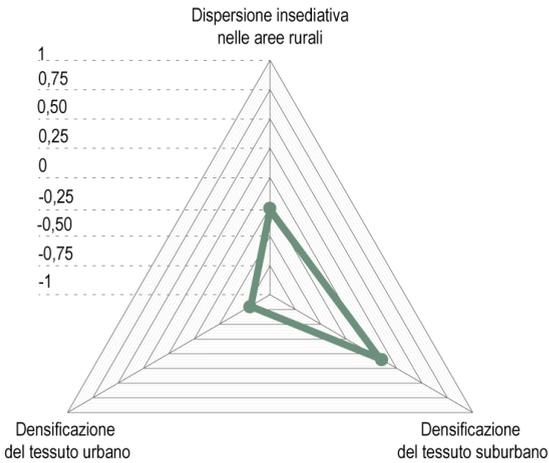


Figura 105. Tendenza alla densificazione e dispersione insediativa tra il 2006 e il 2022 a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi del consumo di suolo è stata estesa anche alle 4 classi derivanti dalla combinazione della carta del suolo consumato 2022 e della carta della densità di popolazione (cfr. § *Le aree urbane*). I risultati hanno evidenziato, come atteso, che la densità del consumo di suolo (m^2/ha), avvenuto nell'ultimo anno, ha valori inferiori nelle zone rurali (Tabella 78; Figura 106). Nonostante i 4.550 ettari (64% del totale) del consumo di suolo tra il 2021 e il 2022, la densità si abbassa a livelli minimi considerando che la Classe 3 occupa più del 90% del territorio nazionale. La stessa classe presenta un valore elevato di suolo consumato pro capite, circa $1.626 m^2$ per abitante.

Le aree urbane, individuate dalle classi con alte e medie densità di popolazione e di suolo consumato (Classe 1 e Classe 2; Figura 108) mostrano valori simili di incremento, con densità più elevate rispetto alla media nazionale e che si aggirano intorno agli $8 m^2$ per ogni ettaro di superficie. Per quanto riguarda invece la quantità di

suolo consumato pro-capite è la Classe 1 a far registrare il valore più basso, $126 m^2$ per abitante.

La Classe 4, che presenta alte densità di suolo consumato (circa l'80%) e basse densità di popolazione, presenta una densità di consumo di suolo decisamente più elevata rispetto alle altre classi (circa $20 m^2/ha$). Anche la quantità di suolo consumato pro capite mostra un valore molto più alto rispetto alle altre classi, $9.827 m^2$ per abitante.

Queste caratteristiche descrivono la Classe 4 come un'area molto dinamica nonostante la bassa presenza di popolazione residente, considerando che ricadono in essa le aree produttive o industriali, le infrastrutture (aeroporti, strade, etc.) e le nuove espansioni urbane in aree non abitate.

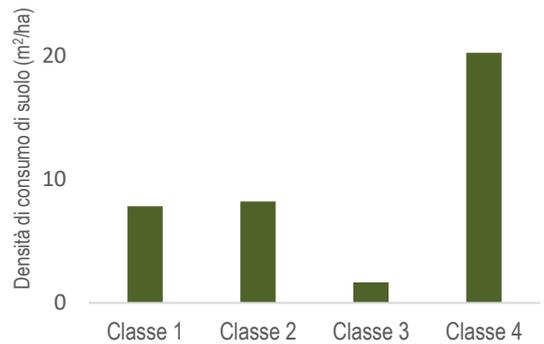


Figura 106. Densità (m^2/ha) del consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per tipologia di area urbana. Alla Classe 1 appartengono i centri urbani ad alta densità, nella Classe 2 rientrano i gruppi urbani a media densità, la Classe 3 è rappresentata dalle zone rurali, alla Classe 4 appartengono le aree ad alta antropizzazione e con bassa popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 78. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo per tipologia di area urbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di urbanizzazione	Densità di popolazione (ab/km ²)	Densità di suolo consumato (%)	Suolo consumato (2022) (%)	Suolo consumato (2022) (ha)	Consumo di suolo (2021-2022) (ha)	Densità di consumo di suolo (2021-2022) (m ² /ha)	Suolo consumato pro capite (2022) (m ² /ab)
Classe 1 aree urbane ad alta densità	>1.500	>50	75,7	421.798	436	7,8	126
Classe 2 aree urbane a media densità	300<d<1.500	10<d<50	29,0	635.133	1.798	8,2	325
Classe 3 zone rurali	<300	<10	3,6	979.039	4.550	1,7	1.626
Classe 4 zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione	<300	>50	79,9	115.467	292	20,2	9.827



Figura 107. Esempio di trasformazione avvenute tra il 2020 (prima immagine) e il 2022 (terza immagine) nel comune di Forlì, per una superficie complessiva di circa 3,15 ettari

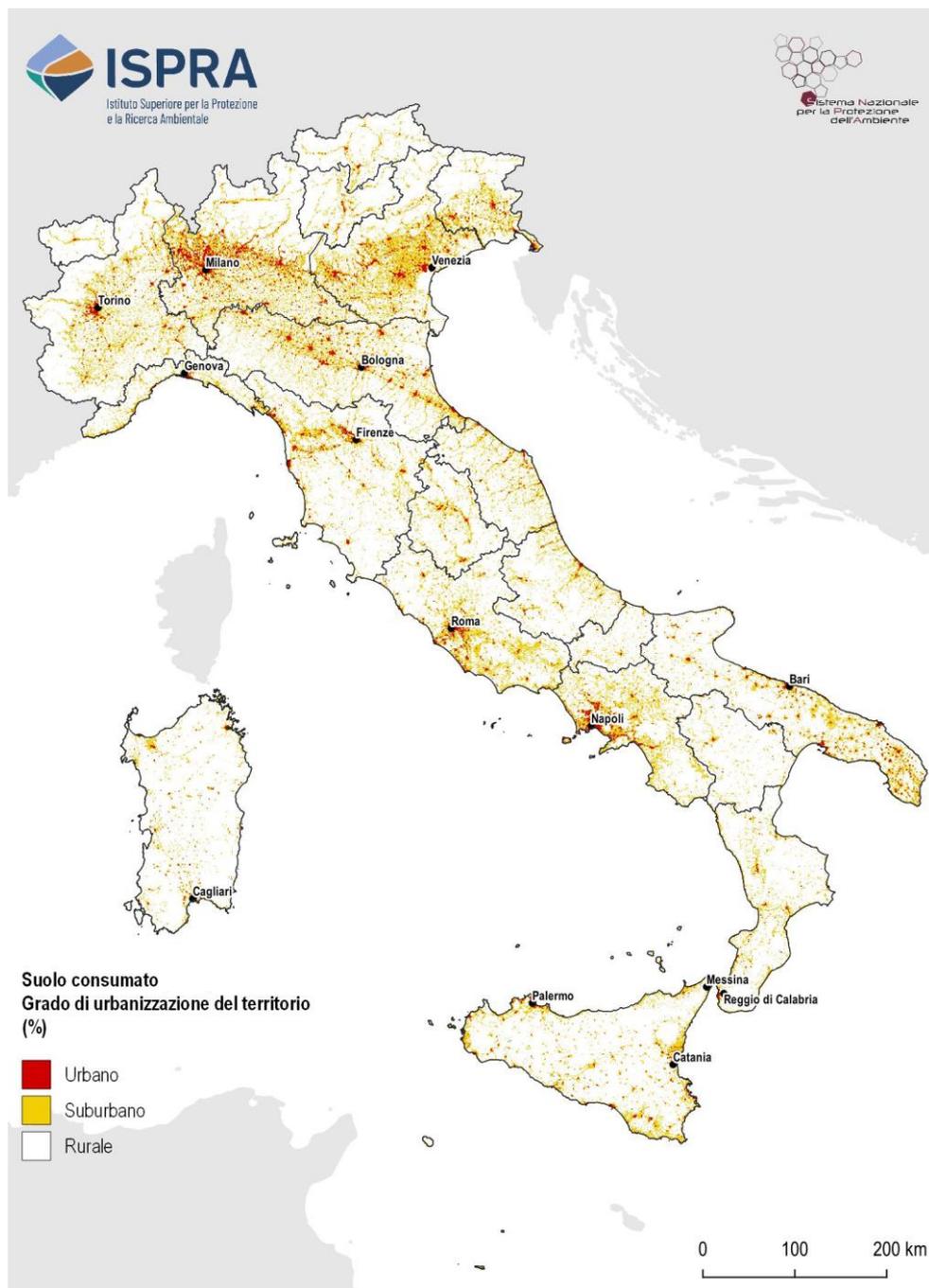


Figura 108. Classi ottenute combinando la carta della densità di suolo consumato e la carta della densità di popolazione. La Classe 1 rappresenta i centri urbani ad alta densità, la Classe 2 rappresenta i gruppi urbani a media densità. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL CONSUMO DI SUOLO AI MARGINI DEI CENTRI URBANI PRINCIPALI

Per valutare la relazione tra diffusione urbana, consumo di suolo e vicinanza tra i centri urbani, è stata svolta un'analisi su 182 città, classificate come poli nella Mappa Aree Interne 2020, prodotto dell'Agenzia per la Coesione Sociale (ex Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica).

In particolare, è stata considerata l'area circolare di 15 km di raggio presente attorno ai poli e la densità di consumo di suolo ricadente nell'area nei periodi 2006-2022 e 2021-2022. Assunti come trascurabili nella configurazione di un pattern nell'analisi distanza-consumo di suolo gli apporti dei centri minori, è stato poi distinto il comportamento medio delle 14 Città metropolitane italiane da quello del resto dei poli.

Confrontando i dati riferiti all'andamento medio annuale dal 2006 al 2022 con quelli dell'ultima annualità (Figura 109) è evidente come la più elevata densità di cambiamenti è in entrambi i casi localizzata entro i primi 3 km

dai centri città. Il discostamento positivo dalla media più elevato si registra nello stesso intervallo, in particolare nella fascia che va dagli 1,6 ai 2,1 km di distanza dal centro, dove nell'ultimo anno sono stati raggiunti 10,2 m²/ha di densità di consumo di suolo.

Osservando poi l'andamento delle 14 aree metropolitane rispetto a quello della totalità dei poli (Figura 110), si nota un disallineamento generale degli andamenti e valori simili della densità di consumo di suolo solo nella fascia che va dai 4 ai 5 km di distanza dal centro. Il picco più elevato tra i due andamenti è ottenuto dalle città metropolitane che a 6,3 km di distanza dal centro presentano un valore di densità di consumo di suolo prossimo ai 9 m²/ha.

Nell'analisi dell'andamento delle sole città metropolitane è evidente l'apporto generato dai modelli di espansione che le caratterizzano. Peri-urbanizzazione e polarizzazione, infatti, sono la causa dell'aumentare della densità di consumo di suolo all'allontanarsi dal centro urbano.



Figura 109. Confronto tra la densità del consumo di suolo netto annuale tra il 2006 e il 2022 e la densità di consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in relazione alla distanza dai centri urbani principali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 110. Densità del consumo di suolo netto annuale tra il 2006 e il 2022 in relazione alla distanza dai centri urbani principali e dalle Città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I VALORI DEL MERCATO IMMOBILIARE

Il territorio italiano è caratterizzato da forti disomogeneità dovute a diversi fattori, che si ripercuotono sul valore economico dei terreni e degli immobili. Un'analisi della distribuzione del consumo di suolo in base ai valori economici è possibile utilizzando come indicatore la zonizzazione fornita dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate, che associa alle diverse aree urbane e periurbane valori economici delle superfici edificate sulla base dei prezzi di compravendita.

Le quotazioni OMI non sostituiscono la stima puntuale del valore del singolo immobile, in quanto individuano un intervallo di quotazioni in cui, più probabilmente, ricade il valore medio per unità immobiliari in condizioni ordinarie; vengono pertanto esclusi gli immobili di particolare pregio o degrado o che comunque abbiano caratteristiche non ordinarie per la tipologia edilizia della zona di appartenenza. Le quotazioni costituiscono quindi una media potenziale per unità di superficie nello stock esistente in un dato territorio (zona OMI)⁷².

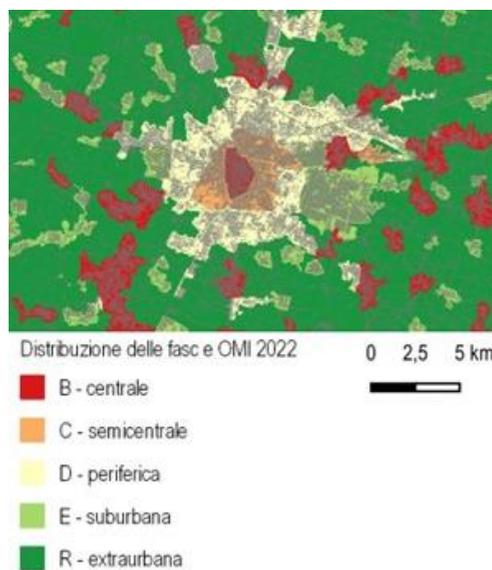


Figura 111. Rappresentazione delle fasce OMI nell'area di Padova. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

⁷² La Banca Dati delle quotazioni immobiliari (BDQ OMI) fornisce un intervallo minimo e massimo dei valori di mercato e di locazione in

funzione della tipologia, dello stato di manutenzione e di conservazione degli immobili. I dati sono elaborati con cadenza semestrale per ogni zona territoriale.

Per garantire la rappresentatività, i dati sono strutturati in insiemi omogenei: le fasce⁷³ (Figura 111), le zone⁷⁴, le destinazioni d'uso⁷⁵, le tipologie edilizie⁷⁶ e lo stato di manutenzione e conservazione⁷⁷.

La divisione del territorio in zone omogenee è influenzata anche dalle dimensioni territoriali e demografiche dei singoli comuni sulla cui base vengono identificate quattro classi di comuni: comuni marginali per popolazione ed estensione di centri abitati; comuni con popolazione ed estensione dei centri abitati di limitata entità; comuni con popolazione ed estensione dei centri abitati di media entità; comuni con rilevanti agglomerati urbani o metropolitani. Più della metà dei comuni è costituita da un numero limitato di zone OMI (fino a 6), mentre un numero ristretto di comuni è costituito da un numero maggiore di zone.

L'analisi del consumo di suolo è stata eseguita in relazione ai dati OMI (2015-2022)⁷⁸. In particolare, è stato utilizzato il valore superiore⁷⁹ dell'intervallo medio delle quotazioni di riferimento (€/m²) delle unità immobiliari in condizioni ordinarie per ogni zona al primo semestre di ogni anno considerato, per ciascuna tipologia di fabbricato e stato di conservazione prevalente. Poiché nella banca dati OMI per le zone della fascia extraurbana (R)

non viene indicata una tipologia di fabbricato prevalente e non sono attribuiti valori, essendo prevalentemente a matrice agricola, nell'analisi di confronto con il consumo di suolo queste zone sono tenute a parte⁸⁰.

L'analisi è condotta per evidenziare la distribuzione spaziale del consumo di suolo nelle zone appartenenti alle diverse fasce OMI. Il consumo di suolo è calcolato al netto delle rinaturalizzazioni. Sono stati considerati sia i cambiamenti complessivi sia quelli specifici determinati dalla costruzione di edifici, con attenzione particolare a quelli aventi una dimensione minore di 0,5 ettari, che sono considerati più rappresentativi della tipologia residenziale. I valori sono stati analizzati anche in relazione a intervalli di valori di compravendita, utilizzando a tal fine cinque intervalli.

La tabella seguente mostra la distribuzione del suolo consumato al 2022 e del nuovo consumo netto tra il 2021 e il 2022 in relazione agli intervalli di valori di compravendita (Tabella 79) e per gli edifici (Tabella 80).

Questa analisi consente di evidenziare la distribuzione in funzione del valore immobiliare. Il suolo consumato, sia

⁷³ La fascia è un'aggregazione di zone omogenee contigue. È un'area territoriale con una precisa collocazione geografica nel comune e ripercchia una collocazione urbanistica consolidata. Esistono cinque fasce che suddividono l'intero territorio:

- B - centrale, individua la porzione di territorio che coincide con il centro urbano del comune, ovvero un aggregato edilizio perimetra- bile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio;
- C - semicentrale, porzione di territorio in posizione immediatamente contigua al centro urbano, a cui è direttamente connessa per i servizi, i trasporti e le infrastrutture; si colloca tra la fascia centrale e quella periferica;
- D - periferica, area contigua alla fascia centrale o semicentrale, delimitata dal margine esterno dell'insediamento edificato;
- E - suburbana, individua le aree urbanizzare separate dall'agglomerato urbano del comune da un territorio non edificato attraverso una barriera naturale o artificiale;
- R - extraurbana, area del territorio comunale in cui l'attività prevalente è quella agricola, con edificazione di carattere rurale o assente, è una fascia residuale, delimitata dal confine amministrativo del comune.

⁷⁴ La zona è una porzione di una fascia in cui si registra uniformità di apprezzamento per condizioni economiche e socio-ambientali, che corrisponde a un'omogeneità dei valori di mercato delle unità immobiliari compresi in un intervallo, con uno scostamento tra valore minimo e massimo che non è superiore al 50%. Nella definizione delle zone OMI sono inizialmente analizzate l'omogeneità delle caratteristiche

socio-ambientali, economiche e di localizzazione che contraddistinguono le possibili zone come alcuni requisiti di centralità (presenza funzionale e accessibilità a servizi pubblici e privati), livello di servizi (trasporto, etc.), nonché viene analizzata l'omogeneità dei valori di mercato. Gli ambiti territoriali delle zone OMI sono soggetti a un processo di revisione decennale, in linea con lo sviluppo urbanistico.

⁷⁵ La destinazione d'uso è un'aggregazione di tipologie edilizie secondo la loro omogenea destinazione d'uso, distinta in residenziale, commerciale, terziaria e produttiva.

⁷⁶ La tipologia edilizia è una classificazione di edifici o raggruppamenti di edifici secondo le loro omogenee caratteristiche distributive, organizzative e funzionali (ville e villini, abitazioni civili, box e autorimesse, negozi, magazzini, uffici, capannoni, etc.).

⁷⁷ Condizione dell'unità immobiliare che tiene conto del livello generale delle finiture interne e dell'efficienza degli impatti tecnologici presenti; si distingue in ottimo, normale, scadente.

⁷⁸ I valori OMI considerati sono quelli riferiti al primo semestre 2015 e al primo semestre 2021 per la variazione dei valori tra 2015 e 2021.

⁷⁹ Sono stati considerati i valori massimi in quanto l'uniformità delle condizioni socioeconomiche e ambientali viene tradotta in intervalli di valori di mercato delle unità immobiliari omogenei, con uno scostamento tra valori minimi e massimi non superiore al 50%.

⁸⁰ I dati OMI al 2021 non coprono la totalità della superficie nazionale; pertanto, le aree che non rientrano nella copertura non sono state considerate nelle analisi.

complessivo, sia il suo incremento dell'ultimo anno, si ripartisce in parti quasi uguali tra le aree extraurbane, ovvero nella fascia R a matrice agricola (44% del suolo consumato e 57% dei cambiamenti), e quelle urbane (fasce B-E), dove sono attribuiti i valori economici OMI e che, complessivamente, ospitano circa il 56% del suolo oggi consumato e il 43% dei cambiamenti rilevati nell'ultimo anno dal SNPA (Tabella 79). Considerando che le aree extraurbane hanno un'elevata estensione, la percentuale di suolo consumato e la densità dei cambiamenti sono molto inferiori delle aree urbane. Tali indicatori evidenziano la maggiore concentrazione, oltre che delle aree artificiali, anche del nuovo consumo di suolo all'interno delle zone con alti valori immobiliari rispetto alle aree rurali.

Osservando i valori di suolo consumato negli intervalli di prezzo (Tabella 79), si può osservare che la superficie maggiore ricade in quello con valori compresi tra 1.000 e 1.500 €/m², con 421.627 ettari (32% di quest'area è a copertura artificiale), e in quello al di sotto di 1.000 €/m² con 364.182 ettari (31% di copertura artificiale). In generale, le aree con alti valori immobiliari, mostrano un'elevata "saturazione" del territorio con percentuali medie di suolo consumato sempre superiori al 30%. Nonostante gli elevati livelli di suolo consumato, la densità dei cambiamenti è decisamente superiore nelle aree urbane, con i valori più alti nella fascia sotto i 1.000 €/m² (8,43 m²/ha) e in quella compresa tra i 1.500-2.000, 2.000 e 2.500 e superiore a 2.500 €/m² (8,54 e 8,84 e 9,08 m²/ha rispettivamente), più di 6 volte rispetto alla densità del consumo di suolo in area extraurbana.

L'analisi ristretta al solo consumo per costruzione di edifici e per gli edifici con area minore di 0,5 ettari, riconducibili principalmente alla tipologia residenziale (Tabella 80), mostra che i cambiamenti per la classe degli edifici sono avvenuti in area urbana per 405 ettari e in quella extraurbana per 309 ettari. La densità dei cambiamenti per gli edifici residenziali è circa 10 volte maggiore in aree urbane rispetto a quelle rurali e si attesta intorno a 1 m²/ha per tutte le classi, ad eccezione della classe con valori maggiori di 2.500 €/m², in cui è pari a 0,78 m²/ha.

Un'ulteriore analisi è stata condotta differenziando la localizzazione del consumo per edifici o complessi di edifici con area minore a mezzo ettaro, che permette di escludere grandi trasformazioni dovute, ad esempio, ad attività commerciali o alla logistica, e sono più indicativi della componente legate all'edilizia residenziale. In tal caso, la quota del consumo di suolo complessivo in area urbana cresce al 64% (280 ettari su 439 totali) rispetto alla quota del 42% (2.958 ettari sui 7.008 totali), che era invece attribuibile al consumo di suolo complessivo in area urbana.

L'andamento temporale dei valori economici (Figura 112) evidenzia un calo significativo dei valori OMI a livello nazionale tra il 2015 e il 2021, con una ripresa per il periodo 2021-2022, pur rimanendo al di sotto dei valori registrati nel 2015. Nel 2022 l'incremento percentuale rispetto al 2021 è di circa 3 punti percentuali. La stessa figura rappresenta anche l'andamento delle aree nelle quali è localizzato il consumo di suolo complessivo dell'ultimo anno e quello relativo agli edifici residenziali. In queste aree l'aumento percentuale è minore rispetto all'incremento complessivo, attestandosi a circa 1 punto percentuale.

Tabella 79. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo relativo al periodo 2021-2022 per classi di valori del mercato immobiliare. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Valori immobiliari (€/m ²) 2022	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-22 (ha)	Consumo di suolo 2021-22 (%)	Densità di consumo di suolo 2021-22 (m ² /ha)
extraurbano	949.207	3,61	4.023	0,42	1,53
<1000	364.182	31,23	983	0,27	8,43
1000-1500	421.627	31,99	944	0,22	7,16
1500-2000	225.115	33,17	580	0,26	8,54
2000-2500	86.743	37,35	205	0,24	8,84
>2500	103.455	34,37	273	0,26	9,08

Tabella 80. Consumo di suolo dovuto a edifici/fabbricati (classe SNPA 111) e a edifici/fabbricati con superficie inferiore ai 0,5 ettari relativo al periodo 2021-2022 per classi di valori del mercato immobiliare. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Valori immobiliari (€/m ²) 20212	Consumo di suolo 2021-22 per edifici (ha)	Consumo di suolo 2021-22 per edifici (%)	Densità di consumo di suolo 2021-22 per edifici (m ² /ha)	Consumo di suolo 2021-22 per edifici <0,5 ha (ha)	Consumo di suolo 2021-22 per edifici <0,5 ha (%)	Densità di consumo di suolo 2021-22 per edifici <0,5 ha (m ² /ha)
extraurbano	309	7,68	0,12	159	3,95	0,06
<1.000	104	10,62	0,89	62	6,30	0,53
1.000-1.500	161	17,05	1,22	121	12,78	0,92
1.500-2.000	91	15,66	1,34	59	10,24	0,87
2.000-2.500	26	12,53	1,11	20	9,76	0,86
>2.500	23	8,56	0,78	18	6,72	0,61

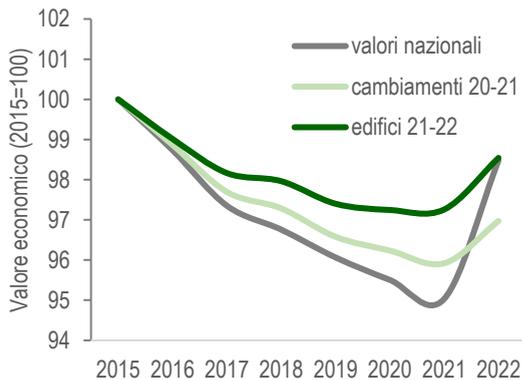


Figura 112. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il 2015 e il 2022, normalizzati a 100, sul territorio nazionale (in grigio), nelle aree in cui si è rilevato consumo di suolo 2021-22 (verde chiaro) e nelle aree in cui si è rilevato consumo di suolo per edifici (verde scuro). Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

IL CONSUMO DI SUOLO NELLE FASCE URBANE CENTRALI, PERIFERICHE E SUBURBANE

Un ulteriore approfondimento sulla variazione temporale dei valori OMI (Festa, *et al.* 2021 e Ramani *et al.* 2021) su quattro comuni capoluogo di città metropolitane, Milano, Bologna, Roma, e Palermo mostra che a fronte di un generale abbassamento di valori registrato fino al 2021, nel 2022 la tendenza si è invertita, portando a un generale aumento del valore immobiliare. La crescita maggiore si è registrata a Milano, con un aumento di prezzo di circa il 10-30% tra il 2015 e il 2022. Si osserva che nella città di Milano (Figura 113) la crescita dei prezzi più importante si è registrata nella fascia periferica (+30%), partendo da un valore di circa 2.588 €/m² nel 2015 arrivando a superare i 3.300 €/m² nel secondo semestre 2022; le altre fasce hanno subito una variazione di circa il 15%. A Bologna (Figura 114) invece si è registrato un andamento diverso a seconda delle fasce: infatti nelle fasce centrale e suburbana, dopo un iniziale abbassamento, si è assistito a un aumento del valore degli immobili di circa l'2-3% tra il 2021 e il 2022. Valori stabili si sono registrati nella fascia semicentrale. Nella città di Roma invece (Figura 115) la perdita di valore più marcata si è registrata nelle fasce periferica e suburbana, con più del 10% perso tra il 2015 e il 2022; più contenuta è invece la perdita nella fascia centrale (-3%) dove il valore medio della compravendita degli immobili è passato da 6.731 €/m² nel 2015 a 6.512 €/m² nel 2022; anche nella Capitale tra il 2021 e il 2022 i valori immobiliari hanno registrato un incremento dell'1-2%. A Palermo (Figura 116) l'andamento dei prezzi è simile a quello di Roma, con perdite di più del 10% rispetto al valore registrato per il 2015, che si riscontrano anche per la fascia centrale, in cui il valore medio al 2015 era circa 1.800 €/m² e di 1.690 €/m² nel secondo semestre 2022.

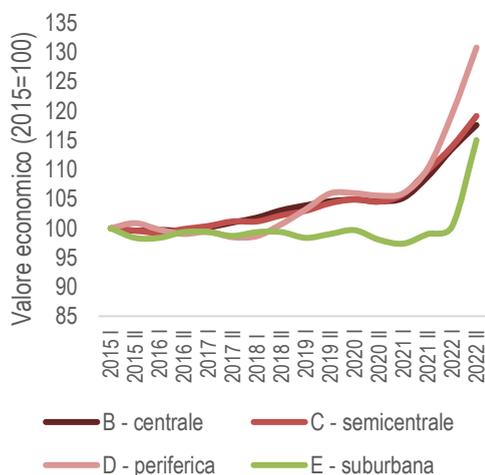


Figura 113. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2022, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Milano

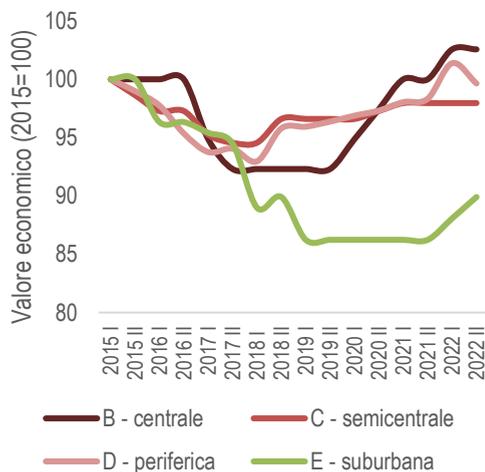


Figura 114. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2022, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Bologna

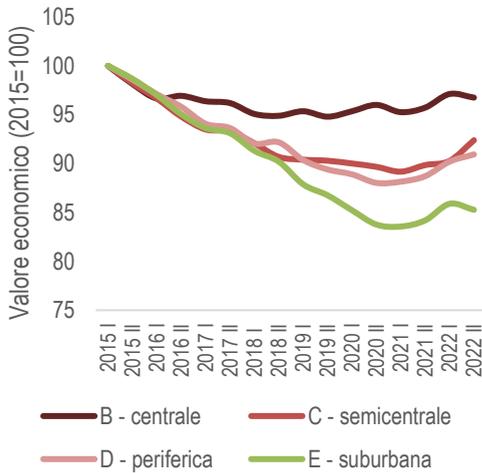


Figura 115. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2022, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Roma

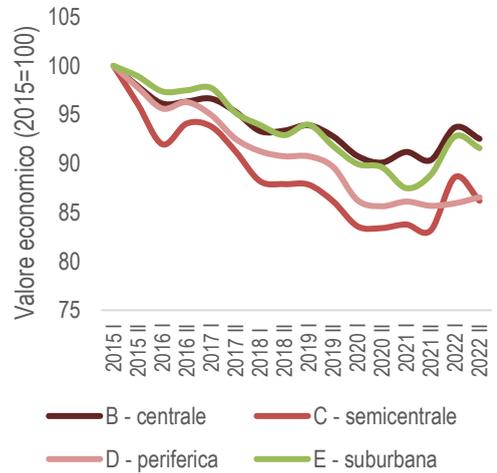


Figura 116. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il primo semestre del 2015 e il secondo semestre 2022, normalizzati a 100, sul territorio comunale di Palermo

Analizzando le diverse **fasce urbane** (centrale, semicentrale, periferica e suburbana), si può osservare che la maggiore consistenza di nuovi edifici residenziali ricade nella fascia urbana periferica per tutti gli intervalli di valore immobiliare, con concentrazione nell'intervallo di prezzi intermedio (tra 1.000 e 1.500 €/m², 40 ettari) e minore (meno di 1.000 €/m², 29 ettari). Anche nella fascia

urbana centrale si osservano valori alti, soprattutto nella fascia di prezzo intermedio, tra 1.000 e 1.500 €/m², dove sono stati costruiti 48 ettari di nuovi edifici. La concentrazione di nuovi edifici residenziali nelle fasce centrali con valori economici minori è influenzata dalla presenza di un numero consistente di comuni piccoli, caratterizzati da poche zone OMI (Figura 117).

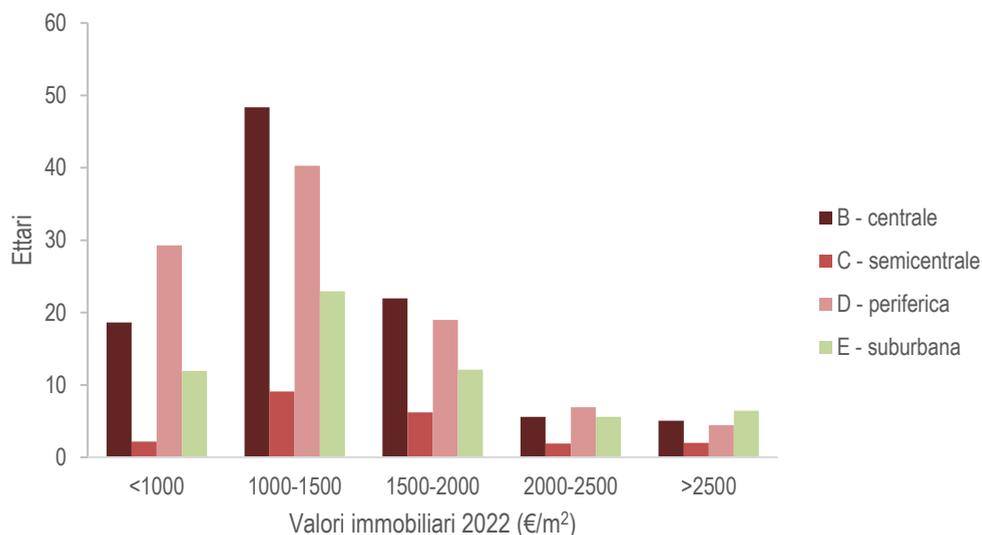


Figura 117. Consumo di suolo (2021-2022) dovuto a edifici/fabbricati con superficie inferiore ai 0,5 ettari per classi di valori del mercato immobiliare e fascia urbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

È stato analizzato il consumo di suolo in relazione ai seguenti intervalli di valori nelle aree centrali (fascia B) e nelle altre fasce, al fine di individuare in quali aree si è concentrato il fenomeno:

- < 1.000 €/m² basso
- 1.000-2.000 €/m² medio
- > 2.000 €/m² alto

Nelle aree centrali delle città (fascia B, Figura 118), la densità di consumo di suolo a livello nazionale si è concentrata nelle fasce con valori intermedi e alti (1.000-2.000 €/m²) con circa 6 m²/ha, mentre nei centri in cui i valori medi di compravendita delle abitazioni sono inferiori a 1.000 €/m² la densità di consumo di suolo è di 4 m²/ha.



Figura 118. Consumo di suolo (2021-2022) per intervalli di valore nelle fasce centrali. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Considerando i dati di densità di consumo nelle altre fasce (semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana, (Figura 119) il valore maggiore (circa 10 m²/ha) si registra nelle aree in cui il valore di compravendita è inferiore a 1.000 €/m² e maggiore di 2.000 €/m² (8,6 m²/ha).

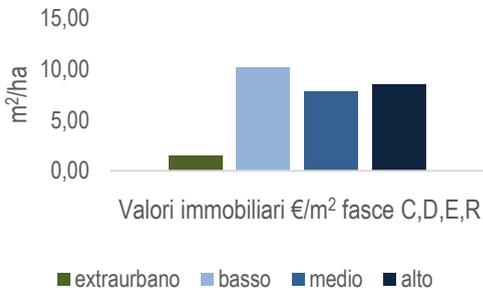


Figura 119. Consumo di suolo (2021-2022) per intervalli di valore nelle fasce semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori regionali di consumo di suolo (ettari e densità) negli intervalli di valore alto, medio e basso, rispettivamente nella fascia

Tabella 81. Consumo di suolo regionale 2021-2022 (ettari e densità) per classi di valore del mercato immobiliare e intervalli di valore bassi medi e alti nelle fasce centrali. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Regioni	no valore OMI (ha)	basso (ha)	medio (ha)	alto (ha)	no valore OMI (m²/ha)	basso (m²/ha)	medio (m²/ha)	alto (m²/ha)
Piemonte	0,00	16,19	29,33	0,47	0,00	4,11	5,52	1,45
Valle d'Aosta	0,00	0,00	3,86	0,83	0,00		3,22	1,16
Lombardia	1,50	14,78	114,01	23,97	32,61	3,33	7,62	8,87
Trentino-Alto Adige	0,00	0,00	3,11	9,38	0,00	0,00	5,86	7,77
Veneto	0,96	20,92	92,14	6,26	5,24	7,07	11,64	6,03
Friuli-Venezia Giulia	0,00	7,37	6,86	0,17	0,00	1,31	2,01	0,00
Liguria	0,00	0,00	0,62	1,47	0,00	0,00	0,43	1,86
Emilia-Romagna	0,04	1,37	38,30	6,98	0,31	1,12	7,07	9,40
Toscana	0,00	1,08	11,28	4,06	0,00	1,71	2,40	3,84
Umbria	0,12	2,59	2,29	0,00	1,68	3,59	7,14	0,00
Marche	0,00	6,37	4,22	0,60	0,00	4,92	4,99	5,11
Lazio	1,66	1,76	8,61	0,91	119,51	2,02	6,05	1,83
Abruzzo	0,05	8,22	8,69	0,52	0,37	3,94	16,69	4,49
Molise	0,07	2,38	0,37	0,00	4,51	3,91	7,11	-
Campania	0,15	18,51	8,87	0,86	1,48	7,22	6,98	2,12
Puglia	0,00	6,59	2,25	0,17	0,00	6,07	4,46	2,96
Basilicata	0,00	1,13	0,19	0,00	0,00	2,08	0,00	-
Calabria	0,22	4,98	0,49	0,00	0,78	2,02	0,87	0,00
Sicilia	0,33	3,56	2,47	0,69	2,73	1,41	3,28	5,83
Sardegna	1,59	10,76	5,91	2,16	3,14	5,49	7,42	10,67
Italia	6,69	128,56	343,87	59,50	2,73	4,01	6,15	8,05

centrale (Tabella 81) e nelle fasce semicentrale, periferica, suburbana e extraurbana (Tabella 82).

Nella fascia centrale il maggior numero di ettari di consumo di suolo si sono registrati in Lombardia, con 114 ettari di nuovo suolo artificiale nell'intervallo di valori medio, a cui segue il Veneto con 92 ettari. Osservando i dati sulla densità emerge che nella fascia di valori media il consumo maggiore si ha in Abruzzo con 17,69 m²/ha, seguita dal Veneto con 11,64 m²/ha per la fascia media di valori. Nelle altre fasce OMI il consumo maggiore si è registrato nel Lazio con 127 ettari nella fascia di valori alta, in Emilia-Romagna con 157 ettari nella fascia di valori media e 118 ettari nella fascia di valori bassa. Se si considera la densità dei cambiamenti il valore maggiore è quello registrato in Abruzzo in cui nella fascia di valori alta con 44 m²/ha.

Tabella 82. Consumo di suolo regionale 2021-2022 (ettari e densità) per classi di valore del mercato immobiliare e intervalli di valore bassi medi e alti nelle fasce semicentrale, suburbana e extraurbana. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

Regioni	extraurbano (ha)	basso (ha)	medio (ha)	alto (ha)	extraurbano (m ² /ha)	basso (m ² /ha)	medio (m ² /ha)	alto (m ² /ha)
Piemonte	391,05	80,19	94,29	5,39	1,71	17,27	10,05	6,31
Valle d'Aosta	15,74	0,00	0,50	1,30	0,16	10,15	1,91	3,82
Lombardia	477,52	65,70	127,93	82,43	2,55	20,82	8,33	14,63
Trentino-Alto Adige	98,84	3,19	2,89	11,30	0,76	12,36	5,88	4,92
Veneto	396,53	53,09	140,55	28,76	2,54	17,29	15,64	14,37
Friuli-Venezia Giulia	69,14	39,40	35,23	0,22	0,98	3,43	1,95	0,00
Liguria	14,73	0,70	8,59	6,88	0,36	0,28	2,77	2,04
Emilia-Romagna	303,67	118,56	157,09	63,99	1,59	23,37	10,16	12,01
Toscana	115,78	12,22	58,61	34,88	0,60	2,92	3,04	4,68
Umbria	9,57	16,11	34,69	0,00	0,14	2,43	3,83	-
Marche	133,65	36,04	32,21	4,65	1,59	21,54	6,17	14,41
Lazio	193,83	39,36	72,13	127,34	1,47	6,05	4,05	11,71
Abruzzo	76,19	17,42	35,76	1,89	0,77	6,35	12,65	43,99
Molise	69,63	2,78	4,43	0,28	1,64	3,81	9,76	11,82
Campania	273,24	83,79	112,34	1,58	2,37	16,49	12,38	0,75
Puglia	498,02	91,90	110,27	9,23	2,89	11,49	10,23	14,87
Basilicata	83,01	12,71	2,69	0,67	0,87	5,63	2,86	2,84
Calabria	40,82	29,23	2,39	0,00	0,30	4,25	0,99	0,00
Sicilia	427,44	84,95	81,32	7,21	1,86	7,75	7,03	5,70
Sardegna	370,03	66,72	56,35	23,92	1,64	25,34	16,54	4,39
Italia	4083,67	854,32	1180,15	415,69	1,44	8,38	6,82	6,49

La maggiore densità delle trasformazioni e, ancor più, degli edifici residenziali all'interno delle fasce urbane è rappresentata attraverso la distribuzione tra le fasce OMI 2022 del territorio nazionale, del consumo di suolo e degli edifici con superficie inferiore al mezzo ettaro (Figura 121). Mentre la maggior parte del territorio (87,7%) ricade nelle fasce extraurbane, caratterizzate dalla prevalenza di attività agricola, seguite dalle fasce periferiche (4,6%) e da quelle suburbane (3,8%), i cambiamenti

2021-22 complessivi si distribuiscono diversamente: poco più della metà (57%) nella fascia extraurbana e la restante in quella urbana (fascia periferica 18%, suburbana 14%, centrale 7,6%, semicentrale 3%). Per i cambiamenti nella classe degli edifici con superficie minore di 0,5 ettari la concentrazione in ambito urbano è ancora più evidente, con il 64% delle nuove costruzioni rilevate nelle fasce urbane (periferica e centrale 23%, suburbana 13%, semicentrale 5%).

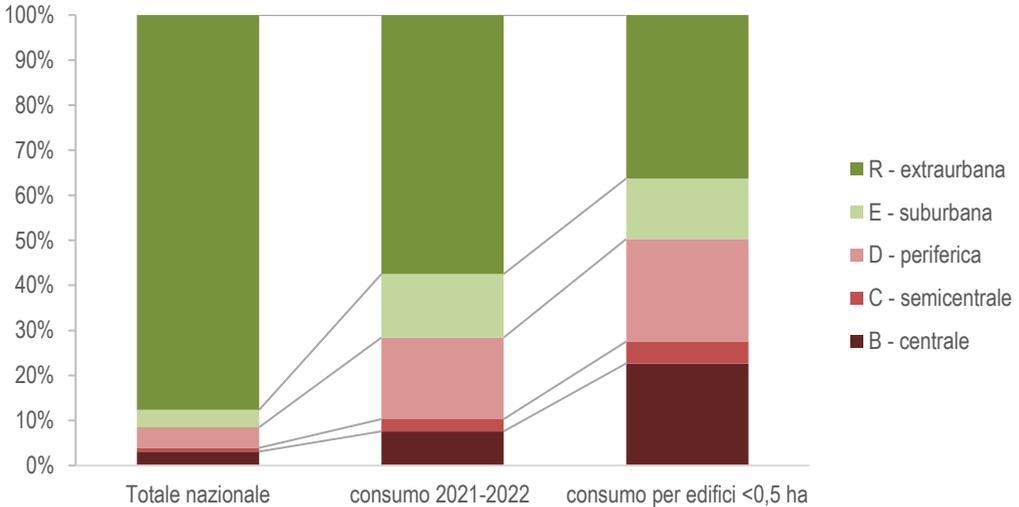


Figura 120. Ripartizione percentuale della superficie nazionale, del consumo di suolo 2021-2022 e del consumo di suolo 2021-2022 dovuto a edifici con estensione minore di 0,5 ettari in relazione alle fasce OMI 2020. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

L'analisi temporale del valore economico sulle singole fasce OMI in relazione alle aree dove si sono rilevate nuove costruzioni di edifici (Figura 121), che nell'ultimo anno si è registrato un aumento di valore economico in tutte le fasce, in particolare in quella periferica e suburbana.

Un'ultima analisi è stata condotta considerando la distribuzione del consumo di suolo rispetto alla variazione del valore immobiliare tra il 2015 e il 2022 (Figura 122). In questo caso emerge che la maggior parte del territorio si colloca in aree stabili. Osservando la distribuzione del consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 e la sua componente dovuta agli edifici, emerge che la maggioranza delle aree consumate si colloca su quelle superfici che non hanno subito variazione nel valore o che hanno un decremento di valore nel periodo di tempo considerato. In particolare, per quanto riguarda la classe degli edifici, la percentuale nelle classi di valori positivi è quasi sempre maggiore rispetto alle altre due categorie

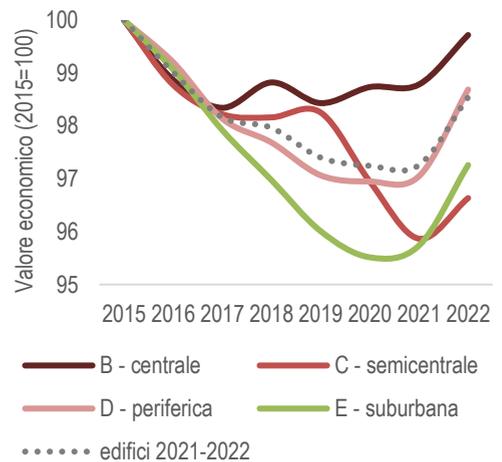


Figura 121. Andamento dei valori OMI (€/m²) tra il 2015 e il 2022, normalizzati a 100 nel 2015, nelle aree in cui si è rilevato consumo di suolo 2021-22 per edifici complessivo (grigio puntinato) e nelle fasce OMI. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

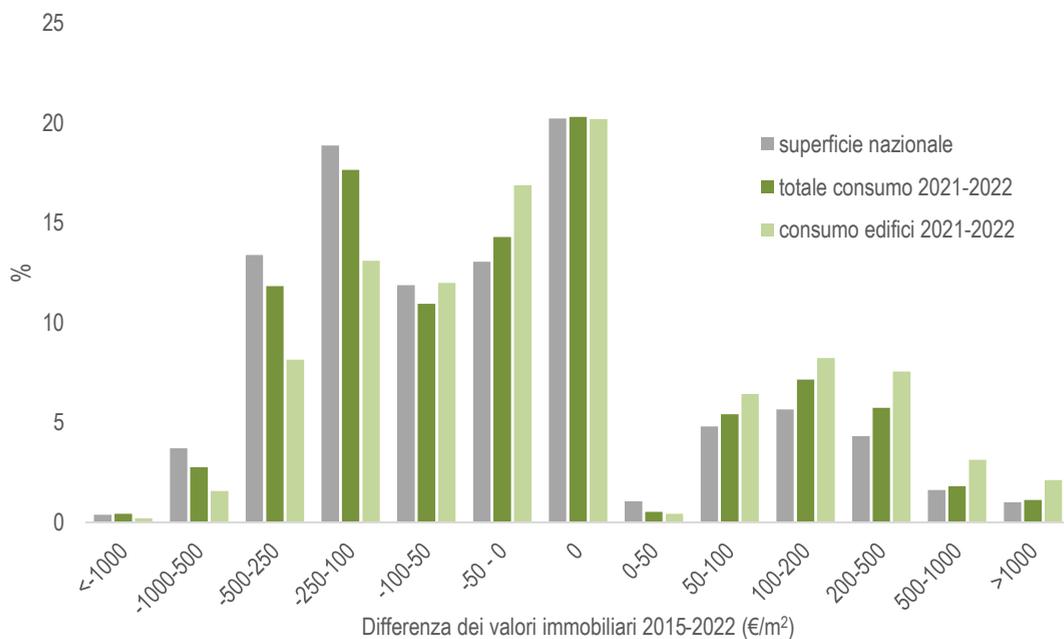


Figura 122. Ripartizione percentuale della superficie nazionale, del consumo di suolo 2021-2022 e del consumo di suolo 2021-2022 dovuto a edifici in relazione alla variazione dei valori OMI 2015-2022. I valori percentuali sono stati calcolati sulle superfici per cui erano disponibili i valori OMI. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati OMI e cartografia SNPA

CANTIERI E INFRASTRUTTURE

Il sistema di classificazione adottato da ISPRA/SNPA per il monitoraggio del consumo di suolo, basato su tre livelli di approfondimento, permette di suddividere già al secondo livello il consumo di suolo reversibile da quello irreversibile fino alla classificazione al terzo livello che identifica la tipologia di copertura.

Nelle tabelle che seguono (Tabella 83 e Tabella 84) è riportata l'estensione delle superfici al 2022 per le classi che identificano le aree:

I) di cantiere (classi: 12, 121, 122 suolo consumato reversibile riferito ai cantieri, alle superfici in terra battuta e alle strade non pavimentate);

II) delle infrastrutture (classi: 112, 113, 114 e 115 suolo consumato permanente appartenente alle strade pavimentate, alle ferrovie, agli aeroporti e ai porti).

Tabella 83. Suolo consumato 2022 e consumo di suolo 2021-2022 delle aree di suolo consumato reversibile (cantieri e strade sterrate, classi: 12,121, 122)

Regione	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate (ha)	Consumo di suolo per cantieri e strade sterrate (ha)	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate (%)	Suolo consumato per cantieri e strade sterrate rispetto al suolo consumato totale (%)	Suolo consumato pro capite per cantieri e strade sterrate (m ² /ab)
Piemonte	14.059	339,7	0,6	8,3	33
Valle d'Aosta	602	17,5	0,2	8,6	49
Lombardia	12.742	527,4	0,5	4,4	13
Trentino-Alto Adige	2.057	93,2	0,2	5,0	19
Veneto	9.811	130,1	0,5	4,5	20
Friuli-Venezia Giulia	4.533	117,7	0,6	7,1	38
Liguria	880	21,3	0,2	2,2	6
Emilia-Romagna	18.317	439,8	0,8	9,2	41
Toscana	8.505	166,1	0,4	6,0	23
Umbria	2.010	50,5	0,2	4,5	23
Marche	2.261	165,3	0,2	3,5	15
Lazio	6.096	272,1	0,4	4,3	11
Abruzzo	1.767	90,4	0,2	3,3	14
Molise	1.073	70,9	0,2	6,1	37
Campania	4.402	427,0	0,3	3,1	8
Puglia	7.679	538,8	0,4	4,8	20
Basilicata	2.908	56,0	0,3	9,1	54
Calabria	2.234	51,1	0,1	2,9	12
Sicilia	5.946	373,7	0,2	3,5	12
Sardegna	5.365	285,4	0,2	6,7	34
Italia	113.244	4.233,9	0,4	5,3	19

L'estensione maggiore di suolo consumato per i cantieri e per le strade sterrate appartiene alle regioni del Nord Italia di Emilia-Romagna (18.317 ettari), Piemonte (14.059) e Lombardia (12.742), mentre il consumo di suolo 2021-2022 per queste classi ha interessato maggiormente la Puglia con 538,8 ettari, la Lombardia con 527,4 ettari e l'Emilia-Romagna con 439,8 ettari. Tra i valori del suolo consumato percentuale calcolati sull'estensione dell'intera regione, rilevante è quello dell'Emilia-

Romagna che registra lo 0,8%, esattamente il doppio rispetto alla percentuale nazionale dello 0,4%. La percentuale di suolo consumato delle classi riferite ai cantieri/strade sterrate sulla totalità del suolo consumato unitamente ai valori del consumo di suolo pro-capite, fanno emergere la Basilicata come la regione con i più alti valori, rispettivamente del 9% e di 54 m²/ab. I valori più bassi sono registrati invece in Liguria e Campania che hanno rispettivamente valori di 6 e 8 m²/ab di suolo consumato pro-capite per cantieri e strade sterrate.

Tabella 84. Suolo consumato 2022 e consumo di suolo 2021-2022 delle aree di suolo consumato permanente (strade pavimentate, ferrovie, aeroporti e porti, classi: 112, 113, 114, 115)

Regione	Suolo consumato per le infrastrutture (ha)	Consumo di suolo per le infrastrutture (ha)	Suolo consumato per le infrastrutture (%)	Suolo consumato per le infrastrutture rispetto al suolo consumato totale (%)	Suolo consumato pro capite per le infrastrutture (m ² /ab)
Piemonte	34.987	13,2	1,4	20,6	82
Valle d'Aosta	3.176	0,0	1,0	45,2	257
Lombardia	76.316	20,6	3,2	26,3	77
Trentino-Alto Adige	17.269	1,5	1,3	42,1	161
Veneto	54.676	61,6	3,0	25,1	113
Friuli-Venezia Giulia	15.593	1,6	2,0	24,5	131
Liguria	15.073	0,4	2,8	38,3	100
Emilia-Romagna	54.554	21,8	2,4	27,3	123
Toscana	46.138	5,8	2,0	32,5	126
Umbria	16.812	0,0	2,0	37,8	196
Marche	20.061	15,8	2,2	30,9	135
Lazio	38.126	3,6	2,2	27,1	67
Abruzzo	20.238	4,9	1,9	37,5	159
Molise	8.136	0,3	1,8	46,5	278
Campania	34.274	4,9	2,5	24,0	61
Puglia	42.289	21,2	2,2	26,5	108
Basilicata	14.399	0,8	1,4	45,2	266
Calabria	27.171	5,9	1,8	35,5	146
Sicilia	48.076	12,4	1,9	28,7	99
Sardegna	28.888	13,1	1,2	35,8	182
Italia	616.252	209,1	2,0	28,6	104

Nella Tabella 84 è possibile leggere che la Lombardia è la regione con l'estensione maggiore in termini di ettari di superficie (76.316) delle classi al terzo livello riferite alle infrastrutture, subito dopo il Veneto e l'Emilia-Romagna con valori molto simili di 54.676 e 54.554 ettari. Sono sempre la Lombardia (3,2%) e il Veneto (3%) a risultare tra i primi posti per il suolo consumato percentuale secondo l'estensione della regione mentre rispetto al suolo consumato abbiamo valori più alti per il Molise con il

46,5% e 278 m²/ab di pro-capite, con i valori più piccoli invece la Campania (61 m²/ab) e il Lazio (67 m²/ab).

Nell'analisi proposta di seguito (Tabella 85) è mostrata la variazione in percentuale, alla scala regionale e nazionale, delle trasformazioni avvenute tra il 2021 e il 2022 per le aree mappate come cantieri e le strade sterrate nel 2021, verso tutte le altre classi di suolo consumato al secondo livello della classificazione ISPRA/SNPA.

Tabella 85. Variazione di superficie (%) dei cantieri/strade sterrate verso le classi di suolo consumato al secondo livello, per il periodo 2021-2022, alla scala regionale e nazionale

Regioni	Superficie rinaturalizzata (%)	Superficie consumato reversibile (%)	Superficie consumato permanente (%)	Altre classi di suolo non consumato (%)
Piemonte	13,7	1,7	84,6	0,0
Valle d'Aosta	53,9	5,2	40,9	0,0
Lombardia	27,9	0,0	72,1	0,0
Trentino-Alto Adige	45,4	0,0	54,4	0,2
Veneto	53,7	0,5	43,9	2,0
Friuli Venezia-Giulia	24,3	0,0	75,7	0,0
Liguria	0,0	0,0	100,0	0,0
Emilia-Romagna	44,4	0,4	55,2	0,0
Toscana	54,0	4,5	41,5	0,0
Umbria	19,2	0,0	70,1	10,7
Marche	66,7	1,5	31,7	0,0
Lazio	1,6	0,5	97,9	0,0
Abruzzo	72,1	4,4	23,5	0,0
Molise	93,9	0,0	6,1	0,0
Campania	0,0	0,9	99,1	0,0
Puglia	5,3	4,3	86,2	4,2
Basilicata	83,8	0,0	16,2	0,0
Calabria	0,0	0,0	100,0	0,0
Sicilia	17,8	0,2	82,0	0,0
Sardegna	36,8	1,4	61,8	0,0
Italia	42,2	1,0	55,8	1,0

Più della metà della superficie di cantieri e strade sterrate (il 55,8%), si trasforma in classi di copertura permanente mentre solo una piccola percentuale (1%) in altre classi di suolo consumato reversibile. Le superfici che vengono invece rinaturalizzate sono il 42,2%. Infine, la variazione verso le altre classi di suolo non consumato (serre non pavimentate, corpi idrici artificiali, rotonde e svincoli stradali, etc.) è pari al solo l'1%.

L'approfondimento alla scala regionale, proposto nella stessa Tabella 85 mostra la variazione in favore delle altre classi di suolo consumato al secondo livello per ogni singola regione. Le regioni con la totalità delle trasformazioni avvenute nella sola direzione del consumo di suolo

permanente sono la Liguria e la Calabria con il 100%, subito dopo la Campania con il 99,1% e il Lazio con il 97,7%. Il cambiamento verso le classi di consumo reversibile, come già evidente alla scala nazionale, è minimo e coinvolge principalmente il Valle d'Aosta con il 5,2%. Al primo posto per suolo rinaturalizzato si trova il Molise con il 93,9%. Altri notevoli valori di percentuale rinaturalizzata appartengono a Basilicata (83,8%) e Abruzzo (72,1%).

L'estratto della matrice dei cambiamenti (2021-2022) per le aree di cantiere e strade sterrate, alla scala regionale e nazionale, proposta nella Tabella 86 mostra le variazioni (in ettari) più consistenti in termini di superficie verso le classi di suolo consumato permanente.

Tabella 86. Variazioni in ettari delle superfici di cantiere e strade sterrate per il periodo 2021-2022 (più consistenti in termini di superficie) verso le classi di suolo consumato permanente 111, 112, 116

Regioni	Classe 111	Classe 112	Classe 116
Piemonte	39,68	9,55	63,88
Valle d'Aosta	0,38	-	0,09
Lombardia	58,89	10,36	23,66
Trentino-Alto Adige	6,16	1,07	9,01
Veneto	80,09	34,37	102,84
Friuli Venezia-Giulia	1,61	1,54	5,53
Liguria	0,9	-	0,96
Emilia-Romagna	30,24	15,37	24,59
Toscana	3,2	1,81	3,19
Umbria	1,48	0	3,12
Marche	3,6	9,85	6,84
Lazio	2,18	0,68	9,72
Abruzzo	5,84	3,88	6,73
Molise	0,52	-	0,23
Campania	-	1,68	2,51
Puglia	9	13,8	21,31
Basilicata	0,04	-	0,88
Calabria	2,43	0,33	5,17
Sicilia	21,28	10,88	23,82
Sardegna	12,6	4,85	15,94
Italia	280,12	120,02	330,02

Le trasformazioni alla scala nazionale per le classi 111 (edifici) e 116 (aree pavimentate non edificate) sono rispettivamente poco più di 280 e 330 ettari mentre inferiore è il valore della classe 112 (strade pavimentate) che registra circa 120 ettari. Il Veneto con 80,09 ettari risulta la regione con maggior cambiamento di superficie in favore della classe 111, subito dopo la Lombardia con 58,89 ettari. Per la classe 112 è sempre il Veneto a detenere il primato con 34,37 ettari, seguito questa volta dall'Emilia-Romagna con una superficie nettamente più bassa di 15,37 ettari. La classe 116 mostra ancora una volta il Veneto con 102,84 ettari e poi Piemonte e Emilia-Romagna rispettivamente con 63,88 e 24,59 ettari di superficie.

Le opere soggette a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) assumono un ruolo rilevante nell'analisi dei cambiamenti delle classi riferite ai cantieri e le infrastrutture. La VIA ha lo scopo di individuare, descrivere e valutare, in via preventiva alla realizzazione delle opere, gli effetti su ambiente biogeofisico, salute e benessere umano di determinati progetti pubblici o privati, nonché di identificare le misure atte a prevenire, eliminare o rendere minimi gli impatti negativi sull'ambiente, prima che questi si verifichino effettivamente. La VIA comprende varie fasi tra cui l'elaborazione e la presentazione dello studio d'impatto ambientale da parte del proponente, lo svolgimento delle consultazioni, la valutazione dello studio d'impatto ambientale, delle eventuali informazioni supplementari fornite dal proponente e degli esiti delle consultazioni, l'adozione del provvedimento di VIA in merito agli impatti ambientali del progetto, l'integrazione del provvedimento di VIA nel provvedimento di approvazione o autorizzazione del progetto. Il provvedimento di VIA è un "provvedimento motivato, obbligatorio e vincolante, che esprime la conclusione dell'autorità competente in merito agli impatti ambientali significativi e negativi del progetto, adottato sulla base dell'istruttoria svolta, degli esiti delle consultazioni pubbliche e delle eventuali consultazioni transfrontaliere". Esso contiene ogni opportuna indicazione per la progettazione e lo svolgimento delle attività di controllo e monitoraggio degli impatti. Il monitoraggio assicura (anche avvalendosi dell'ISPRA e del SNPA) il controllo sugli impatti ambientali significativi provocati dalle opere approvate, nonché la corrispondenza alle condizioni ambientali espresse sulla compatibilità ambientale dell'opera. Il monitoraggio è effettuato anche al fine di individuare tempestivamente gli impatti negativi imprevisi

e di consentire all'autorità competente di essere in grado di adottare le opportune misure correttive (art. 28 D.lgs. 152/2006 s.m.i.). I progetti di competenza statale sono riportati all'allegato II alla parte seconda del D.lgs. 152/06 tra cui si individuano, per la loro significatività in tema di consumo di suolo, le opere relative a:

- tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza nonché aeroporti con piste di atterraggio superiori a 1.500 metri di lunghezza;
- autostrade e strade extraurbane principali;
- strade extraurbane a quattro o più corsie o adeguamento di strade extraurbane esistenti a due corsie per renderle a quattro o più corsie, con una lunghezza ininterrotta di almeno 10 km;
- condutture di diametro superiore a 800 mm e di lunghezza superiore a 40 km per il trasporto di gas.

Relativamente a tali tipologie progettuali (Autostrade/Strade, Tronchi ferroviari, metanodotti) si riportano in Figura 123 il numero di provvedimenti VIA statale positivi emanati dal 2011 al 2021.

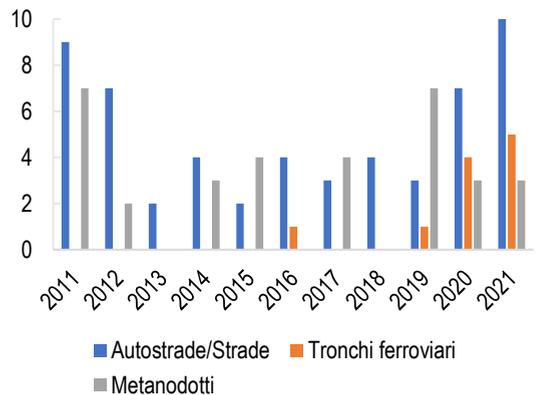


Figura 123. Numero provvedimenti VIA approvati dal 2011 al 2021

Per le tipologie d'opera progettuale autostrade/strade e tronchi ferroviari si richiamano, inoltre, i pareri di Valutazione di Impatto Ambientale per le opere che rientrano nella Legge Obiettivo 443/2001 (L.O.) emanati nell'arco temporale 2011-2021 dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA-VAS del MiTE e successivamente trasmessi al Ministero delle infrastrutture e

dei trasporti per l'approvazione da parte del Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE; Figura 124).

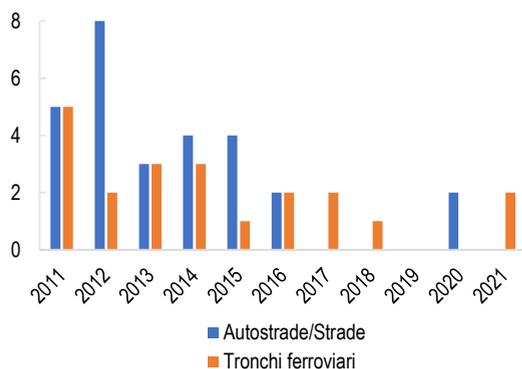


Figura 124. Pareri Legge Obiettivo (443/2001) rilasciati dal 2011 al 2021

Nella scelta dell'alternativa ragionevole più sostenibile dal punto di vista ambientale, deve essere considerato tra i criteri di premialità l'aspetto relativo al risparmio di "consumo di suolo", sia nella fase di realizzazione, sia nella fase di esercizio dell'opera, nell'ottica di limitare quanto più possibile il consumo di suolo libero ("*greenfield*") a favore di aree già pavimentate/dotate di infrastrutture e servizi o di suolo già compromesso ("*brownfield*"), cercando di utilizzare aree dismesse, di degrado, interstiziali, di risulta. Inoltre, si dovrebbero quantificare i suoli definitivamente sottratti, sia in termini areali che volumetrici, in ragione dell'inserimento delle opere in progetto e stimare la qualità dei suoli eventualmente sottratti tenendo conto delle cartografie degli usi effettivi e di capacità d'uso dei suoli medesimi.

Per quantificare l'impatto del consumo di suolo in riferimento alle opere soggette a VIA (nazionale e quelle previste dalla Legge obiettivo) nel periodo di riferimento 2021-2022, si è proceduto al confronto tra le procedure VIA, con esito positivo, rese disponibili dal MASE⁸¹ con i nuovi cambiamenti mappati dal SNPA. I dati relativi alle procedure considerate sono riportati in Tabella 87.

A livello nazionale l'impatto percentuale sul consumo di suolo 2021-2022, dovuto alle opere soggette a VIA nazionale, raggiunge l'8,4%. Complessivamente, a livello nazionale risultano occupati 594,82 ettari nell'ultimo anno (Figura 125; Figura 125). Di questi, 219,68 fanno riferimento ad autostrade/strade, 203,08 a tronchi ferroviari e 172,06 a metanodotti.

L'opera con maggior impatto è la linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia suddivisa nelle due tratte Milano-Verona (lotto funzionale Brescia-Verona) e Verona-Padova per complessivi 131,27 ettari. I lavori interessano due regioni ovvero Lombardia (34,41 ettari) e Veneto (96,86 ettari). Tra i metanodotti invece si colloca al primo posto il progetto di rifacimento del metanodotto San Salvo-Biccari e opere connesse che si sviluppa a cavallo di tre regioni, la Puglia (61,65 ettari), il Molise (44,16 ettari) e l'Abruzzo (7,31 ettari) per un totale di poco più di 113 ettari di suolo consumato. Relativamente alla tipologia autostrade/strade emerge il progetto di costruzione della variante di Casalpusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla S.P. ex S.S. 234 (55,22 ettari) seguito dai lavori sull'autostrada A33 Asti-Cuneo (47,41 ettari).

La regione con il maggior consumo di suolo nel 2022 legato a procedure sottoposte a VIA e VIA Legge Obiettivo (443/2001) è il Veneto con circa 124,4 ettari, seguita dalla Lombardia (99,5 ettari) e Piemonte (68,4 ettari).

⁸¹ <https://va.mite.gov.it/it-IT/Procedure/Provvedimenti>

Tabella 87. Consumo di suolo 2021-2022 (ha) legato ad opere soggette a VIA nazionale e Legge Obiettivo. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

REGIONE	M. SAN SALVO BICCARI	M. MESTRE TRIESTE	M.RAVENNA	AV/AC BS-VR	AV/AC VR-PD	L.F. NA-BA	AV/AC MI-GE	S.S. 9 "VIA EMILIA"	A33 ASTI-CUNEO	ASSE MARCHE-UMBRIA	T. NORD REGGIO EMILIA	S.S. 16 "ADRIATICA"	S.S.106 JONICA / E90	A5 TORINO-QUINCINETTO	S.S.415 PAULLESE	ALTRO (<5 HA)	Consumo di suolo VIA / L.O (ha)	Consumo di suolo su totale 2021-2022 (%)
Piemonte	-	-	-	-	-	-	13	-	47	-	-	-	-	8	-	-	68	11
Lombardia	-	-	-	34	-	-	-	55	-	-	-	-	-	-	8	2	99	11
Veneto	-	22	-	37	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	124	17
Friuli-Venezia Giulia	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	14
Emilia-Romagna	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	33	5
Marche	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	18	-	-	-	3	63	29
Abruzzo	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9	6
Molise	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	55
Campania	-	-	-	-	-	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	9
Puglia	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62	9
Calabria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	13	17
Sicilia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	1
TOTALE	113	44	9	71	60	53	13	55	47	42	25	18	13	8	8	16	595	8

M. SAN SALVO BICCARI = Rifacimento Metanodotto San Salvo-Biccari e opere connesse; **M. MESTRE TRIESTE** = Rifacimento Metanodotto Mestre-Trieste, tratto Casale sul Sile-Gonars e opere connesse, e declassamento tratto Gonars-Trieste; **M. RAVENNA** = Rifacimento metanodotto Ravenna Mare-Ravenna Terra ed opere connesse; **AV/AC BS-VR** = Linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia: tratta AV/AC Milano-Verona - Lotto funzionale Brescia-Verona; **AV/AC VR-PD** = Linea ferroviaria AV/AC Torino-Venezia: tratta AV/AC Verona-Padova; **L.F. NA-BA** = Linea ferroviaria Napoli/Bari; **AV/AC MI-GE** = Tratta AV/AC Milano-Genova: Terzo Valico dei Giovi; **S.S. 9**; **"VIA EMILIA"** = S.S. 9 "via Emilia" - Lavori di costruzione della variante di Casalpuusterlengo ed eliminazione passaggio a livello sulla S.P. ex S.S. 234; **A33 ASTI-CUNEO** = Collegamento autostradale A6-A21 Asti-Cuneo: tronco II - Lotto 6 "Roddi-Diga ENEL"; **ASSE MARCHE-UMBRIA** = Asse viario Marche-Umbria e Quadrilatero di penetrazione interna; **T. NORD REGGIO EMILIA** = Prolungamento della SS 9 "Tangenziale Nord di Reggio Emilia" nel tratto da S. Prospero Strinati a Corte Tegge; **S.S. 16 "ADRIATICA"** = S.S.16 "Adriatica" - Variante di Ancona. Intervento di ampliamento da 2 a 4 corsie del tratto fra lo svincolo "Falconara" e lo svincolo "Torrette"; **S.S.106 JONICA / E90** = S.S.106 Jonica: lavori di costruzione del 3° Megalotto dall'innesto con la S.S.534 (km 365+150) a Roseto Capo Spulico (km 400+000); **A5 TORINO-QUINCINETTO** = Autostrada A5 Torino - Quincinetto Nodo Idraulico di Ivrea - 2° fase di completamento; **S.S.415 PAULLESE** = Riqualfica e potenziamento della S.P. ex S.S. 415 "Paullese" da San Donato a Zelo Buon Persico Il lotto - I stralcio; **ALTRO (<5 HA)** = Altri progetti con estensione inferiore a 5 ettari.

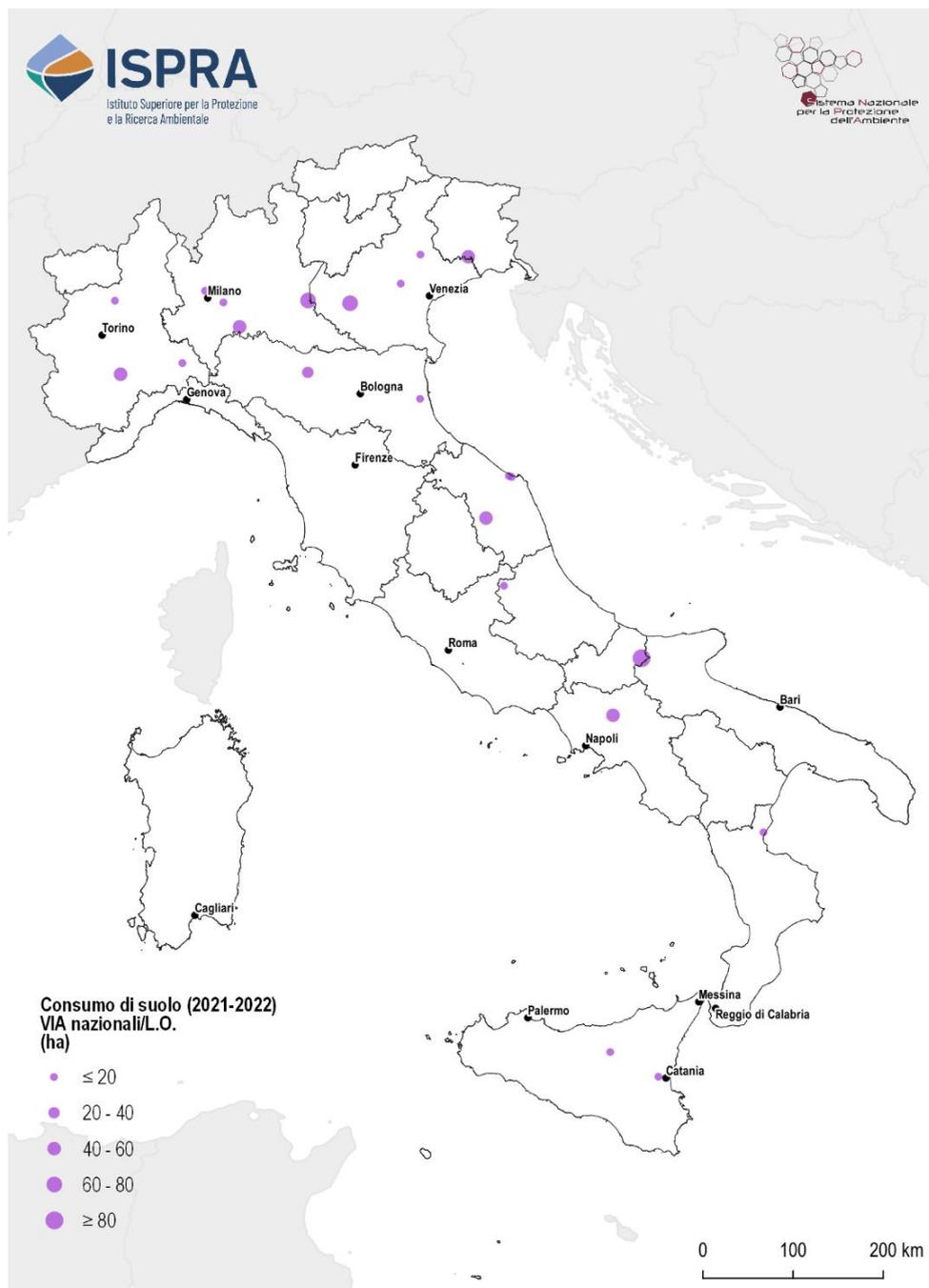
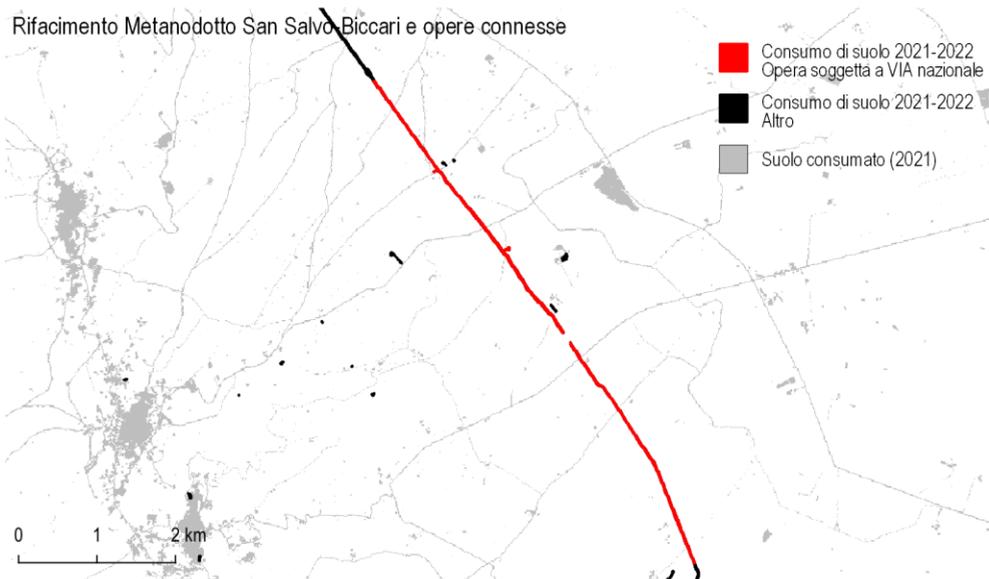


Figura 125. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti a VIA nazionale/L.O. (2021-2022). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Rifacimento Metanodotto San Salvo Biccari e opere connesse



Prolungamento della SS 9 "Tangenziale Nord di Reggio Emilia" nel tratto da S. Prospero Strinati a Corte Tegge

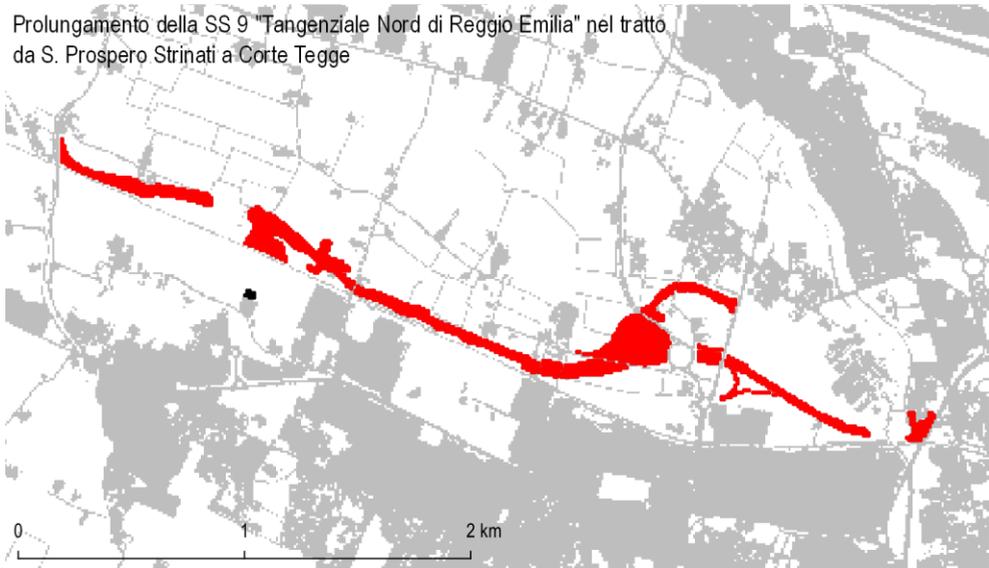


Figura 126. Opere soggette a VIA nazionale: il rifacimento del metanodotto "San Salvo-Biccari" e opere connesse (113 ettari, in alto) e il prolungamento della SS 9 "Tangenziale Nord di Reggio Emilia" nel tratto da S. Prospero Strinati a Corte Tegge (25 ettari, in basso). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

GLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Tra le forme di consumo di suolo reversibile è stata indagata anche quella relativa agli impianti fotovoltaici a terra (classe 125; Figura 127) per la sua rilevanza rispetto al raggiungimento di una produzione energetica sostenibile per l'ambiente e prevista in forte crescita nel futuro.

I dati SNPA relativi all'individuazione di nuovi impianti fotovoltaici installati a terra rilevati tra il 2021 e il 2022⁸² riportano un totale di 243 ettari di consumo di suolo corrispondenti a una potenza di circa 135 MW⁸³, un dato abbastanza distante dai 70 ettari rilevati nel 2021 e in linea con i 241 ettari rilevati nel 2020 e i 246 del 2019. I rapporti statistici "Solare Fotovoltaico" redatti dal GSE confermano che il 2022 ha fatto registrare un aumento significativo del numero di grandi impianti (superiori a 5 MW) entrati in servizio. La potenza installata in questa classe di impianti risulta infatti di 353 MW, a fronte dei 29 MW del 2021, in netto aumento anche rispetto ai valori alti registrati nel 2020 (129 MW) e nel 2019 (214 MW). Dagli stessi dati del GSE si nota che nel 2022 c'è stato un deciso incremento della potenza installata in tutte le categorie di grandezza degli impianti. La classe compresa tra 3 e 20 KW ha fatto registrare una variazione percentuale, rispetto al 2021, di circa il 200%, coprendo da sola quasi la metà della nuova potenza installata nell'ultimo anno (1.226 MW dei 2.490 MW totali). La tendenza a progettare i nuovi impianti con dimensioni compatibili con una localizzazione non a terra è senza dubbio un aspetto positivo da evidenziare, in ottica dello sfruttamento dei tetti degli edifici e dei fabbricati più grandi o di altre superfici già consumate.

La regione in cui nell'ultimo anno si è destinato più territorio al fotovoltaico a terra è la Sardegna, che ha consumato oltre 91 ettari (circa il 37% del totale). Seguono la Sicilia e il Lazio, rispettivamente con 59 e 56 ettari (Tabella 88). L'unica regione che riporta valori negativi di consumo sono le Marche (-1,1 ha), in particolare il comune di Jesi, dove un impianto di fotovoltaico a terra è

stato temporaneamente rimosso in vista di una successiva sostituzione dei moduli.

Il diffondersi di diverse tecnologie e tipologie di impianti fotovoltaici ha portato, durante l'ultimo monitoraggio, all'individuazione di una nuova classe di copertura del suolo, gli "impianti fotovoltaici a bassa densità" (codice 205). La metodologia utilizzata per il monitoraggio del consumo di suolo considera consumate le superfici su cui l'antropizzazione avvenuta è tale da coprire più del 50% della singola cella della griglia di rilevazione (porzione di territorio di 10x10 metri). Molti dei nuovi impianti rilevati mostrano una percentuale di superficie coperta dai moduli fotovoltaici inferiore alla soglia metodologica (Figura 128). Pur non considerando suolo consumato queste aree, si è ritenuto opportuno tenere comunque traccia di questo tipo di evoluzione della copertura del suolo assegnando un codice appartenente alle classi dei suoli non consumati (2xx)⁸⁴. Nell'ultimo anno oltre 250 ettari di suolo sono stati classificati come impianti fotovoltaici a bassa densità (classe 205), più della superficie consumata nel periodo 2021-2022 dagli impianti fotovoltaici a più alta densità (classe 125). Circa il 73% di questa superficie è situato in Sicilia (182 ettari) e il restante 27% nel Lazio (69 ettari).

Tabella 88. Distribuzione del consumo di suolo 2021-2022 dovuto a nuovi impianti fotovoltaici a terra (classe 125). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo (ha)
Piemonte	8,6
Valle d'Aosta	0,0
Lombardia	0,0
Trentino-Alto Adige	0,0
Veneto	0,0
Friuli-Venezia Giulia	0,0
Liguria	0,0
Emilia-Romagna	0,0
Toscana	0,0
Umbria	0,0
Marche	-1,1

⁸² I dati dei nuovi impianti fotovoltaici rilevati dal monitoraggio ISPRA/SNPA si riferiscono a nuovi impianti individuati tramite dati satellitari e/o servizi immagini ad alta risoluzione e non danno informazioni relative alla loro entrata in esercizio.

⁸³ La stima dei MW installati è stata fatta considerando un parametro del GSE che pone a 1,8 ettari la superficie lorda occupata da ogni

MW installato a terra (GSE, Rapporto Statistico 2022, Solare Fotovoltaico).

⁸⁴ Nel prossimo futuro è previsto un aggiornamento della metodologia di monitoraggio del consumo di suolo, con un aumento della risoluzione spaziale.

Lazio	56,3
Abruzzo	11,6
Molise	0,0
Campania	0,0
Puglia	0,0
Basilicata	17,5
Calabria	0,0
Sicilia	59,4
Sardegna	91,3
Italia	243,4

Complessivamente, a livello nazionale, risultano occupati da impianti fotovoltaici circa 17.830 ettari, equivalenti a più di 9.900 MW di potenza. I dati differiscono di circa il 13% da quelli pubblicati nel rapporto statistico del GSE⁸⁵ che riporta una superficie di 15.700 ettari e una potenza totale pari a circa 8.520 MW. Le differenze tra questi due valori possono essere attribuite alla differente risoluzione dei dati, quelli del rapporto del GSE sono valori derivanti dalla documentazione di ogni singolo impianto⁸⁶ mentre i dati SNPA derivano da fotointerpretazione di immagini telerilevate, con una risoluzione di 10 metri e possono includere anche le aree di pertinenza degli impianti.

La distribuzione dei pannelli fotovoltaici installati a terra a livello regionale, ricavabile dai dati SNPA, mostra una situazione abbastanza eterogenea. La regione con più superficie occupata da impianti è la Puglia, con 6.116 ettari (circa il 34% di tutti gli impianti nazionali), seguita dall'Emilia-Romagna (1.826 ha) e dal Lazio (1.544 ha). Le regioni su cui risulta installato il numero più basso di impianti a terra sono il Trentino-Alto Adige (16 ha), la Valle d'Aosta (1,2 ha) e la Liguria (0,2 ha). Anche in questo caso i dati possono considerarsi in linea con quelli del GSE pur mostrando delle differenze in alcuni valori (Tabella 89).

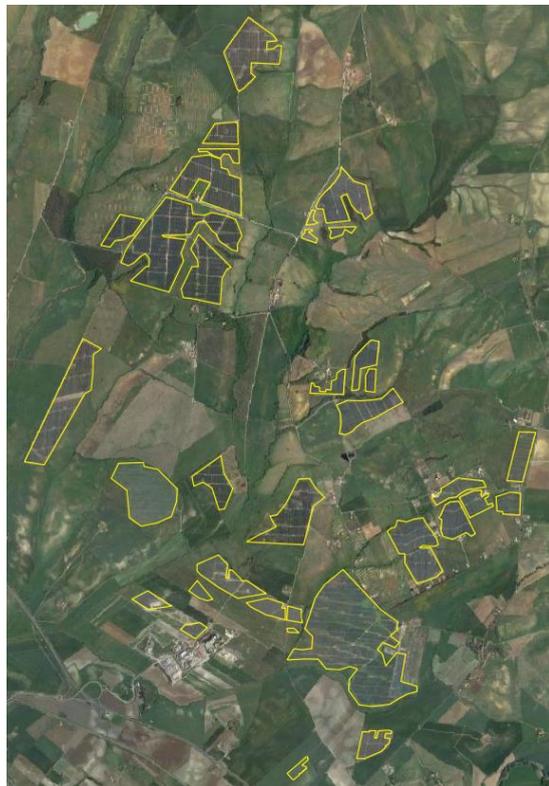


Figura 127. Esempio di impianti fotovoltaici installati su suolo utile (circa 405 ettari), comune di Montalto di Castro (Viterbo)

⁸⁵ Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2022, Gestore dei Servizi Energetici S.p.A.

⁸⁶ I dati di superficie lorda riportati sul rapporto statistico fotovoltaico 2022 derivano dall'elaborazione di informazioni provenienti dagli archivi amministrativi GSE relativi ai meccanismi di incentivazione e da

rivelazioni puntuali ad hoc, nonché di stime parametriche laddove il dato non fosse disponibile.



Figura 128. Esempio di impianto fotovoltaico a bassa densità (circa 110 ettari; codice 205), comune di Mazara del Vallo (Trapani). Le informazioni fornite dalla ditta installatrice riportano un'altezza dei moduli inseguitori da terra, in posizione orizzontale degli stessi, di circa 2,6 metri e una distanza tra le file (considerando il piede delle strutture di supporto) di circa 12 metri. Questa distanza si riduce a circa 9,6 metri considerando l'ingombro dei moduli completamente inclinati e a 7,4 metri con i moduli orizzontali

Tabella 89. Distribuzione del suolo consumato 2022 dovuto a impianti fotovoltaici a terra (classe 125). Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2022 del GSE

Regione	Suolo consumato 2022 SNPA (ha)	Suolo consumato 2022 GSE (ha)
Piemonte	1.192	1.060
Valle d'Aosta	1	3
Lombardia	318	481
Trentino-A. Adige	16	12
Veneto	796	728
Friuli-V. Giulia	242	231
Liguria	0	3
Emilia-Romagna	1.826	1.332
Toscana	447	462

Umbria	133	323
Marche	1.061	966
Lazio	1.544	1.572
Abruzzo	633	695
Molise	185	202
Campania	413	385
Puglia	6.116	4.312
Basilicata	523	531
Calabria	270	227
Sicilia	1.297	1.553
Sardegna	816	622
Italia	17.830	15.700

Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), nel suo aggiornamento di giugno 2023, prevede che al 2030 siano installati 131 GW di impianti a fonti rinnovabili (di cui circa 80 GW fotovoltaici e circa 28 GW eolici), con un incremento di capacità di circa 74 GW rispetto al 2021. Di questo incremento, 57 GW è previsto che siano prodotti tramite il fotovoltaico e 17 tramite l'eolico.

In un'ottica del raggiungimento della "neutralità climatica" al 2050⁸⁷ e dell'obiettivo intermedio della riduzione del 55% delle emissioni di gas serra al 2030 rispetto ai livelli del 1990 (pacchetto "Fit-for-55"), alla luce anche dell'attuale situazione internazionale, sono state imposte delle accelerazioni alle misure di mitigazione delle emissioni. Per accelerare la fine della dipendenza dai combustibili fossili russi, l'Unione Europea ha messo in atto il piano "REPowerEU", un'iniziativa che prevede di incrementare in modo più rapido gli obiettivi del pacchetto Fit-for-55 spingendo su eolico e fotovoltaico, anche attraverso la semplificazione delle procedure di progettazione e autorizzative.

Secondo quanto cita lo stesso PTE, per far fronte alle esigenze della domanda di produzione elettrica al 2050, "il compito principale sarà affidato alla tecnologia del solare fotovoltaico". In questo contesto si sottolinea positivamente l'intenzione dello stesso legislatore di "individuare le aree e le superfici idonee [...] coerentemente con le esigenze di tutela del suolo, delle aree agricole e forestali e del patrimonio culturale e paesaggistico, in conformità ai principi di minimizzazione degli impatti

⁸⁷ Piano per la Transizione Ecologica, Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022, n. 138

sull'ambiente, sul territorio e sul paesaggio". Lo stesso Piano individua come soluzione migliore lo "sfruttamento prioritario delle superfici di strutture edificate (tetti e in particolare quelli degli edifici pubblici, capannoni industriali e parcheggi), aree e siti oggetto di bonifica, cave e miniere cessate". Anche l'ultimo aggiornamento del PNIEC conferma che "si seguirà un simile approccio, ispirato alla riduzione del consumo di territorio, per indirizzare la diffusione della significativa capacità incrementale di fotovoltaico prevista per il 2030, promuovendone l'installazione innanzitutto su edificato, tettoie, parcheggi, aree di servizio, etc.". Per quanto riguarda i grandi impianti fotovoltaici il cui posizionamento è previsto a terra, il PNIEC indica come prioritario l'utilizzo di "zone improduttive, non destinate ad altri usi, quali le superfici non utilizzabili a uso agricolo." L'utilizzo, da parte del legislatore, del termine "utilizzabili" dovrebbe presupporre l'esclusione dalle superfici idonee all'installazione di impianti fotovoltaici a terra di tutte le aree agricole non coltivate ma che conservano le potenzialità per una futura coltivazione.

Anche a livello internazionale si cerca di coniugare la transizione energetica e la necessità di produrre energia da fonti rinnovabili con la tutela del suolo e dei servizi ecosistemici. Il Senato francese⁸⁸, ad esempio, pone, all'interno del piano di accelerazione della produzione di energia rinnovabile, fra gli obiettivi, la limitazione dei danni alla biodiversità e al suolo; propone di rafforzare gli obblighi di sfruttamento dell'energia solare sugli edifici non residenziali, nuovi ed esistenti; propone, inoltre, l'installazione di moduli fotovoltaici innovativi sulle linee ferroviarie e di mettere a disposizione le superfici demaniali già artificializzate. In Germania, il ministero dell'economia e della protezione del clima, nel documento per la strategia sul fotovoltaico⁸⁹, propone: parchi solari per la biodiversità che creano nuovi habitat, l'utilizzo del 100% della superficie dei tetti, l'utilizzo (fino a 500 metri) delle banchine lungo le autostrade e le linee ferroviarie su cui è possibile installare impianti fotovoltaici. Idea comune ad entrambi i Paesi, inoltre, è quella di incentivare l'agrivoltaico. Quest'ultima tipologia di impianti fotovoltaici viene prevista anche nel nostro Paese all'interno del

PNIEC e inclusa in misure incentivanti contenute nel PNRR, in modo particolare in riferimento agli impianti agrivoltaici avanzati⁹⁰. La possibilità di far convivere sullo stesso suolo un doppio uso produttivo, agricolo ed energetico, attraverso l'installazione di impianti agrivoltaici sostenibili (Figura 130), viene spesso ritenuta una strada per coniugare la tutela del suolo e la spinta sulle rinnovabili, preservando entrambe le funzioni produttive di energia e cibo (Toledo e Scognamiglio, 2021).



Figura 129. Esempio di pensiline fotovoltaiche a copertura di parcheggi auto (circa 1,3 ettari), comune di Torrazza Piemonte (Torino)

⁸⁸ Commission de l'Amenagement du Territoire et du Developpement Durable, Sénat, projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables. 07/02/2023.

⁸⁹ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Photovoltaik-Strategie, 05.05.2023.

⁹⁰ Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, MASE



Figura 130. Impianto agrivoltaico elevato ad inseguimento su doppio asse. Comune di Monticelli d'Ongina (circa 17 ettari; Piacenza). In basso una vista da Google Street View da cui si nota l'altezza di installazione e la presenza di coltivazioni cerealicole

Sfruttando la classe 111, rappresentata da edifici e fabbricati della carta del suolo consumato 2022, è stata fatta

⁹¹ La fascia centrale individua quella porzione di territorio comunale che coincide con il centro urbano del comune, inteso come aggregato edilizio perimetrabile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio (Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare, Istruzioni tecniche per la formazione della Banca Dati Quotazioni OMI, Agenzia delle Entrate 2018).

una stima della superficie potenzialmente disponibile per l'installazione di impianti fotovoltaici sui tetti e relative ipotesi sulla potenza fotovoltaica installabile (Figura 131, Figura 133). Diversi fattori possono incidere sulla superficie effettivamente disponibile all'installazione di nuovi impianti, tra i principali ci sono i comignoli, gli impianti di condizionamento, l'ombreggiamento da elementi costruttivi o edifici vicini, etc. È stato stimato, coerentemente con le valutazioni del Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea, che la percentuale dei tetti adatti a ospitare impianti può variare, a livello europeo, tra il 49 e il 64% (Bòdis *et al.*, 2019). Un'ulteriore riduzione del 60% di superficie da non considerare è dovuta alla distanza necessaria tra i pannelli per permetterne la manutenzione (*ibidem*). Dall'analisi sono stati anche esclusi i centri storici dei principali comuni e tutti i centri urbani minori, in cui l'installazione dei pannelli può essere inopportuna o soggetta a vincoli di natura storico-paesaggistica. Per fare questo sono stati utilizzati i dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare e Servizi Estimativi dell'Agenzia delle Entrate, che identificano le zone centrali dei comuni⁹¹. La superficie totale degli edifici ricavabile dalla carta del suolo consumato 2022, al netto di quelli ricadenti nelle zone centrali, ammonta a 3.862 km². A questo valore, per ricavare l'area netta disponibile, sono stati applicati sia il fattore massimo (49%) che il fattore minimo di riduzione (64%) e successivamente è stato sottratto l'ulteriore 60% dell'area.

I risultati mostrano che la superficie netta disponibile può variare da 757 a 989 km². Ipotizzando tetti piani e la necessità di disporre di 10,3 m² per ogni kW installato⁹², si stima una potenza variabile dai 73 ai 96 GW che sarebbe possibile installare su fabbricati esistenti. A questa potenza si potrebbe aggiungere quella installabile in aree di parcheggio, in corrispondenza di alcune infrastrutture, in aree dismesse o in altre aree impermeabilizzate, senza aumentare il consumo di suolo. Ipotizzando che sul 4% dei tetti⁹³ sia già installato un impianto, si può concludere che, sfruttando gli edifici disponibili, ci sarebbe posto per

⁹² Parametro ricavato dal simulatore GSE per i tetti in piano (www.aumentoconsumo.gse.it).

⁹³ Valore derivante dall'ipotesi che tutta la potenza installata non a terra sia sui tetti.

una potenza fotovoltaica compresa fra 70 e 92 GW, un quantitativo sufficiente a coprire l'aumento di energia rinnovabile complessiva previsto dal PNIEC al 2030. In generale, data la vasta disponibilità di superfici a minore impatto ambientale, si potrebbe formulare un mix di localizzazioni che non solo risponde alle esigenze energetiche, ma minimizza anche il consumo di suolo.

Il piano "REPowerEU" contiene al suo interno diverse iniziative volte a superare le sfide connesse alla transizione ecologica, una di queste è "l'Iniziativa per i tetti solari". Questa iniziativa "mira a sbloccare il grande potenziale sottoutilizzato di produzione di energia solare sui tetti al fine di rendere la nostra energia più pulita, sicura e accessibile dal punto di vista economico", segnalando anche alcuni dei punti di forza di questo tipo di impianto che, avvalendosi di strutture esistenti e non entrando in conflitto con altri beni comuni, come il suolo, sono di rapida realizzazione e possono tenere i consumatori (prosumatori) a riparo dai rincari dell'energia.

Se da un lato i nuovi piani, sia nazionali che europei, sembrano voler indirizzare l'installazione dei nuovi impianti per le energie rinnovabili verso pratiche più sostenibili e meno impattanti, dall'altro lo stesso legislatore sta decretando la semplificazione dei procedimenti di autorizzazione aumentando anche il rischio, secondo alcuni pareri, di perdita di suolo agricolo⁹⁴.

Volendo fare una previsione di quanto suolo verrebbe consumato a causa dei nuovi impianti fotovoltaici, le superfici coinvolte dipendono dalla quota della nuova energia da produrre che verrà realmente affidata al solare fotovoltaico e dal rapporto tra impianti che saranno realizzati a terra e impianti che saranno realizzati su coperture. Al 2022, come risultato della storia della diffusione di questa tecnologia nel nostro Paese, la ripartizione risulta pari al 34% circa a terra e al 66% non a terra. Ipotizzando di fissare l'attenzione su tutti i 55 GW incrementali previsti (più di 2 GW, dei 57 previsti, sono già stati installati nel corso del 2022), una ripartizione analoga ad oggi tra terra e non a terra e utilizzando come coefficienti medi di occupazione valori non molto dissimili da quelli attuali, si potrebbe calcolare, in via teorica, una superficie di circa 340 km² di nuovo suolo consumato (per circa 19 GW). Si

tratta, tuttavia, di un calcolo teorico soggetto a enorme variabilità al variare degli scenari. Nell'ipotesi estrema in cui tutta la nuova potenza prevista venisse installata a terra, per esempio, si potrebbero consumare fino a 990 km² di suolo. La progressione nel miglioramento dell'efficienza dei pannelli fotovoltaici, inoltre, potrebbe avere implicazioni dirette sulla superficie necessaria per generare un determinato quantitativo di energia, facendo prevedere una revisione al ribasso delle stime (Becchetti *et al.*, 2022).



Figura 131. Esempi di tetti fotovoltaici (circa 1,2 ettari), comune di Altavilla Milicia (Palermo)

⁹⁴ Paolo Pileri, Questa corsa alla pannellizzazione fotovoltaica non fa il bene dei suoli agricoli, *Altreconomia*, 20/06/2022



Figura 132. Esempi di tetti fotovoltaici (circa 5 ettari), comune di Tivoli (Roma). Impianto da oltre 4,2 MW

LO SVILUPPO DEI POLI LOGISTICI

Logistica e grande distribuzione organizzata figurano tra le principali cause di incremento della superficie consumata a scala nazionale degli ultimi anni in Italia. Per mezzo della fotointerpretazione di dettaglio delle immagini satellitari e delle ortofoto aeree, utilizzate per la produzione della carta nazionale del consumo di suolo, è stato possibile ottenere un aggiornamento delle superfici consumate per lo sviluppo dei poli logistici. Le trasformazioni sono riconducibili all'espansione o all'adeguamento dei fabbricati, dei piazzali e delle strade di accesso ai grandi poli.

Le analisi svolte hanno riguardato i dati riferiti agli intervalli temporali della serie storica presenti dal 2006 fino al 2022. In Tabella 90 sono riportati, divisi per regione e ripartiti per area geografica, i dati relativi al consumo di suolo dovuto alla realizzazione di centri logistici. In termini assoluti il primato è del Nord-Est con 1.671 ettari, corrispondenti al 5,8% del totale del consumo di suolo per il periodo 2006-2012 nella stessa ripartizione. Seguono il Nord-Ovest con 1.540 ettari (6,1%) e il Centro (940 ettari; 4,7%). Restano marginali, seppur importanti in termini di ettari, i contributi di Sud e Isole.

A livello regionale il fenomeno si concentra nelle regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna e Veneto, soprattutto nel corso dell'ultimo anno di osservazione. Tra queste, il primato per il maggior consumo di suolo dovuto ad attività di logistica continua ad appartenere all'Emilia-Romagna, dove il 7,7% del consumo di suolo avvenuto tra il 2006 e il 2022 è legato alla realizzazione di poli logistici. Anche il picco maggiore di consumo appartiene all'Emilia-Romagna, che tra il 2021 e il 2022 raggiunge un valore di 126 ettari.

Osservando l'andamento temporale dei risultati si riscontra una tendenza in aumento a livello nazionale, indipendente da variabili geografiche. Sempre a scala nazionale, il periodo con il valore più elevato di consumo di suolo legato ad attività di logistica risulta essere l'ultimo analizzato (506 ettari).

In Figura 134 è possibile osservare la ripartizione tipologica che ha riguardato ad oggi il consumo di suolo dovuto alla logistica: grande distribuzione/commerciale (in cui sono stati inseriti tutti i nuovi centri per la distribuzione di generi alimentari e agroalimentari, centri commerciali, outlet, etc.), produttivo/industriale (considerando le

nuove strutture destinate sia ad attività produttive industriali che ad attività logistiche per la gestione e il trasporto delle merci) e l'e-commerce.

Per quanto riguarda l'analisi della distribuzione spaziale del consumo di suolo legato alle attività di logistica, sono stati analizzati: 1) la distribuzione del suolo consumato relativo alla distanza dai principali centri urbani; 2) la distribuzione relativa alle principali classi di urbanizzazione; 3) il consumo di suolo dovuto ai centri logistici in prossimità dei principali assi viari; 4) il consumo di suolo dovuto alla logistica nei comuni divisi per intervalli di popolazione.

Per l'analisi della distanza media dei centri logistici dai principali centri urbani del paese, sono state considerate le Città Metropolitane e, rispetto a queste, è stata valutata la distribuzione dei centri logistici in una distanza da 0 a 50 chilometri. Da queste elaborazioni, rappresentate graficamente in Figura 135, emerge che la parte più consistente del suolo consumato (2006-2022) si concentra entro i primi 20 chilometri di distanza dalle Città Metropolitane sebbene quote significative, ma quantitativamente inferiori, si trovino anche a distanze maggiori (entro i 50 km).

Tabella 90. Consumo di suolo legato ad attività di logistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo da logistica										% sul totale 2006 - 2022
	2006 - 2012 (ha)	2012 - 2015 (ha)	2015 - 2016 (ha)	2016 - 2017 (ha)	2017 - 2018 (ha)	2018 - 2019 (ha)	2019 - 2020 (ha)	2020 - 2021 (ha)	2021 - 2022 (ha)	2006 - 2022 (ha)	
Piemonte	171	43	11	63	29	12	84	43	60	514	5,4
V. d'Aosta	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	0,3
Lombardia	460	92	48	45	71	57	106	52	81	1.012	6,9
Liguria	6	0	0	0	2	1	2	-	-	12	1,5
Nord-Ovest	637	135	59	109	102	70	191	94	141	1.539	6,1
Friuli-V. Giulia	10	3	0	18	2	0	1	-	-	35	1,2
Trentino-A. Adige	3	2	-	4	0	2	2	1	6	21	1,1
Emilia-Romagna	290	48	39	37	98	91	50	63	126	843	7,7
Veneto	244	48	25	73	108	73	47	37	116	772	5,9
Nord-Est	547	102	64	132	208	167	101	102	248	1.671	5,8
Umbria	20	24	-	3	6	6	2	5	4	69	2,7
Marche	38	5	2	1	9	8	6	4	5	77	2,0
Toscana	99	31	14	4	9	21	9	7	7	201	4,5
Lazio	257	82	18	18	79	36	39	43	20	592	6,5
Centro	414	143	34	25	103	71	55	59	36	940	4,7
Basilicata	14	5	0	1	2	2	4	0	0	29	1,2
Molise	1	0	-	-	8	1	1	1	1	12	1,5
Abruzzo	27	7	-	5	3	3	3	6	9	63	1,9
Calabria	31	4	1	0	2	1	2	0	18	59	1,3
Puglia	143	18	1	7	9	7	12	14	12	224	1,6
Campania	113	20	12	12	35	31	15	31	26	296	3,9
Sud	330	54	14	26	59	45	37	53	66	683	2,1
Sardegna	11	1	2	1	2	0	1	8	3	30	0,7
Sicilia	114	29	3	3	25	26	20	10	11	241	2,3
Isole	125	30	5	4	28	26	21	18	14	270	1,9
Italia	2.052	464	176	295	500	379	406	326	506	5.104	4,2

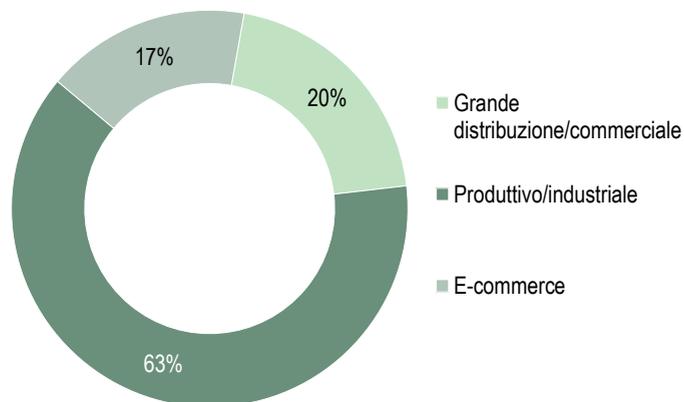


Figura 134. Ripartizione delle tipologie di cambiamenti dovuti alla logistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

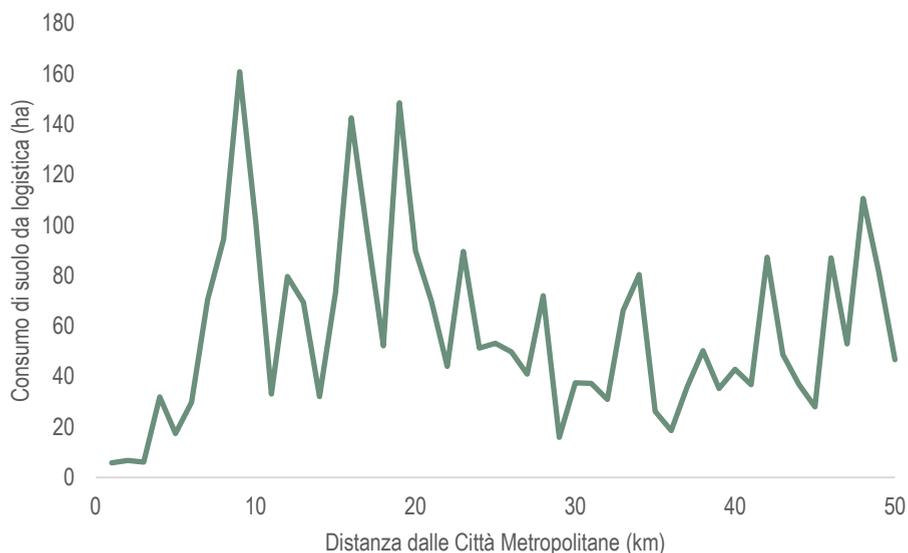


Figura 135. Distanza media dei nuovi centri logistici (2006-2022) dalle principali Città Metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

La Tabella 91 mostra la distribuzione della densità di suolo consumato da logistica nei diversi intervalli temporali rispetto a quattro classi. Di queste le prime tre rappresentano aree urbane ad alta densità, aree urbane a media densità e zone rurali. La quarta classe definisce

aree in cui, pur essendoci una bassa densità di popolazione, la densità di suolo consumato è alta. È questa ultima classe quella in cui, almeno inizialmente e fino al 2020, si concentra la maggior parte dell'impatto della logistica in termini di suolo consumato. È solo negli ultimi anni e soprattutto nell'intervallo 2021-2022 che anche le

zone rurali sono interessate da questo fenomeno. Questa evidenza è ancora più visibile in Figura 136. Infatti, la curva relativa alle zone rurali supera quella relativa alle zone di classe 4 per la prima volta nel 2021-2022.

Per la distribuzione dei centri logistici rispetto ai principali assi viari del paese, sono state considerate quattro fasce di distanza, come riportato in Figura 137. Da quest'ultima emerge che, per tutti gli intervalli temporali considerati, il consumo di suolo da centri logistici si concentra in una distanza compresa tra 1 e 5 chilometri dalle principali infrastrutture viarie, contributo che si riduce fino a divenire

marginale oltre i 10 chilometri. In ultima analisi, per il livello comunale, le sei diverse fasce di popolazione di Figura 138 in relazione al consumo di suolo avvenuto tra il 2006 e il 2022, evidenziano come i comuni più coinvolti, in termini di superfici, siano i centri con popolazione compresa tra i 20.000 e i 50.000 abitanti seguiti a breve distanza dai centri con abitanti compresi tra 50.000 e 100.000 e da quelli con abitanti tra 10.000 e 20.000. In queste tre fasce demografiche è infatti compreso quasi il 70% del consumo di suolo legato ad attività di logistica.

Tabella 91. Densità di suolo consumato da logistica rispetto alle classi di urbanizzazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di urbanizzazione	Densità di suolo consumato da logistica (m ² /ha)									Suolo Consumato (%)
	2006 2012	2012 2015	2015 2016	2016 2017	2017 2018	2018 2019	2019 2020	2020 2021	2021 2022	
Classe 1 - aree urbane ad alta densità	0,54	0,16	0,11	0,06	0,13	0,08	0,11	0,11	0,07	0,0
Classe 2 - aree urbane a media densità	0,15	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,0
Classe 3 - zone rurali	32,54	8,26	3,38	4,94	5,89	7,03	6,94	5,63	18,95	0,9
Classe 4 - zone ad alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione	62,37	11,95	3,77	9,59	19,44	11,85	13,62	9,34	6,22	1,5

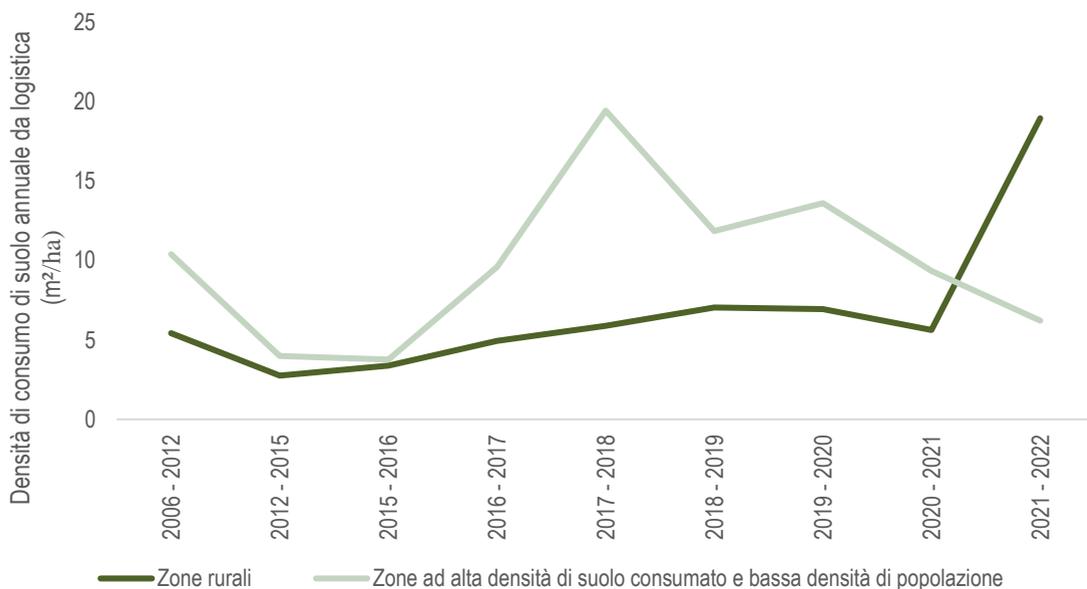


Figura 136. Densità del consumo di suolo annuale da logistica nelle classi di urbanizzazione 3 e 4. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

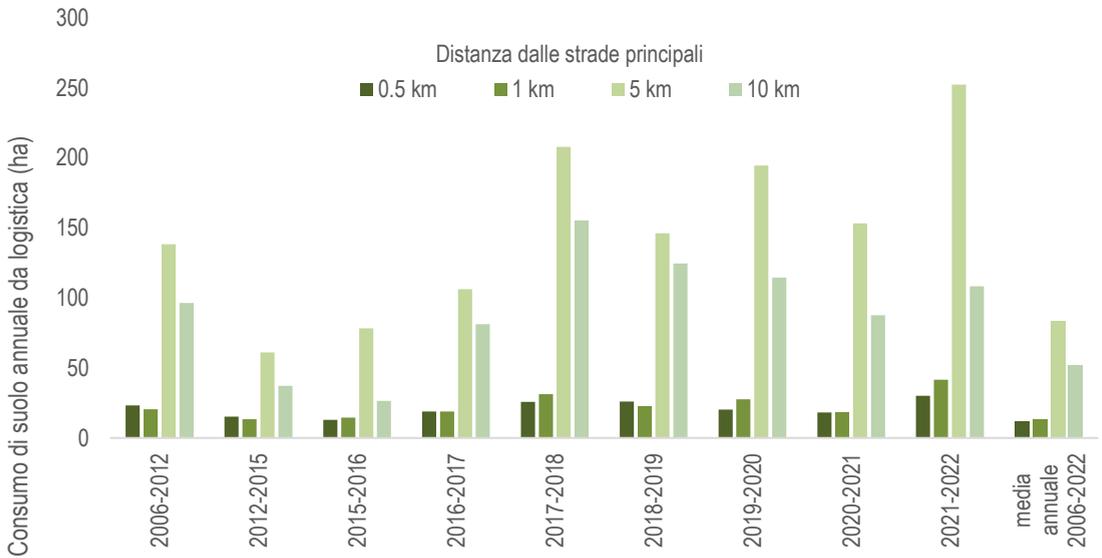


Figura 137. Distanza dalle principali strade del consumo di suolo annuale dovuto ad attività di logistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

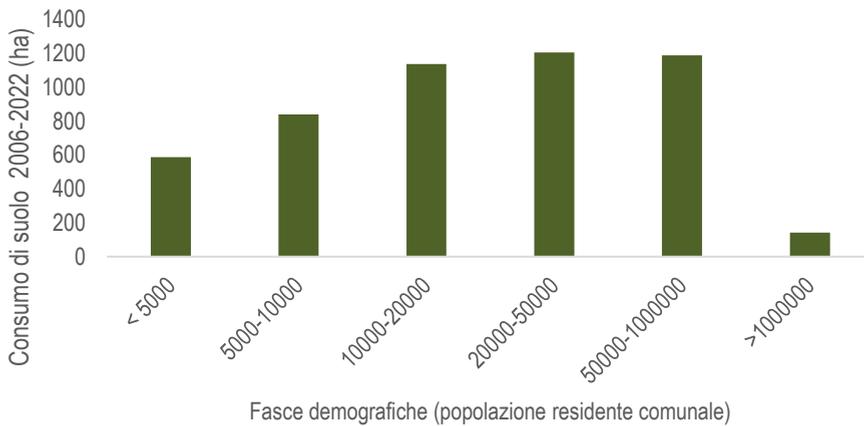


Figura 138. Ripartizione del consumo di suolo (2006-2022) da logistica nei comuni suddivisi per fasce demografiche. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I dati di quest'anno evidenziano comunque un ulteriore incremento delle superfici destinate alla logistica, con nuove importanti realizzazioni (ad esempio, Figura 139 e Figura 140).



Figura 139. Nuovo polo logistico presso Vidigulfo (Pavia) per un consumo di suolo di circa 11 ettari dovuti al cantiere, codice 122 (immagini 2021 e 2022)



Figura 140. Ampliamento del polo logistico presso San Pietro Mosezzo (Novara), consumo di suolo di circa 12 ettari (immagini 2020, 2021 e 2022)

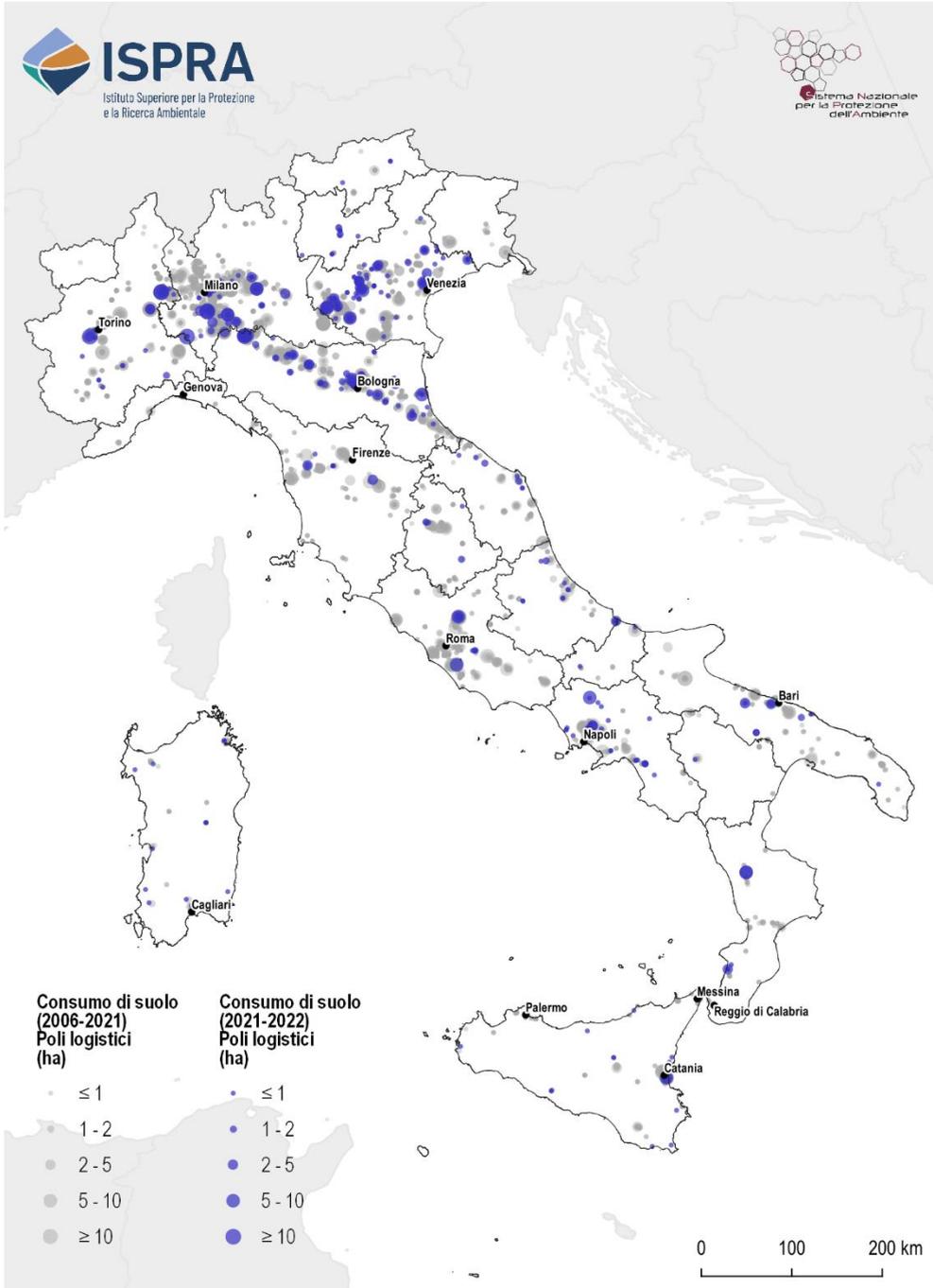


Figura 141. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo per nuovi insediamenti per la logistica tra il 2006 e il 2022.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO

DISTRIBUZIONE DEI CAMBIAMENTI

La conformazione territoriale del nostro Paese, considerate le sue peculiarità geologiche, morfologiche e idrografiche, così come la sua biodiversità, la capacità di supportare una produzione agricola di qualità, il paesaggio e gli aspetti storici, sociali e culturali, rendono la tutela del suolo una chiave fondamentale per la sostenibilità del nostro territorio. Ciononostante, il consumo di suolo⁹⁵ negli ultimi anni è intervenuto anche nelle fasce di pericolosità per frane e alluvioni, in zone a rischio sismico di varia natura, così come in altre aree vincolate, nelle aree protette, lungo la costa e le sponde dei corpi idrici, nelle pianure e nelle valli dove il suolo è più fertile o in corrispondenza di aree agricole e di preziosi ambienti naturali.

L'evoluzione recente del nostro territorio a causa delle nuove coperture artificiali è stata analizzata nel dettaglio dei diversi usi e coperture del suolo oltre che nelle diverse conformazioni di altitudine, pendenza e distanza dalla costa. Comprendere la distribuzione delle trasformazioni del suolo consumato e la loro variazione nel tempo è uno sforzo che si rende necessario per fornire una caratterizzazione efficace del fenomeno, in grado di essere, al contempo, base conoscitiva, supporto e riscontro analitico per le politiche sul territorio e per la tutela delle aree più fragili del nostro Paese.

Da una prima lettura dei dati in Tabella 92, che saranno discussi nel dettaglio nei paragrafi seguenti, si conferma

la tendenza a consumare sui suoli maggiormente accessibili (fascia costiera, pianure e fondi valle) e nelle aree a vocazione agricola in prossimità della frangia insediata dei grandi poli urbani. Si accentua anche la tendenza alla saturazione delle aree naturali in ambiente urbano, preziose per assicurare la qualità della vita e una maggiore capacità di adattamento ai cambiamenti climatici in corso.

L'analisi considera parametri socioeconomici per evidenziare la connessione del fenomeno con le caratteristiche delle aree urbane e territoriali. La cementificazione prosegue nel nostro Paese, come già illustrato nelle precedenti edizioni e come conferma il rapporto di quest'anno, ed è ancora slegata da esigenze abitative e necessità di rigenerazione sia urbanistica che sociale.

Al contrario, si consuma molto suolo anche dove la popolazione ristagna, in un contesto nazionale di recessione demografica e nei comuni di cintura metropolitana e nelle zone intermedie, divenute ormai vere e proprie terre di mezzo raggiunte a fatica dai servizi e con i problemi di inclusione sociale e identità già noti.

La correlazione con i valori immobiliari, con lo scopo di osservare i pattern di concentrazione delle trasformazioni del suolo nelle aree già densamente urbanizzate, rende evidente come il valore immobiliare e la rendita rappresentino ancora un significativo driver in quelle aree libere delle nostre città che, peraltro, rappresentano una risorsa preziosa per la sostenibilità ambientale e sociale.

⁹⁵ Quando non diversamente specificato, nelle pagine successive, i dati del consumo di suolo si riferiscono al consumo di suolo annuale

netto, ovvero la differenza tra il nuovo consumo di suolo e le aree che sono state ripristinate nello stesso periodo.

Tabella 92. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto⁹⁶ (2021-2022) nei diversi ambiti analizzati. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA e altre fonti

Distribuzione territoriale del consumo di suolo		Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)	Densità di consumo di suolo al netto delle aree già consumate (m ² /ha)
Aree EUAP (Elenco Ufficiale Aree Protette)	all'interno	58.381	1,9	104	0,3	0,3
	all'esterno	2.093.056	7,8	6.971	2,6	2,8
Aree vincolate per la tutela paesaggistica	all'interno	560.447	5,4	1.501	1,4	1,5
	all'esterno	1.590.990	8,0	5.575	2,8	3,1
Valore ecologico*	molto alto	17.209	1,0	54	0,3	0,3
	alto	77.822	1,6	334	0,7	0,7
	medio	85.840	2,2	348	0,9	0,9
	basso	350.910	5,2	2.065	3,1	3,2
	molto basso	194.361	5,3	1.358	3,7	3,9
	non valutato	847.298	61,3	1.184	8,6	22,1
Fragilità ambientale*	molto alta	2.335	5,2	29	6,3	6,7
	alta	24.130	3,7	115	1,8	1,8
	media	65.803	3,0	450	2,0	2,1
	bassa	245.297	3,2	1.355	1,8	1,8
	molto bassa	388.577	3,7	2.211	2,1	2,2
	non valutata	847.298	61,3	1.184	8,6	22,1
Aree a pericolosità idraulica	Elevata	103.222	6,4	334	2,1	2,2
	Media	280.704	9,3	918	3,0	3,3
	Bassa	471.494	11,1	1.458	3,4	3,9
	altro	1.679.943	6,5	5.617	2,2	2,3
Aree a pericolosità da frana	P4	22.427	2,4	46	0,5	0,5
	P3	42.707	2,5	80	0,5	0,5
	P2	68.714	4,7	153	1,1	1,1
	P1	72.126	5,7	162	1,3	1,4
	AA	29.413	4,2	89	1,3	1,3
	altro	1.916.051	7,9	6.547	2,7	2,9
Aree a pericolosità sismica	molto alta	85.381	4,6	220	1,2	1,2
	alta	735.555	7,0	2.293	2,2	2,4
	altro	1.330.502	7,5	4.563	2,6	2,8
Aree percorse dal fuoco*	all'interno	3.979	1,14	17	0,5	0,5
	all'esterno	1.787.579	8,01	6.149	2,8	3,0
	all'interno	22.832	13,4	184	10,8	12,4

⁹⁶ Le classi in tabella contrassegnate da un asterisco si riferiscono solo a una parte del territorio nazionale (cfr. i paragrafi successivi per maggiori dettagli).

Siti contaminati di interesse nazionale	all'esterno	2.128.605	7,1	6.892	2,3	2,5
Corpi idrici	0-150 m	232.703	8	817	2,8	3,1
	> 150 m	1.918.734	7	6.258	2,3	2,5
Fascia costiera	0-300 m	63.250	22,5	86	3,1	3,9
	300-1.000 m	87.989	19	240	5,2	6,4
	1.000-10.000 m	370.626	8,7	1.446	3,4	3,7
	>10.000 m	1.629.572	6,5	5.305	2,1	2,3
Classi altimetriche	Pianura	1.596.588	11,4	5.808	4,1	4,7
	Collina	360.829	5,4	800	1,2	1,3
	Montagna	194.020	2,1	468	0,5	0,5
Classi di pendenza	0-10 %	1.554.331	13,2	5.779	4,9	5,7
	>10 %	597.106	3,2	1.296	0,7	0,7
Copertura del suolo	Superfici consolidate	-	-	5	0,11	-
	Superfici non consolidate	-	-	8	0,26	-
	Latifoglie	-	-	861	0,88	-
	Conifere	-	-	70	0,37	-
	Arbusteti	-	-	204	1,01	-
	Erb. periodico (agricolo)	-	-	3.351	3,72	-
	Erb. permanente (prati stabili)	-	-	2.553	4,13	-
	Corpi idrici permanenti	-	-	18	0,39	-
	Ghiacci e nevi perenni	-	-	0	0,00	-
	Zone umide	-	-	6	1,14	-
Uso del suolo	Seminativi	-	-	2.979	3,71	-
	Foraggere	-	-	466	5,05	-
	Colture permanenti	-	-	509	2,19	-
	Aree agroforestali	-	-	20	1,19	-
	Altre aree agricole	-	-	501	2,36	-
	Foreste e arboricoltura da legno	-	-	336	0,36	-
	Cave e miniere	-	-	50	23,23	-
	Urbano e aree assimilate	-	-	1.696	7,24	-
	Usi d'acqua	-	-	18	0,39	-
	Zone umide	-	-	6	1,14	-
Altri usi non economici	-	-	495	1,13	-	
Tipologie di comuni - perifericità	A - Polo	414.254	17,0	1314	5,4	6,5
	B - Polo intercomunale	44.578	12,0	162	4,4	5,0
	C - Cintura	942.846	9,8	3.288	3,4	3,8

	D - Intermedio	421.180	5,6	1.369	1,8	1,9
	E - Periferico	277.861	3,5	807	1,0	1,1
	F - Ultraperiferico	50.718	2,3	135	0,6	0,6
Densità demografica	0 (ab/km ²)	145.685	1,3	846	0,7	0,8
	0 - 1 (ab/km ²)	34.765	2,3	165	1,1	1,1
	1 - 20 (ab/km ²)	230.240	3,7	1.202	1,9	2,0
	20 - 100 (ab/km ²)	362.266	7,1	1.487	2,9	3,1
	100 - 150 (ab/km ²)	106.887	10,4	424	4,1	4,6
	150 - 200 (ab/km ²)	78.704	11,9	259	3,9	4,4
	200 - 500 (ab/km ²)	280.050	15,7	805	4,5	5,4
	500 - 1.000 (ab/km ²)	238.938	24,4	650	6,6	8,8
	1.000 - 5.000 (ab/km ²)	523.475	46,0	1.122	9,9	18,2
	5.000 - 10.000 (ab/km ²)	110.502	75,1	104	7,0	28,3
	> 10.000 (ab/km ²)	39.925	86,0	11	2,3	16,3
	Caratteri demografici - indice di dipendenza	0	278.091	2,5	388	1,2
0-25		70.525	6,0	2.681	3,3	3,5
25-50		770.449	10,3	2.001	3,6	4,0
50-75		821.995	11,4	326	2,8	3,1
75-100		121.813	8,6	244	2,3	2,5
100-125		64.137	5,3	27	2,0	2,1
125-150		10.357	4,9	42	1,3	1,3
>150		14.030	4,7	388	1,4	1,5
Aree urbane e tipologia di tessuto urbano	Centri urbani ad alta densità	421.798	75,7	436	7,8	32,1
	Aree urbane a media densità	635.133	29,0	1.798	8,2	11,5
	Zone rurali	979.039	3,6	4.550	1,7	1,7
	Alta artificializzazione e bassa popolazione	115.467	79,9	292	20,2	99,7
Densità delle coperture artificiali	Rurale	485.660	2,0	2.076	0,8	0,9
	Suburbano	1.002.248	21,6	4.058	8,8	11,2
	Urbano	663.592	75,8	941	10,8	44,6
Distanza dai centri urbani principali	< 2 km	133.366	44,2	232	7,7	15,3
	2 km -5 km	277.693	17,8	888	5,7	7,8
	5 km -10 km	510.771	10,1	1.773	3,5	4,5
	10 km - 50 km	1.207.275	3,1	4.099	1,0	1,9
Valori del mercato immobiliare	Extraurbano	949.207	3,6	4.023	1,5	1,6
	<1.000 €/m ²	364.182	31,2	983	8,4	12,2
	1.000-1.500 €/m ²	421.627	32,0	944	7,16	10,5
	1.500-2.000 €/m ²	225.115	33,2	580	8,54	12,8
	2.000-2.500 €/m ²	86.743	37,3	205	8,84	14,1
	>2.500 €/m ²	103.455	34,4	273	9,08	13,8

AREE PROTETTE

L'analisi del consumo di suolo registrato nelle aree protette presenti sul territorio nazionale è basata sull'osservazione di tre principali indicatori: l'estensione in ettari e in percentuale sul totale del suolo consumato, gli ettari di nuovo consumo di suolo e la densità del consumo (espressa in metri quadrati di cambiamenti per ettaro di superficie territoriale).

Il suolo consumato relativo alla porzione a terra delle aree protette italiane che rientrano nell'Elenco Ufficiale Aree Protette (EUAP) è valutato con riferimento ai Parchi nazionali, alle Riserve naturali (statali e regionali), ai Parchi naturali regionali e alle altre tipologie di aree naturali protette nazionali e regionali (Figura 146).

Complessivamente, all'interno delle aree EUAP, a fronte di una superficie totale di oltre tre milioni di ettari, 58.381 risultano consumati (pari all'1,9% della superficie complessiva). I valori più elevati si raggiungono in Campania (3,8%) e in Veneto, dove tale valore si attesta al 3,2%. I valori più bassi si individuano nelle aree EUAP situate in Valle D'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia e Molise, dove il suolo consumato è inferiore al mezzo punto percentuale (Tabella 93).

Tra il 2021 e il 2022, le aree protette italiane hanno registrato un incremento complessivo del consumo di suolo pari a 104,4 ettari, dei quali 21,8 sono concentrati nella regione Lazio, 18,8 in Campania e 16,3 in Puglia. Nel complesso, il consumo di suolo all'interno delle aree EUAP, pur non arrestandosi, risulta decisamente inferiore alla media nazionale. La densità di cambiamenti mostra i valori più elevati nel Lazio, con 1 metro quadrato di nuovo consumo di suolo per ogni ettaro di territorio protetto, seguito dalle Marche con 0,7 e da Puglia e Sardegna, con 0,6 metri quadrati per ettaro.

Nei Parchi Naturali Regionali si registra la maggior parte dei nuovi cambiamenti avvenuti in aree EUAP, con 44 ettari di nuovo consumo di suolo. La percentuale complessiva di suolo consumato al 2022 ivi si attesta al 2%, mentre quella massima si registra nelle Altre Aree Naturali Protette Regionali (3,1%) e quella minima nelle Riserve Naturali Nazionali e nei Parchi Nazionali (1,6%; Tabella 94).

Tra i Parchi Naturali Nazionali si distinguono quelli del Gargano (+11,8 ettari nell'ultimo anno) e del Cilento e Vallo di Diano (+9,4). Seguono poi il Parco nazionale del Golfo di Orosei e del Gennargentu (+3,4) dei Monti Sibilini (+3) e il Gran Sasso e Monti della Laga (+3,8). Il parco del Vesuvio, con la percentuale dell'8,7%, rimane il parco nazionale con la maggiore quota di suolo consumato all'interno del suo perimetro (719 ettari). Il parco dell'Arcipelago de La Maddalena (7,8%) e del Circeo (6,6%) completano il podio (Tabella 96). Per quanto riguarda la densità di consumo di suolo, il valore più alto si registra nel Parco nazionale delle Cinque Terre (2,1 metri quadrati per ogni ettaro di area protetta). Tra i parchi regionali, invece, si riconosce il maggior incremento nel Parco dell'Etna (7,5 ettari), seguito dal parco di Veio (4,1) e quello del Fiume Sile (3,9; Tabella 97).

Una seconda categoria di aree presa in esame è quella relativa ai siti della rete europea Natura 2000 finalizzata a garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC) istituiti ai sensi della Direttiva "Habitat" (92/43/CEE) che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva "Uccelli" (2009/147/CEE). Complessivamente nei siti Natura 2000 il suolo consumato al 2022 si attesta a circa 103 mila ettari, pari all'1,4% della loro estensione totale. Scendendo più nel dettaglio delle singole tipologie di aree facenti parte della rete Natura 2000 (Tabella 95), il suolo consumato si concentra soprattutto nelle aree ZSC (Zone Speciali di Conservazione) con 41.916 ettari, pari al 41% del suolo consumato totale in aree Natura 2000 e nelle aree ZPS (Zone di Protezione Speciale) con 41.263 ettari (40%). In termini di densità di cambiamenti, i valori più elevati si registrano nelle aree ZSC (Zone Speciali di Conservazione), dove per ogni ettaro di territorio sono stati consumati 0,4 metri quadrati di suolo nel periodo 2021-2022. In termini assoluti, con circa 114 ettari, le aree ZSC risultano essere, complessivamente, quelle maggiormente interessate dal fenomeno del consumo di suolo.

Tabella 93. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nelle aree protette, per regione. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato nelle aree protette (ha)	Suolo consumato nelle aree protette (%)	Consumo di suolo nelle aree protette (ha)	Densità di consumo di suolo nelle aree protette (m ² /ha)
Piemonte	1.966	1,1	2,1	0,1
Valle d'Aosta	83	0,2	0,1	0,0
Lombardia	1.864	1,4	4,5	0,3
Trentino-Alto Adige	753	0,3	2,1	0,1
Veneto	2.743	3,2	4,1	0,5
Friuli-Venezia Giulia	165	0,3	0,1	0,0
Liguria	644	2,3	1,0	0,3
Emilia-Romagna	1.831	2,0	0,7	0,1
Toscana	2.344	1,6	0,6	0,0
Umbria	1.673	2,7	0,4	0,1
Marche	2.294	2,6	6,0	0,7
Lazio	6.178	2,9	21,8	1,0
Abruzzo	3.455	1,1	2,1	0,1
Molise	22	0,3	0,0	0,0
Campania	13.387	3,8	18,8	0,5
Puglia	6.683	2,5	16,3	0,6
Basilicata	3.660	1,9	3,3	0,2
Calabria	3.327	1,3	0,2	0,0
Sicilia	4.209	1,5	14,7	0,5
Sardegna	1.103	1,2	5,6	0,6
Italia	58.381	1,9	104,4	0,3

Tabella 94. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nelle aree protette, per tipologia di aree EUAP. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Aree protette (EUAP ⁹⁷)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Altre Aree Naturali Protette Regionali	1.324	3,1	0,4	0,1
Parchi Naturali Regionali	25.602	2,0	44,0	0,3
Parchi Naturali Nazionali	24.774	1,6	39,9	0,3
Riserve Naturali Regionali	4.951	2,1	16,8	0,7
Riserve Naturali Nazionali	2.082	1,6	3,5	0,3

⁹⁷ I dati relativi alle diverse tipologie di Aree EUAP non sono sommabili, a causa delle sovrapposizioni che si verificano tra aree di diverso tipo.

Tabella 95. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nelle aree Natura 2000. Fonte: elaborazione ISPRA su dati Natura 2000 e cartografia SNPA

Aree Natura 2000	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
SIC	770	0,9	0,1	0,0
ZPS	41.263	1,5	98,8	0,3
ZSC	41.916	1,4	113,7	0,4
ZSC+ZPS	18.439	1,4	42,1	0,3
SIC+ZPS	166	2,0	0,2	0,2

Tabella 96. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nei Parchi Naturali Nazionali. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Parchi nazionali	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Parco nazionale del Gargano	2.894	2,4	11,8	1,0
Parco nazionale del Cilento e Vallo di Diano	6.331	3,6	9,4	0,5
Parco nazionale del Golfo di Orosei e del Gennargentu	458	0,6	3,4	0,5
Parco nazionale dei Monti Sibillini	1.388	2,0	3,0	0,4
Parco nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga	1.672	1,2	2,9	0,2
Parco nazionale dello Stelvio	685	0,5	2,0	0,2
Parco nazionale del Pollino	3.005	1,6	1,5	0,1
Parco nazionale dell'Alta Murgia	1.115	1,6	1,3	0,2
Parco nazionale del Vesuvio	719	8,7	1,2	1,5
Parco nazionale delle Cinque Terre	166	4,3	0,8	2,1
Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena	401	7,8	0,8	1,5
Parco nazionale dell'Appennino Lucano - Val d'Agri - Lagonegrese	1.327	1,9	0,7	0,1
Parco nazionale della Maiella	633	0,9	0,5	0,1
Parco Nazionale Isola di Pantelleria	180	2,7	0,3	0,4
Parco nazionale del Circeo	586	6,6	0,1	0,1
Parco nazionale dell'Abruzzo, Lazio e Molise	355	0,7	0,1	0,0
Parco nazionale del Gran Paradiso	126	0,2	0,1	0,0
Parco nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna	336	0,9	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano	171	0,8	0,0	0,0
Parco nazionale della Sila	752	1,0	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Aspromonte	954	1,5	0,0	0,0
Parco nazionale della Val Grande	33	0,2	0,0	0,0
Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi	45	0,1	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Arcipelago Toscano	409	2,3	0,0	0,0
Parco nazionale dell'Asinara	32	0,6	0,0	0,0

Tabella 97. Distribuzione del suolo consumato (2022) e del consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nei primi 20 Parchi Naturali Regionali per ettari di consumo di suolo. Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Parchi regionali	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
Parco dell'Etna	1.288	2,2	7,5	1,3
Parco naturale di Veio	801	5,3	4,1	2,7
Parco naturale regionale del Fiume Sile	684	19,8	3,9	11,3
Parco regionale del Conero	591	10,0	2,9	4,9
Parco regionale Monti Picentini	1.282	2,2	2,2	0,4
Parco regionale della Valle del Lambro	358	8,4	1,8	4,1
Parco naturale regionale Fiume Ofanto	691	2,8	1,7	0,7
Parco regionale naturale del Sirente - Velino	882	1,6	1,6	0,3
Parco regionale del Taburno - Camposauro	657	4,8	1,6	1,1
Parco naturale regionale del complesso lacuale Bracciano - Martignano	319	1,9	1,4	0,8
Parco naturale lombardo della Valle del Ticino	652	3,2	1,3	0,6
Parco naturale regionale di Porto Conte	143	2,8	1,3	2,4
Parco dei Nebrodi	436	0,5	1,2	0,1
Parco regionale dei Campi Flegrei	388	17,0	1,2	5,2
Parco delle Madonie	740	1,9	1,0	0,2
Parco regionale del Matese	775	2,3	0,9	0,3
Parco regionale Bacino Fiume Sarno	367	10,7	0,8	2,3
Parco naturale di Gallipoli Cognato - Piccole Dolomiti Lucane	466	1,7	0,7	0,3
Parco regionale di Roccamonfina - Foce Garigliano	374	4,3	0,7	0,8
Parco archeologico storico naturale delle Chiese rupestri del Materano	190	2,5	0,5	0,7



Figura 142. Consumo di suolo all'interno di un'area EUAP, nel comune di Castellabate (Salerno) nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, per la realizzazione di un nuovo edificio con annesso piazzale. Immagini a sinistra 2019 e a destra, 2022



Figura 143. Consumo di suolo all'interno dell'area EUAP (Parco Regionale naturale del Sirente – Velino), Ovindoli in provincia di L'Aquila; per la realizzazione di un nuovo edificio. Immagini a sinistra 2020 e a destra 2022



Figura 144. Consumo di suolo all'interno di un'area EUAP nel comune di Garda in provincia di Verona. Immagini a sinistra 2020 e a destra 2022



Figura 145. Consumo di suolo all'interno di un'area Natura 2000 nel comune di Trevignano Romano in provincia di Roma. Immagini a sinistra 2020 e a destra 2022

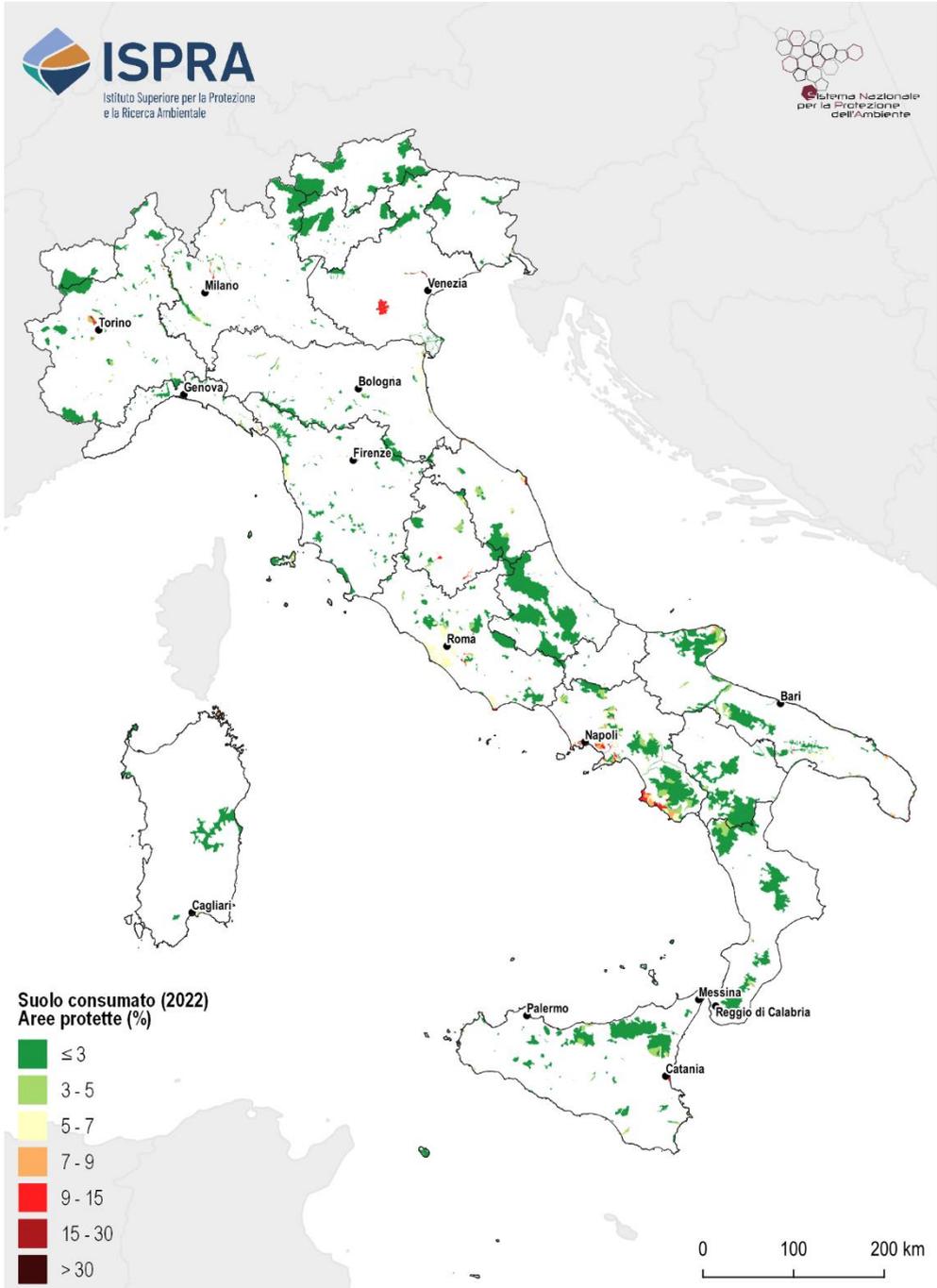


Figura 146. Suolo consumato in percentuale nelle aree protette. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

AREE VINCOLATE PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

Il D.lgs. 42/2004 (codice Urbani) è il principale riferimento normativo per la tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale (beni culturali e paesaggio). Esso, sulla scorta del precedente ordinamento (Legge 1497/39 e Legge 431/85), definisce un rinnovato quadro di vincoli cui sono assoggettati una serie di contesti territoriali. L'art. 142 individua beni paesaggistici per i quali non è più necessario uno specifico provvedimento poiché la loro natura di beni paesaggistici è stabilita dalla legge. L'uso dei beni vincolati è dettato da precise prescrizioni individuate nella "specifica normativa d'uso e di valorizzazione ambientale" (piani paesistici). È stato, pertanto, analizzato il suolo consumato e i suoi cambiamenti nell'ambito dei seguenti beni vincolati limitatamente a quelli areali (fonte SITAP; Tabella 98)⁹⁸:

art 142 comma 1	a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare	coste
	b) i territori contermini ai laghi compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i territori elevati sui laghi	laghi
	c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna	fiumi
	d) le montagne per la parte eccedente 1.600 metri sul livello del mare per la catena alpina e 1.200 metri sul livello del mare per la catena appenninica e per le isole	montagne
	l) i vulcani	vulcani
art. 136	Immobili ed aree di notevole interesse pubblico	

Le regioni con la maggiore percentuale di territorio vincolato consumato risultano Campania (11%), Puglia (8,7%)

e Veneto (8,2%; Tabella 98). Considerando complessivamente i regimi vincolistici analizzati, le regioni con il maggiore incremento di superficie di suolo consumato risultano essere il Veneto e la Sicilia, con rispettivamente 154 e 144 ettari, seguite dalla Campania con 139 ettari. In queste tre regioni si colloca circa un terzo del totale del consumo di suolo nazionale in queste aree, pari a 1.501 ettari. Il suolo consumato che ricade all'interno delle aree vincolate, a livello nazionale, è circa 560.500 ettari.

Tabella 98. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale netto (2021-2022) nei vincoli art. 136 e art. 142 considerati complessivamente. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	121	0,3	1,2	3,6
V. d'Aosta	16	0,6	0,6	1,0
Lombardia	109	0,2	1,5	7,2
T.-A. Adige	102	0,4	0,9	2,5
Veneto	154	0,3	2,3	8,2
F.-V. Giulia	28	0,2	1,3	5,8
Liguria	8	0,0	0,3	6,0
E-Romagna	74	0,2	1,4	7,3
Toscana	55	0,1	0,9	6,7
Umbria	21	0,2	1,1	6,6
Marche	69	0,3	1,9	5,8
Lazio	118	0,3	2,0	6,6
Abruzzo	46	0,3	0,8	2,9
Molise	31	0,3	1,2	3,8
Campania	139	0,3	3,6	11,0
Puglia	103	0,4	3,5	8,7
Basilicata	23	0,2	0,7	2,8
Calabria	40	0,2	0,9	5,5
Sicilia	144	0,3	1,8	6,5
Sardegna	99	0,4	1,5	3,6
Italia	1.501	0,3	1,4	5,4

Campania) non sono disponibili, pertanto, i risultati riportati in Tabella 98 e in Tabella 100 potranno risentire di una sovrastima per quelli espressi in % e di una sottostima per quelli assoluti (ettari).

⁹⁸ Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico della Direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanea del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (<http://www.sitap.beniculturali.it>). I dati relativi alle zone montuose (ex art. 142, comma1 lett. d) per alcune regioni (Lazio, Molise,

Il territorio sottoposto a vincolo di cui all'art. 142 comma 1 lett. a, b, c (coste, laghi, fiumi) presenta un suolo consumato pari a 326.695 ettari, circa il 7,3% della sua estensione (Tabella 99). Non emergono pertanto significative differenze rispetto al dato ricondotto all'intero territorio nazionale (7,1%), rispetto al quale risulta persino superiore. Le regioni che presentano una percentuale di suolo consumato maggiore in aree vincolate sono Veneto, Campania e Lombardia (12,4%, 11,1% e 10,9%).

Il consumo di suolo all'interno delle zone montuose (art. 142 lett. d) risulta essere influenzato dalle caratteristiche orografiche del territorio con valori che, solo in due casi (Toscana e Calabria), raggiungono l'1% della loro estensione. La regione in cui si è consumato di più in queste aree è la Valle d'Aosta, con 13,7 ettari, seguita Trentino-Alto Adige (5,8 ha), Friuli-Venezia Giulia (3,9 ha), Veneto (3,4 ha) e Piemonte (3 ha; Tabella 100).

Per quanto riguarda le aree vulcaniche (art. 142 lett. l), la regione con la percentuale di territorio consumata più alta è la Campania (27,5%), in cui le aree vulcaniche risultano essere coperte artificialmente per 12.278 ettari. Di rilievo è anche il dato della Sicilia, con una percentuale di suolo consumato pari a 11,9% (16.754 ettari), nella stessa regione si è registrato il dato più alto di consumo con circa 59 ettari (Tabella 101).

Il vincolo ex art. 136 presenta valori di suolo consumato pari a 297.304 ettari, equivalenti a circa il 5,3% del territorio vincolato. La regione che presenta una percentuale di suolo consumato maggiore è la Calabria (13,6%), mentre, per quanto riguarda l'incremento in ettari, le Regioni con i valori più elevati sono Campania, Trentino-Alto Adige, Puglia e Sardegna rispettivamente con 85, 79, 76 e 71 ettari (Tabella 102).

Tabella 99. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Coste, laghi e fiumi. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	97	0,4	2,3	6,4
Valle d'Aosta	6	0,4	1,3	3,6
Lombardia	72	0,2	2,1	10,9
Trentino-A. Adige	56	0,4	1,5	4,0
Veneto	115	0,3	3,5	12,4

Friuli-V. Giulia	21	0,2	1,5	7,7
Liguria	3	0,0	0,2	6,5
Emilia-Romagna	65	0,2	1,8	9,3
Toscana	20	0,1	0,8	6,5
Umbria	10	0,2	1,2	7,1
Marche	41	0,3	3,2	9,7
Lazio	79	0,4	3,3	7,8
Abruzzo	32	0,4	2,4	6,7
Molise	15	0,7	2,6	4,0
Campania	65	0,4	4,0	11,1
Puglia	36	0,4	3,5	9,7
Basilicata	11	0,3	0,8	3,3
Calabria	27	0,2	1,1	6,6
Sicilia	71	0,3	1,6	5,9
Sardegna	35	0,3	1,2	3,9
Italia	876	0,3	2,0	7,3

Tabella 100. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Montagne. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	3,0	0,3	0,1	0,2
Valle d'Aosta	13,7	1,6	0,6	0,3
Lombardia	1,5	0,1	0,0	0,3
Trentino-A. Adige	5,8	0,5	0,1	0,2
Veneto	3,4	0,9	0,2	0,3
Friuli-V. Giulia	3,9	7,9	0,7	0,1
Liguria	0,0	0,0	0,0	0,5
Emilia-Romagna	0,2	0,0	0,0	0,9
Toscana	0,0	0,0	0,0	1,1
Umbria	0,0	0,0	0,0	0,4
Marche	0,0	0,0	0,0	0,4
Lazio	0,0	0,0	0,0	0,1
Abruzzo	1,4	0,1	0,1	0,5
Molise	0,0	0,0	0,0	0,0
Campania	0,0	0,0	0,0	0,0
Puglia	-	-	-	-
Basilicata	0,1	0,0	0,0	0,8
Calabria	0,0	0,0	0,0	1,0
Sicilia	0,2	0,1	0,0	0,5
Sardegna	0,0	0,0	0,0	0,3
Italia	33,1	0,4	0,1	0,4

Tabella 101. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004). Vulcani. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	-	-	-	-
Valle d'Aosta	-	-	-	-
Lombardia	-	-	-	-
Trentino-A. Adige	-	-	-	-
Veneto	-	-	-	-
Friuli-V. Giulia	-	-	-	-
Liguria	-	-	-	-
Emilia-Romagna	-	-	-	-
Toscana	0	0	0	5
Umbria	-	-	-	-
Marche	-	-	-	-
Lazio	5	0,1	0,8	7,9
Abruzzo	-	-	-	-
Molise	-	-	-	-
Campania	16	0,1	3,5	27,5
Puglia	-	-	-	-
Basilicata	-	-	-	-
Calabria	-	-	-	-
Sicilia	59	0,4	4,2	11,9
Sardegna	-	-	-	-
Italia	80	0,2	3,2	13,7

Tabella 102. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica (ex D.lgs. 42/2004 - art. 136). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Regione	Consumo di suolo			Suolo consumato %
	Incremento in ettari	Incremento %	Densità m ² /ha	
Piemonte	37	0,3	0,9	2,8
Valle d'Aosta	4	0,3	1,8	5,5
Lombardia	41	0,2	2,1	11,9
Trentino-A. Adige	79	0,3	0,9	2,6
Veneto	55	0,3	1,6	6,3
Friuli-V. Giulia	3	0,1	0,9	7,4
Liguria	6	0,1	0,3	5,5
Emilia-Romagna	9	0,1	0,5	4,6
Toscana	42	0,1	1,1	7,7
Umbria	15	0,2	1,6	7,8
Marche	36	0,3	1,4	4,6
Lazio	50	0,2	1,3	6,3
Abruzzo	19	0,2	0,4	2,2
Molise	21	0,2	0,9	3,9
Campania	85	0,3	3,4	12,1
Puglia	76	0,4	3,4	9,3
Basilicata	12	0,2	0,5	2,7
Calabria	19	0,2	2,7	13,6
Sicilia	43	0,2	1,3	6,2
Sardegna	71	0,4	1,7	3,9
Italia	726	0,2	1,3	5,3

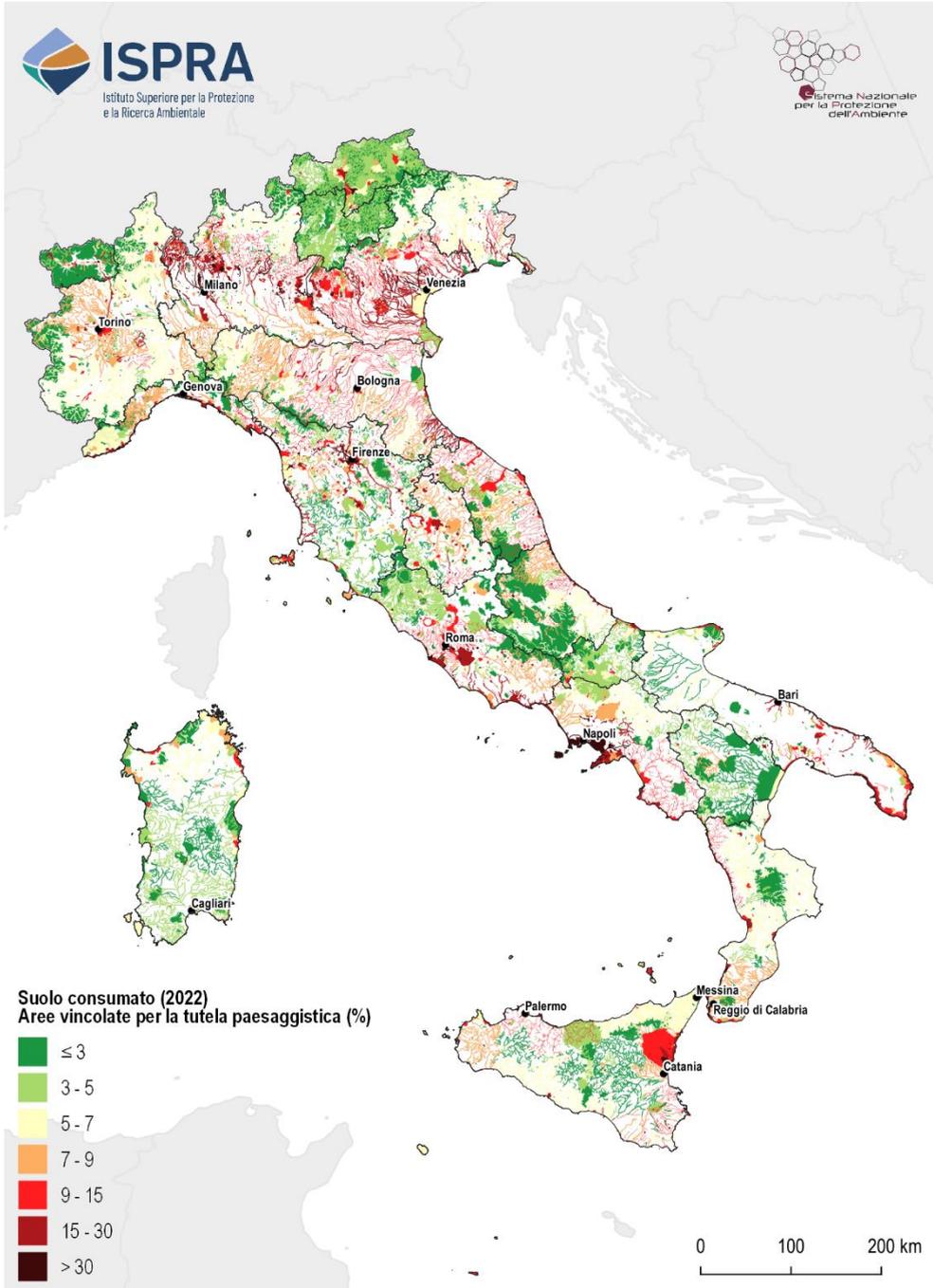


Figura 147. Suolo consumato in percentuale nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SITAP e SNPA

AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA, DA FRANA E SISMICA

L'analisi delle superfici artificiali soggette a rischio idrogeologico in Italia è fornita dal confronto tra la cartografia del consumo di suolo e le mosaicature nazionali ISPRA⁹⁹ 2021 realizzate sulla base dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI Frane (v. 4.0 – 2020-2021) e delle mappe di pericolosità idraulica redatte dalle Autorità di bacino distrettuali, nell'ambito del II ciclo di gestione, secondo gli scenari previsti dal D. Lgs 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni (2007/60/CE), che si propone di creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni. Le perimetrazioni delle aree a pericolosità da frana e idraulica potrebbero comunque essere state riviste dalle autorità competenti, successivamente alla mosaicatura ISPRA e prima della data in cui è stato rilevato il consumo di suolo recente rappresentato in questo rapporto e negli esempi che seguono.

Per le aree a pericolosità sismica i dati SNPA sono confrontati con i dati di riferimento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

La percentuale delle aree occupate da superfici artificiali (suolo consumato) nelle aree a **pericolosità idraulica**¹⁰⁰ è pari al 6,4% in aree a pericolosità elevata (HPH – *High Probability Hazard*) allagabili a seguito di eventi con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni, 9,3% in aree a pericolosità media (MPH – *Medium Probability Hazard*) allagabili per eventi con tempo di ritorno tra 100 e 200 anni e all'11,1% per le aree a bassa pericolosità (LPH – *Low Probability Hazard*) allagabili con tempo di ritorno superiore a 200 anni (Tabella 103).

La Regione con le percentuali maggiori di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica per tutti e tre gli scenari di pericolosità è la Liguria, con valori compresi tra il 23% dello scenario HPH, e il 33% dello scenario LPH. Riguardo alla regione Marche, sebbene essa presenti il più alto valore di percentuale di suolo consumato in area a pericolosità idraulica elevata (38,7%) tuttavia va considerata una valutazione non significativa dal momento

che la superficie allagabile che tale regione ha individuato per lo scenario HPH è un'area limitata non rappresentativa del complesso delle potenziali superfici allagabili. Valori percentuali di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica media superiori al 9% si registrano nelle regioni Trentino-Alto Adige, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Lazio, Abruzzo, Campania e Sicilia.

Tabella 103. Suolo consumato (2022) in aree a pericolosità idraulica (Scenari D.lgs. 49/2010). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica (%)		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	3,6	5,9	9,5
Valle d'Aosta	3,1	4,7	9,4
Lombardia	4,5	6,7	10,9
Trentino-Alto Adige	4,2	17,5	17,5
Veneto	9,5	10,0	12,2
Friuli-Venezia Giulia	5,8	7,4	10,0
Liguria	23,2	29,1	33,1
Emilia-Romagna	8,0	11,8	12,3
Toscana	7,1	11,0	14,3
Umbria	6,1	7,4	9,2
Marche	38,7	15,7	17,7
Lazio	8,5	10,2	13,3
Abruzzo	8,9	10,8	15,7
Molise	2,8	4,0	4,2
Campania	8,8	11,1	11,8
Puglia	5,6	5,7	6,4
Basilicata	2,1	2,4	2,6
Calabria	4,3	4,5	4,9
Sicilia	10,5	10,3	9,9
Sardegna	4,1	5,1	6,0
Italia	6,4	9,3	11,1

⁹⁹ Rimangono comunque significative disomogeneità di mappatura e classificazione, dovute principalmente alle differenti metodologie utilizzate per la valutazione della pericolosità da frana (Trigila *et al.*, 2021).

¹⁰⁰ La copertura delle aree allagabili nei vari scenari di pericolosità di alluvione, nelle diverse Unità di Gestione - UoM (gli ambiti territoriali di

riferimento ai fini dell'implementazione della Dir. 2007/60/CE) in cui si articolano i Distretti Idrografici in cui è suddiviso il territorio nazionale, non è uniforme (ad es. copertura assente per lo scenario HPH nella UoM Bacini regionali Marche, copertura parziale per lo scenario HPH nella UoM Adige).

A livello nazionale nell'ultimo anno, l'incremento di suolo artificializzato ricadente in aree a pericolosità idraulica media (MPH), raggiunge in valore assoluto i 917,6 ettari, dei quali 433,1 solo in Emilia-Romagna, 59,2 in Piemonte, 58,9 in Toscana e 56,1 in Lombardia (Tabella 104).

Tabella 104. Consumo di suolo annuale in ettari (2021-2022) in aree a pericolosità idraulica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Consumo di suolo (incremento ettari) in aree a pericolosità idraulica		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	36,7	59,2	122,2
Valle d'Aosta	0,8	2,0	4,4
Lombardia	28,3	56,1	125,0
Trentino-Alto Adige	0,0	25,7	25,7
Veneto	3,6	17,1	157,2
Friuli-Venezia Giulia	10,9	18,5	42,3
Liguria	2,4	5,5	6,5
Emilia-Romagna	92,0	433,1	493,5
Toscana	18,9	58,9	138,5
Umbria	-1,8	0,1	3,1
Marche	2,3	19,3	28,7
Lazio	18,0	26,5	46,9
Abruzzo	2,2	9,5	23,9
Molise	0,8	5,4	6,9
Campania	15,3	47,0	52,5
Puglia	26,3	43,5	52,7
Basilicata	0,9	2,0	2,1
Calabria	29,9	30,0	30,7
Sicilia	27,4	29,8	32,0
Sardegna	19,3	28,3	63,6
Italia	334,2	917,6	1.458,1

Considerando tale incremento in termini percentuali, se il valore nazionale si attesta intorno allo 0,33% per lo scenario MPH, ben superiori sono i valori raggiunti in diverse regioni. Il Piemonte è la regione con il maggiore incremento percentuale in aree soggette a pericolosità idraulica elevata (HPH), facendo registrare tra il 2021 e il 2022 un aumento di suolo consumato dello 0,8%; ragguardevoli anche gli incrementi in Sicilia e Sardegna che per lo scenario di pericolosità media (MPH) raggiungono entrambe valori pari allo 0,58%, con la Sardegna che, in particolare, segna con lo 0,64% anche il maggiore incremento di superfici artificiali ricadenti in aree LPH (Tabella 105).

Tabella 105. Consumo di suolo annuale in percentuale (2021-2022) in aree a pericolosità idraulica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA

Regione	Consumo di suolo (incremento %) in aree a pericolosità idraulica		
	Elevata HPH	Media MPH	Bassa LPH
Piemonte	0,80	0,48	0,39
Valle d'Aosta	0,16	0,18	0,16
Lombardia	0,34	0,35	0,24
Trentino-Alto Adige	0,00	0,42	0,42
Veneto	0,02	0,07	0,22
Friuli-Venezia Giulia	0,25	0,22	0,25
Liguria	0,09	0,12	0,10
Emilia-Romagna	0,44	0,36	0,38
Toscana	0,19	0,19	0,20
Umbria	-0,12	0,00	0,06
Marche	0,50	0,49	0,44
Lazio	0,48	0,44	0,36
Abruzzo	0,18	0,37	0,36
Molise	0,35	0,53	0,60
Campania	0,51	0,55	0,53
Puglia	0,60	0,57	0,52
Basilicata	0,17	0,24	0,21
Calabria	0,27	0,25	0,23
Sicilia	0,65	0,58	0,56
Sardegna	0,57	0,58	0,64
Italia	0,32	0,33	0,31

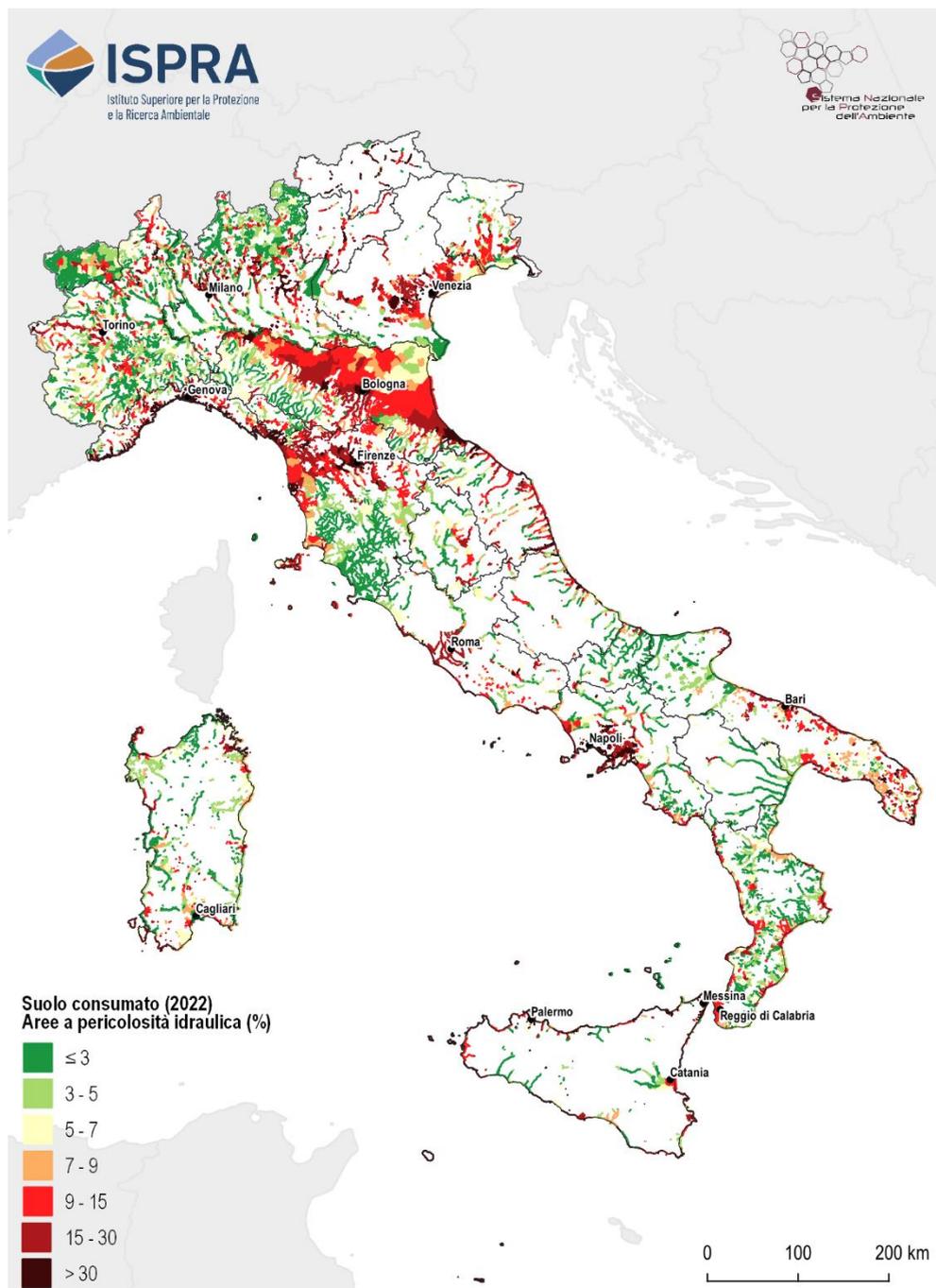


Figura 148. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità idraulica media (MPH). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e ISPRA



Figura 149. Consumo di suolo nel comune di Goito (Mantova) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2020, in basso al 2022



Figura 150. Consumo di suolo nel comune di Milano in area a elevata pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2021, in basso al 2022

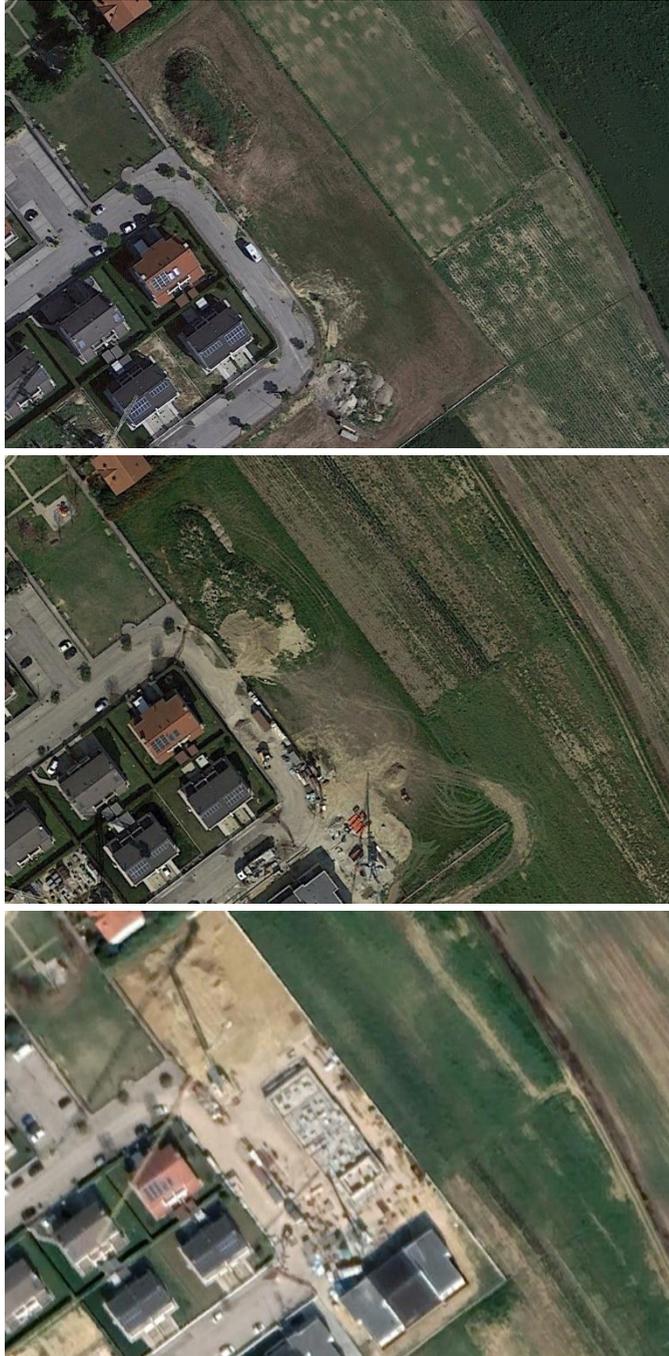


Figura 151. Consumo di suolo nel comune di Longare (Vicenza) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2019, al centro al 2021, in basso al 2022



Figura 152. Consumo di suolo nel comune di Torri di Quartesolo (Vicenza) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2021, in basso al 2022



Figura 153. Consumo di suolo di 9,3 ettari, per la realizzazione di un nuovo polo logistico (111 edificio, 116 piazzale e 122 cantiere) nel comune di Sala Bolognese (Bologna) in area a elevata pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2021, in basso al 2022



Figura 154. Consumo di suolo per nuovi edifici nel comune di Gatteo (Forlì-Cesena), realizzato in area a elevata pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2020, in basso al 2022



Figura 155. Consumo di suolo nel comune di Fiscaglia (Ferrara) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2020, in basso al 2022



Figura 156. Consumo di suolo nel comune di Fusignano (Ravenna) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2021, in basso al 2022



Figura 157. Consumo di suolo nel comune di Sesto Fiorentino (Firenze) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2020, in basso al 2022

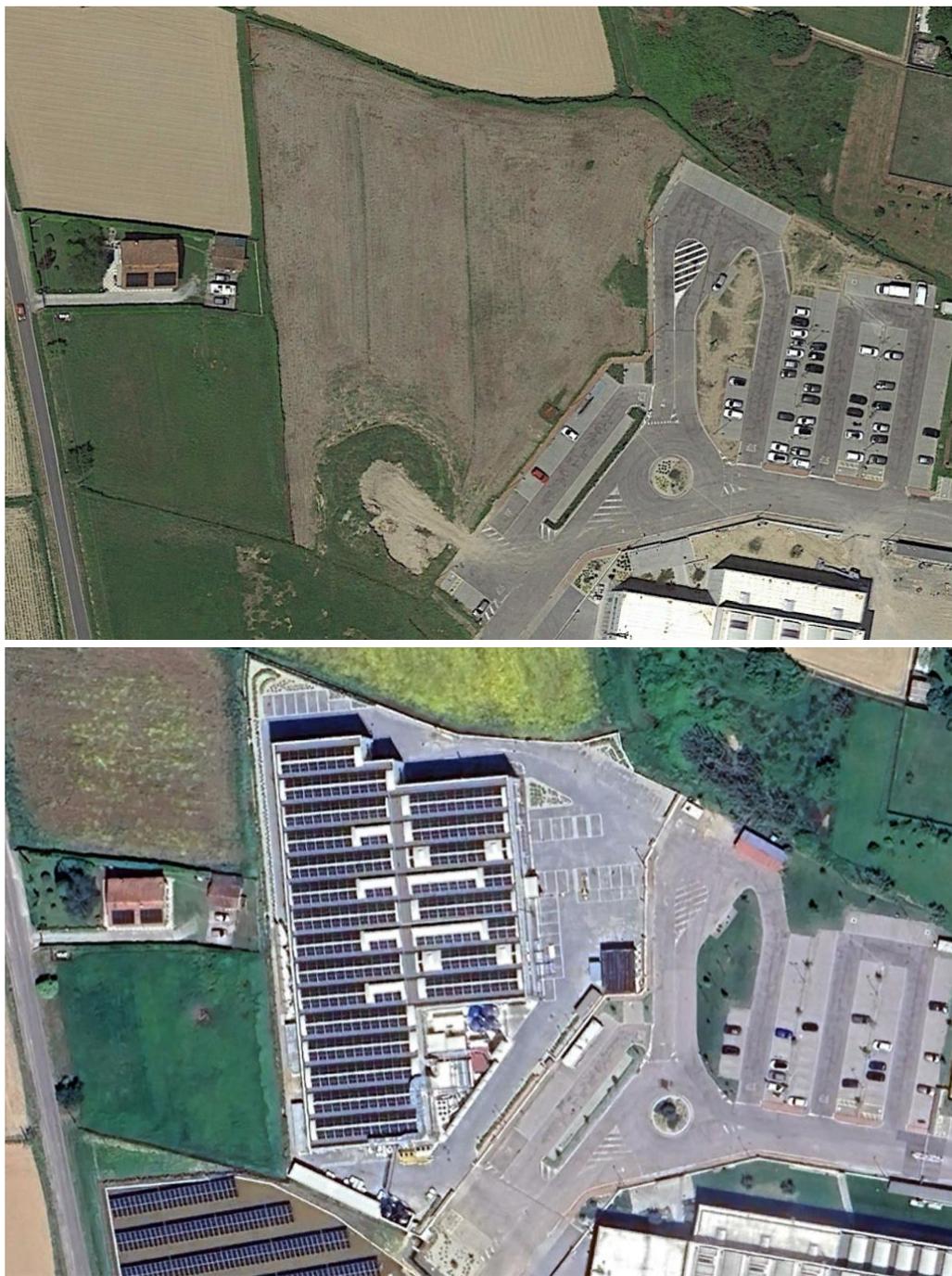


Figura 158. Consumo di suolo nel comune di Chiesa Uzzanese (Pistoia) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2021, in basso al 2022



Figura 159. Consumo di suolo nel comune di Airola (Benevento) in area a media pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2019, in basso al 2022



Figura 160. Consumo di suolo di circa 15 ettari (111 edifici, 122 cantieri) per la realizzazione di un nuovo supermercato nel comune di Montalto Uffugo (Cosenza), realizzato in area a elevata pericolosità idraulica. In alto l'immagine è relativa al 2019, in basso al 2022

La percentuale delle aree a **pericolosità da frana**¹⁰¹ (P4+P3+P2+P1+AA) occupata da superfici artificiali (suolo consumato), è pari al 4%, con valori più elevati per aree a media (P2, 4,7%) e a moderata (P1, 5,7%) pericolosità (Tabella 106). La fascia a media pericolosità (P2) è la classe con la percentuale maggiore di suolo

consumato in Lombardia (15,5%), Piemonte (15,4%) e in Friuli-Venezia Giulia (12,8%); anche nella fascia a moderata pericolosità (P1) in alcune regioni il suolo consumato supera il 10% della superficie, come in Campania (10,4%) e in Calabria (10,6%).

Tabella 106. Suolo consumato (2022) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità da frana (%)				Suolo consumato in aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	2,7	2,7	15,4	1,9	0,0
Valle d'Aosta	0,4	1,0	6,7	0,0	0,0
Lombardia	1,1	2,1	15,5	0,1	0,0
Trentino-Alto Adige	2,0	0,8	1,6	2,4	0,8
Veneto	3,0	3,8	9,2	6,2	2,0
Friuli-Venezia Giulia	2,6	5,6	12,8	8,5	1,3
Liguria	4,6	4,7	6,1	9,3	8,9
Emilia-Romagna	2,5	3,6	4,8	8,3	4,9
Toscana	2,7	2,6	6,6	5,5	4,2
Umbria	7,4	1,9	8,5	9,2	0,0
Marche	2,7	2,0	3,2	2,1	0,0
Lazio	3,5	2,8	3,7	5,6	4,0
Abruzzo	1,9	2,0	4,4	2,3	1,3
Molise	1,7	1,8	2,2	2,1	2,4
Campania	3,7	3,9	7,3	10,4	4,5
Puglia	4,8	3,2	3,3	1,5	7,5
Basilicata	2,5	2,3	1,7	2,9	3,4
Calabria	5,5	4,7	6,8	10,6	5,1
Sicilia	3,5	4,8	1,4	3,3	11,8
Sardegna	1,7	1,4	1,8	5,2	0,0
Italia	2,4	2,5	4,7	5,7	4,2

¹⁰¹ La pericolosità da frana rappresenta la probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente distruttivo, di una determinata intensità in un dato periodo e in una data area (Vames, 1984).

Il confronto tra i dati 2021 e 2022 evidenzia che 529 ettari del consumo di suolo annuale si sono concentrati all'interno delle aree a pericolosità da frana, di cui 45,8 ettari sono stati consumati in aree a pericolosità molto elevata (P4) e 80,1 in aree a pericolosità elevata P3 (Tabella 107).

Tabella 107. Consumo di suolo annuale in ettari (2021-2022) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo in aree a pericolosità da frana (incr. ettari)				Consumo di suolo in aree di attenzione AA (incr. ettari)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	5,87	5,36	3,20	0	0
Valle d'Aosta	3,20	5,74	7,71	0	0
Lombardia	2,61	1,38	8,06	0	0
Trentino-Alto Adige	0,75	0,51	7,89	9,28	0
Veneto	0,36	-0,27	-0,93	0,35	7,06
Friuli-Venezia Giulia	0,62	0	0	0,01	0
Liguria	0	0,71	4,13	9,25	0
Emilia-Romagna	2,99	5,23	0,87	0,34	1,21
Toscana	2,83	10,25	16,07	34,3	0
Umbria	0	1,64	5,09	0,93	0
Marche	-0,02	11,28	10,05	3,10	0
Lazio	2,80	2,50	0,54	1,49	10,62
Abruzzo	2,38	2,63	0	2,14	0,30
Molise	0,61	2,62	0	2,56	0,98
Campania	13,65	14,98	19,22	46,82	55,60
Puglia	5,14	5,30	52,37	0	0,06
Basilicata	1,41	0,87	1,64	1,08	7,89
Calabria	0	0,07	0,41	0	2,43
Sicilia	0,46	4,57	2,48	4,87	2,51
Sardegna	0,12	4,71	13,90	45,25	0
Italia	45,78	80,08	152,7	161,77	88,66

L'incremento percentuale annuale nelle aree a pericolosità da frana è pari allo 0,23% (Tabella 108), in Puglia +0,91% in area P4 e +1,45% in area P2, nelle Marche +0,87% nelle aree P3 e in Veneto +1,36 nelle aree AA mentre in tutte le fasce l'incremento percentuale si mantiene sotto l'1% per tutte le regioni, con valori negativi per il Veneto (-0,09% e -0,29%) in P3 e P2 e nelle Marche (-0,01%) in P4. Considerando queste variazioni, nel 2022 la quota complessiva del suolo consumato nazionale che ricade in aree a pericolosità da frana è pari all'10,94%.

Tabella 108. Consumo di suolo annuale in percentuale (2021-2022) in aree a pericolosità da frana. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo in aree a pericolosità da frana (%)				Consumo di suolo in aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	0,31	0,23	0,16	0	0
Valle d'Aosta	0,55	0,46	0,27	0	0
Lombardia	0,27	0,10	0,09	0	0
Trentino-Alto Adige	0,26	0,05	0,31	0,31	0
Veneto	0,24	-0,09	-0,29	0,19	1,36
Friuli-Venezia Giulia	0,15	0	0	0,02	0
Liguria	0	0,02	0,05	0,11	0
Emilia-Romagna	0,11	0,07	0,06	0,03	0,04
Toscana	0,14	0,13	0,11	0,13	0
Umbria	0	0,18	0,15	0,03	0
Marche	-0,01	0,87	0,56	0,46	0
Lazio	0,11	0,42	0,13	0,46	0,19
Abruzzo	0,20	0,13	0	0,20	0,07
Molise	0,16	0,30	0	0,51	0,12
Campania	0,29	0,28	0,22	0,32	0,42
Puglia	0,91	0,35	1,45	0	0,09
Basilicata	0,21	0,12	0,18	0,18	0,40
Calabria	0	0,01	0,02	0	1,01
Sicilia	0,03	0,48	0,22	0,66	0,10
Sardegna	0,02	0,26	0,30	0,39	0
Italia	0,20	0,19	0,22	0,22	0,30

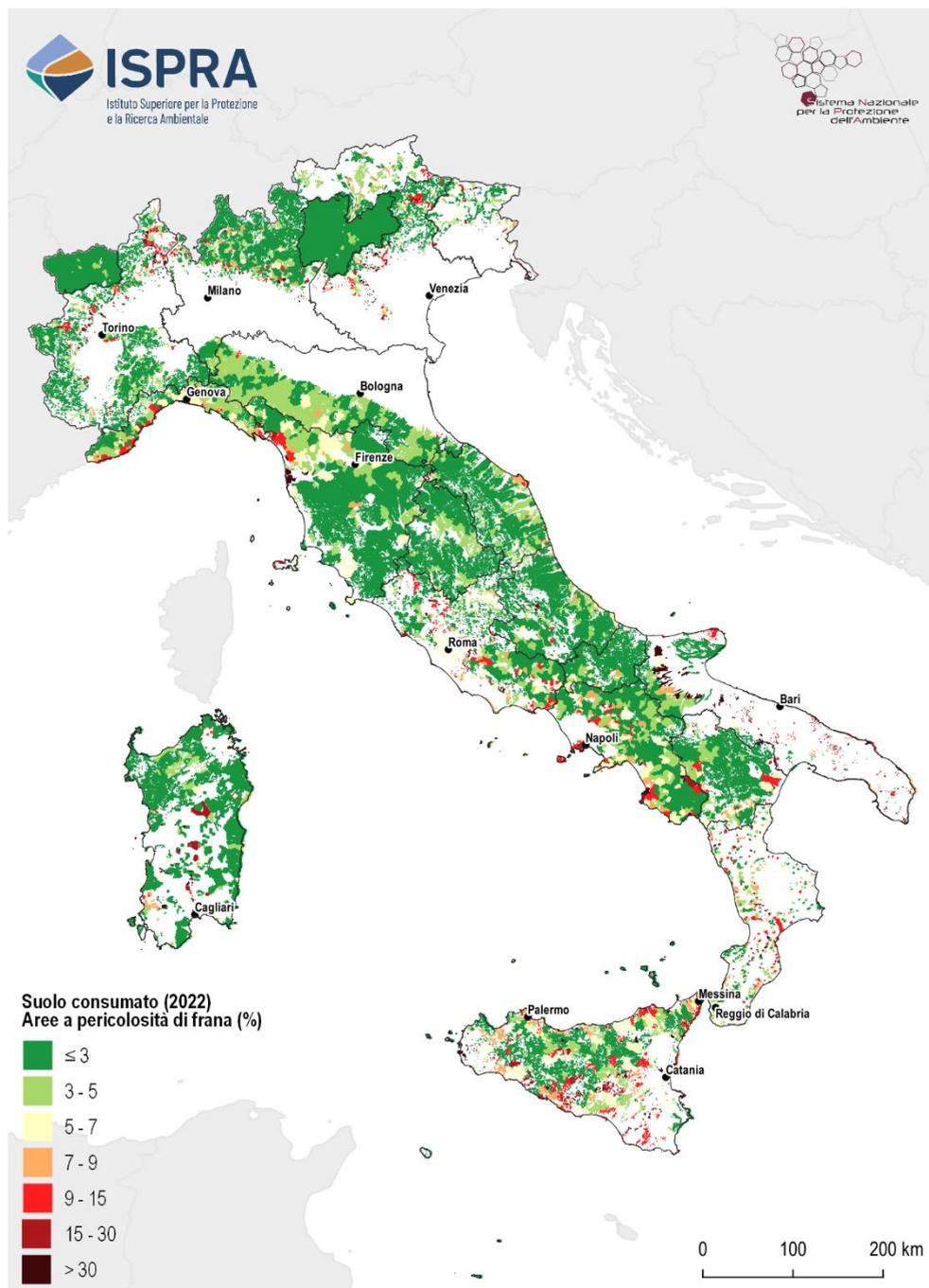


Figura 161. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità da frana elevata e molto elevata (P3 e P4). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 162. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P3) nel comune di Casole d'Elsa in provincia di Siena (immagini 2019, in alto, e 2022, in basso)

Figura 163. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P4 molto elevata e in Area di attenzione AA) nel comune di Gioia Sannitica in provincia di Caserta (immagini 2019, in alto, e 2022, in basso)

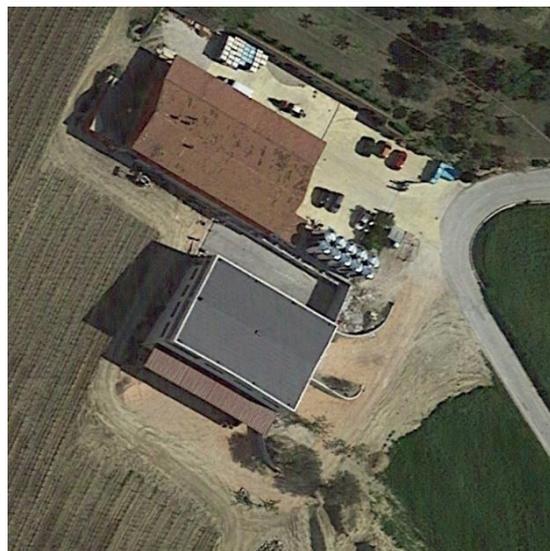
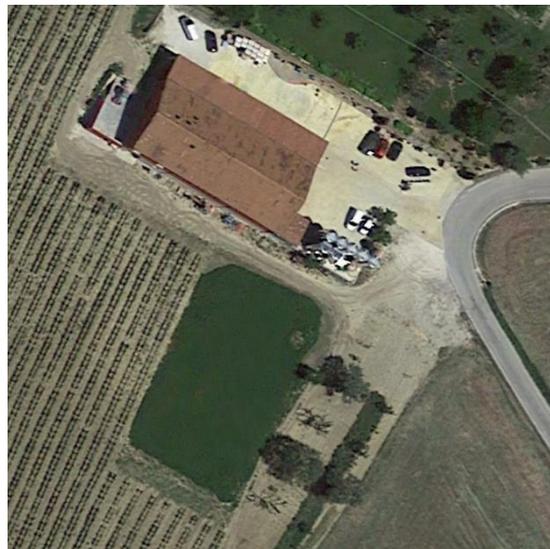
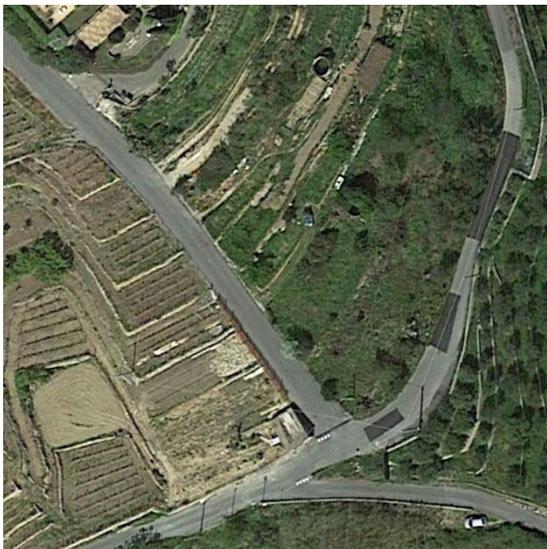


Figura 164. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P1) nel comune di Pietra Ligure in provincia di Savona (immagini 2020, in alto, e 2022, in basso)

Figura 165. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P3) nel comune di Staffolo in provincia di Ancona (immagini 2020, in alto, e 2022, in basso)



Figura 166. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P2) nel comune di Costarainera in provincia di Imperia (immagini 2019, in alto, e 2022, in basso)

Figura 167. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P4) nel comune di Valle di Maddaloni in provincia di Caserta (immagini 2021, in alto, e 2022, in basso)

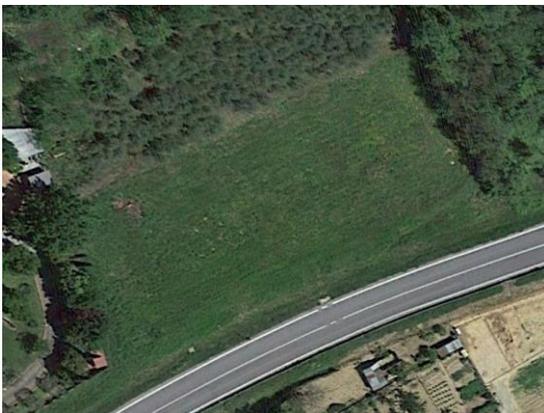


Figura 168. Consumo di suolo all'interno di un'area a pericolosità da frana (P2) nel comune di Terranuova Bracciolini in provincia di Arezzo (immagini 2021, a sinistra, e 2022, a destra)

Il suolo nelle aree a **pericolosità sismica**¹⁰² molto alta (Zona 1) è consumato con una percentuale del 4,6% e nelle aree a pericolosità alta (Zona 2) del 7% (Tabella 109) per un totale di 820.935 ettari di superficie consumata (raggiungendo il 38,1% del totale delle aree artificiali italiane), cresciuti di ulteriori 2.513 ettari rispetto al 2021. A livello regionale, Lombardia, Veneto e Campania presentano i valori più elevati di suolo consumato in aree a pericolosità sismica alta (rispettivamente con 13,5%, 12,3% e 10,7%), mentre Campania, Calabria e Sicilia hanno le percentuali di suolo consumato più elevate nelle aree a pericolosità sismica molto alta (rispettivamente con 7%, 5,9% e 5,8%).

Confrontando i dati del 2022 con quelli del 2021, l'incremento percentuale di suolo consumato in aree a pericolosità sismica alta e molto alta, è pari allo 0,30%, rispettivamente pari a una crescita di 2.293 e a 220 ettari di nuove coperture artificiali. Nello specifico, l'incremento percentuale più elevato per la pericolosità sismica alta è stato registrato in Puglia, Molise, Lombardia e Campania (con 1% per la Puglia, 0,6% per il Molise, 0,5% per la Lombardia e 0,4% per la Campania); mentre, l'incremento percentuale per la pericolosità sismica molto alta si attesta sotto allo 0,3% per tutte le regioni tranne la Campania (+0,5%), la Sicilia (+0,5%), il Lazio (+0,4%), L'Abruzzo e la Basilicata (+0,3%).

Tabella 109. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2021-2022) in aree a pericolosità sismica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità sismica (%)		Consumo di suolo in aree a pericolosità sismica (2021-2022) (ha)		Consumo di suolo in aree a pericolosità sismica (2021-2022) (incremento %)	
	alta	molto alta	alta	molto alta	alta	molto alta
Piemonte	0,1	0	0	0	0	0
Valle d'Aosta	0	0	0	0	0	0
Lombardia	13,5	0	64,1	0	0,5	0
Trentino-Alto Adige	2,4	0	1,0	0	0,2	0
Veneto	12,3	2,9	265,7	0	0,3	0
Friuli-Venezia Giulia	7,9	4,0	103,9	2,2	0,3	0
Liguria	3,5	0	0,3	0	0	0
Emilia-Romagna	8,8	0	380,4	0	0,3	0
Toscana	4,7	0	40,2	0	0,1	0
Umbria	5,7	2,1	60,6	1,5	0,2	0,1
Marche	7,0	1,9	217,7	0	0,3	0
Lazio	7,7	2,2	113,0	9,3	0,2	0,4
Abruzzo	5,3	3,0	77,3	30,8	0,3	0,3
Molise	3,6	3,9	55,9	10,4	0,6	0,2
Campania	10,7	7,0	271,2	73,6	0,4	0,5
Puglia	4,2	0	289,5	0	1,0	0
Basilicata	3,4	3,5	36,2	11,1	0,2	0,3
Calabria	4,5	5,9	23,8	38,5	0,1	0,1
Sicilia	7,9	5,8	291,7	42,8	0,3	0,5
Sardegna	0	0	0	0	0	0
Italia	7,0	4,6	2.292,6	220,2	0,3	0,3

¹⁰² La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

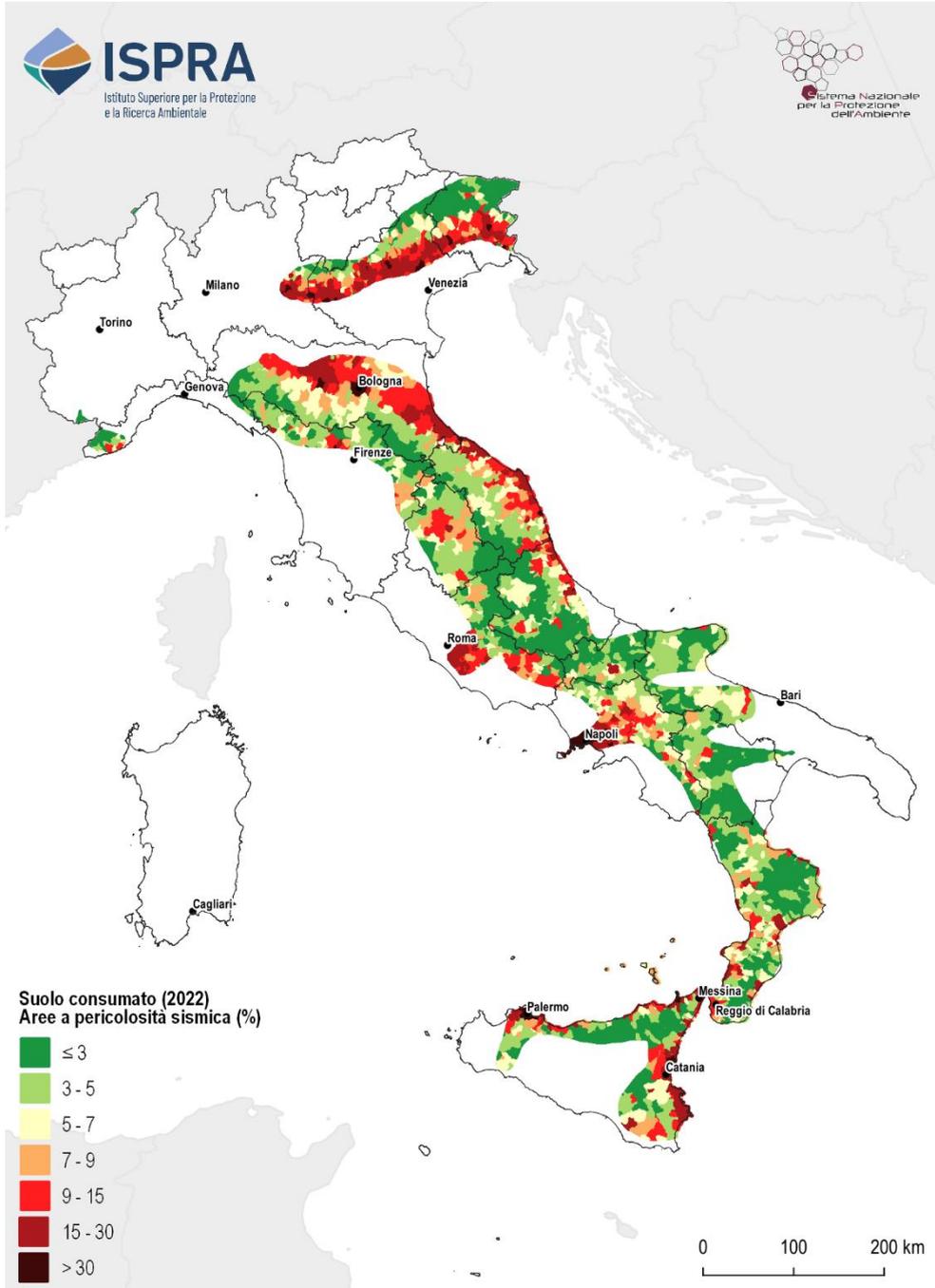


Figura 169. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pericolosità sismica alta e molto alta. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Nella valutazione del rischio sismico di un'area, la presenza di una faglia capace, ovvero una faglia ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie topografica e/o in prossimità di essa, impone la necessità di valutare la pericolosità da fagliazione superficiale (*Fault Displacement Hazard*) in aggiunta alla pericolosità dovuta allo scuotimento sismico. Negli ultimi anni gli studi di microzonazione sismica richiedono la perimetrazione di una zona di rispetto attorno a una "faglia attiva e capace" all'interno della quale non si possono escludere fenomeni di fagliazione in superficie. ITHACA (*Italy Hazard from Capable Faults*) è un database realizzato e costantemente aggiornato da ISPRA che raccoglie le informazioni disponibili sulle faglie capaci, che interessano l'intero territorio nazionale¹⁰³.

L'indicatore qui presentato riguarda i risultati dell'analisi spaziale svolta utilizzando un parametro denominato "classe di faglia", che tiene conto del tipo di faglia rispetto alla cinematica (se si tratti cioè di una faglia diretta, inversa o trascorrente), di un secondo parametro denominato "coefficiente di fagliazione superficiale", che classifica le faglie sulla base del potenziale di fagliazione superficiale, suddivisi in classi attribuite a seconda della zona sismogenica in cui la faglia è situata secondo la ZS9 (la metodologia completa è descritta in Guerrieri *et al.*, 2009; 2015). L'analisi è stata condotta attraverso l'intersezione tra la cartografia del consumo di suolo e le zone prossime alle faglie capaci presenti nel catalogo ITHACA. L'ampiezza del *buffer* attorno a ciascuna faglia varia in funzione della loro cinematica e del potenziale di fagliazione superficiale (Guerrieri *et al.*, 2015). Ne risulta che il consumo permanente e reversibile in tali aree è pari a 34.413 ettari, di cui 5.429 ettari in Emilia-Romagna, 4.380 ettari in Calabria e 3.942 ettari in Veneto (Tabella 110). La percentuale delle aree occupate da superfici artificiali all'interno delle aree *buffer* è pari al 9,8% del territorio coinvolto. A livello nazionale, nell'ultimo anno sono stati artificializzati o impermeabilizzati 113,7 ettari di zone che ricadono nell'interno del *buffer* costruito intorno a faglie capaci, di cui in Veneto 18,2 ettari, in Lombardia 17,8 ettari e in Emilia-Romagna 17,3 ettari.



Figura 170. Consumo di suolo all'interno di un'area prossima a una faglia capace nel comune di Torrecuso in provincia di Benevento (immagini 2021, 2022 e 2023)

¹⁰³ Per maggiori informazioni si rimanda alle linee guida "Ithaca – Italy hazard from capable faults. Inventario delle faglie capaci in Italia.

Tabella 110. Suolo consumato (2021) e consumo di suolo annuale (2021-2022) in aree prossime alle faglie capaci. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA e SNPA

Regione	Suolo consumato (ettari)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ettari)	Densità consumo di suolo (m ² /ha)
Piemonte	398,3	12,8	2,0	6,3
Valle d'Aosta	67,0	26,4	0,3	11,0
Lombardia	3.725,5	16,2	17,8	7,7
Trentino-Alto Adige	252,9	4,5	0,2	0,3
Veneto	3.942,3	15,7	18,2	7,2
Friuli-Venezia Giulia	2.544,8	8,5	4,4	1,5
Liguria	473,8	12,8	0,1	0,3
Emilia-Romagna	5.428,9	11,0	17,3	3,5
Toscana	1.324,3	10,6	4,4	3,5
Umbria	917,9	6,8	-0,3	-0,2
Marche	884,5	9,0	1,0	1,0
Lazio	346,3	5,5	0,3	0,5
Abruzzo	1.149,1	5,1	2,4	1,0
Molise	551,8	8,2	0,6	0,8
Campania	3.292,7	14,1	13,4	5,7
Puglia	1.108,5	5,2	6,0	2,8
Basilicata	909,0	4,9	4,6	2,5
Calabria	4.380,4	8,1	6,6	1,2
Sicilia	2.612,3	12,4	14,5	6,9
Sardegna	103,0	6,9	0,0	-0,1
Italia	34.413,3	9,8	113,7	3,2

AREE PERCORSE DAL FUOCO

I dati SNPA sull'evoluzione delle superfici a copertura artificiale sono stati confrontati con i censimenti relativi alle aree percorse dal fuoco¹⁰⁴ del Comando Carabinieri Tutela Forestale, permettendo di realizzare una mappatura delle **aree percorse dal fuoco degli ultimi dieci anni**¹⁰⁵ soggette a nuovo consumo di suolo. L'analisi dei cambiamenti 2021-2022 all'interno delle aree incendiate tra il

2012 e il 2022 ha permesso di localizzare e di quantificare le superfici trasformate nell'ultimo anno.

Il consumo di suolo avvenuto tra il 2021 e il 2022, nelle aree percorse dal fuoco per il decennio definito, risulta essere di 17 ettari (Tabella 111), la maggior parte dei quali appartiene alla tipologia di consumo di suolo reversibile (15,85 ettari) in cui appare una parziale alterazione delle condizioni fisiche del suolo ma non una totale impermeabilizzazione della superficie. La gran parte (13,08

¹⁰⁴ La legge quadro in materia di incendi boschivi n. 353/2000 definisce un incendio boschivo "un fuoco con suscettività ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture ed infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree". La stessa normativa riporta i divieti, le prescrizioni e le sanzioni che insistono sulle aree percorse dal fuoco, nello specifico sono descritti i vincoli temporali che regolano l'utilizzo dell'area percorsa da un incendio, ad eccezione delle aree in cui l'eventuale autorizzazione all'edificabilità sia stata rilasciata prima dell'incendio. Tale verifica non è oggetto del

monitoraggio SNPA che ha il compito istituzionale di rilevare le trasformazioni avvenute sul territorio. Per questa ragione la legge determina che siano gli stessi Comuni a occuparsi del censimento di queste aree, individuandole e perimetrando in uno specifico catasto, avvalendosi dei rilievi effettuati dall'Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, la quale ha il compito di conservare, gestire e aggiornare la banca dati riferita alle aree percorse dal fuoco.

¹⁰⁵ La banca dati copre il territorio nazionale, ad esclusione delle regioni a statuto speciale (Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Sardegna e Sicilia).

ettari) di questi cambiamenti sono riferibili alla classe "Cantieri e altre aree in terra battuta". Il consumo di suolo permanente in queste aree ha riguardato nell'ultimo anno 1,51 ettari, dovuti a nuovi edifici, strade pavimentate e altre aree impermeabilizzate.

La valutazione della copertura del suolo precedente ai cambiamenti 2021-2022 si è ottenuta con la carta Corine Land Cover (CLC) del 2018 e ha permesso di evidenziare (Tabella 111) che il secondo livello 2.1 del CLC 2018 (seminativi) risulta maggiormente interessato dal consumo di suolo nelle aree percorse dal fuoco con 5,19 ettari di superficie consumata, prevalentemente dovuta a cantieri in corso (classe 122). Successivamente troviamo il livello 2.4 (zone agricole eterogenee) con 3,95 ettari di consumo di suolo e il livello 2.2 (colture permanenti) con 1,8 ettari.

La Figura 171 e la Figura 172 mostrano due esempi di consumo di suolo avvenuto tra il 2021 e il 2022 su aree percorse dal fuoco per il periodo (2012-2022).



Figura 171. In alto l'area incendiata (2021), in basso il consumo di suolo (2021-2022) nel comune di San Cesario di Lecce (Puglia)



Figura 172. In alto l'area incendiata (2015), in basso il consumo di suolo (2021-2022) nel comune di Villapiana in provincia di Cosenza (Calabria)

Tabella 111. Consumo di suolo annuale (2021-2022) in aree percorse dal fuoco per il periodo 2012-2022 e CLC 2018 (II livello) precedente alla trasformazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati CUTFAA e cartografia SNPA

Consumo di suolo annuale (2021-2022)	Corine Land Cover 2018 (II livello)											
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	Totale (ha)
Edifici, fabbricati					0,03	0,1	0,03	0,11			0,03	0,3
Strade pavimentate	0,04			0,16				0,33			0,01	0,54
Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate	0,03	0,18			0,24	0,09	0,03	0,07	0,01		0,02	0,67
Strade non pavimentate					0,33		0,11	0,17		0,64	0,04	1,29
Cantieri	0,18	0,16	0,85		4,59	1,44	0,42	3,07	0,24	0,73	1,4	13,08
Aree estrattive						0,17		0,19	0,81	0,3		1,47
Altro reversibile								0,01				0,01
Totale (ha)	0,25	0,34	0,85	0,16	5,19	1,8	0,59	3,95	1,06	1,67	1,5	17,36

Classi Corine Land Cover coinvolte nell'analisi.

1.1 Zone urbanizzate di tipo residenziale; 1.2 Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali; 1.3 Zone estrattive, discariche; 1.4 one verdi artificiali non agricole; 2.1 Seminativi; 2.2 Colture permanenti; 2.3 Prati stabili; 2.4 Zone agricole eterogenee; 3.1 Zone boscate; 3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea; 3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente.

SITI CONTAMINATI DI INTERESSE NAZIONALE

I **siti di interesse nazionale** (SIN), ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali¹⁰⁶. Sul territorio nazionale, ad oggi, risultano individuati 42 SIN¹⁰⁷ (Figura 174).

Tra il 2021 e il 2022 sono state rilevate nuove coperture artificiali, all'interno di 25 SIN, per circa 184 ettari. I maggiori cambiamenti sono avvenuti nel Sulcis-Iglesiente-Guspinese (circa 125 ettari), nel sito di Priolo (15 ettari) e nel sito delle Aree industriali di Porto Torres (circa 10 ettari; Tabella 112). I principali cambiamenti relativi alle aree sopra citate riguardano la realizzazione di un grande impianto fotovoltaico a terra, di oltre 80 ettari, nel SIN Sulcis-Iglesiente-Guspinese (Figura 173) mentre, per quanto riguarda il sito di Priolo, si possono osservare l'avvio di nuovi cantieri e la realizzazione di piazzali sterzati su cui in futuro verranno installati dei pannelli fotovoltaici. In alcuni casi, i cambiamenti rilevati potrebbero riguardare suoli comunque permeabili ma contaminati e, quindi, con necessità di interventi.

Nel complesso, circa 22.832 ettari di territorio ricadente nei SIN risultano oggi coperti artificialmente, con percentuali maggiori per i SIN Officina Grande Riparazione ETR di Bologna (96,9%), Livorno (91,7) e Napoli Orientale (appena sotto al 90%).

La percentuale di suolo consumato all'interno di questa tipologia di area (13,4%) è decisamente più alta rispetto alla media nazionale (7,14%) così come la densità di consumo di suolo che risulta di 10,8 metri quadrati per ogni ettaro di territorio, rispetto ad una media nazionale di 2,35 m²/ha.

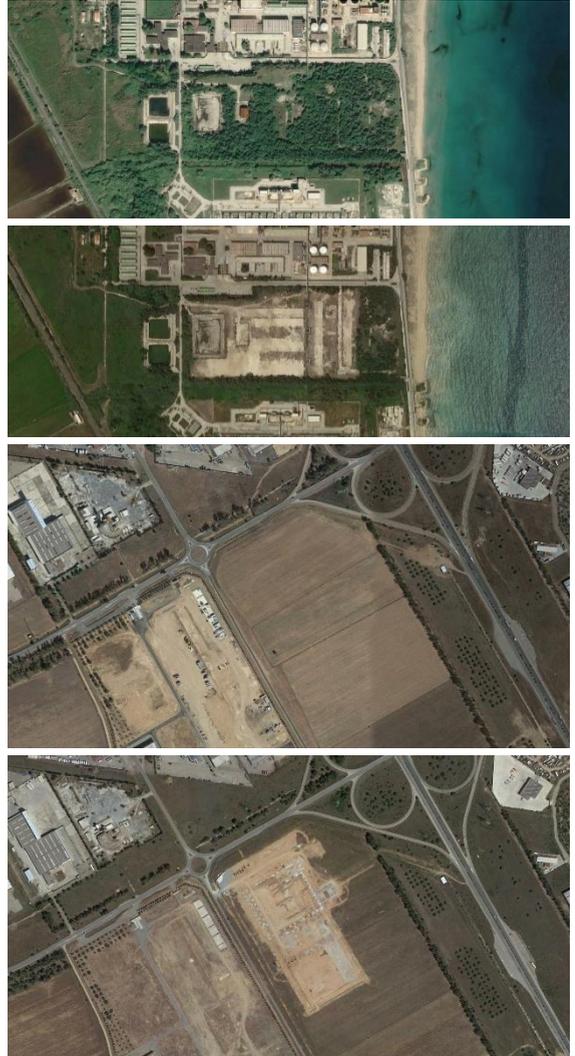


Figura 173. Esempi di consumo di suolo rilevato fra gli anni 2019 e 2022 nei SIN di Priolo (Siracusa, ettari 5,65) e Sulcis-Iglesiente-Guspinese (Sardegna, circa 6 ettari). Nelle immagini si può osservare l'avvio di nuovi cantieri

¹⁰⁶ Art. 252, comma 1 del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

¹⁰⁷ Non è stato considerato per questa analisi il SIN Area vasta di Giugliano a causa della non disponibilità dei dati cartografici.

Tabella 112. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) nei SIN. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Siti di interesse nazionale (SIN)	Suolo consu- mato (ha)	Suolo consu- mato (%)	Consumo di suolo (incre- mento ettari)	Densità di con- sumo di suolo (m ² /ha)
Aree industriali della Val Basento	216	6,5	2,7	8,2
Aree industriali di Porto Torres	734	39,3	9,7	52,1
Bacino del fiume Sacco	1.651	22,8	3,8	5,3
Balangero	157	49,9	0,0	0,0
Bari - Fibronit	10	69,6	0,0	0,0
Biancavilla	224	67,7	1,0	30,9
Brescia - Caffaro	150	57,4	2,5	95,1
Brindisi	1.218	21,4	1,3	2,3
Broni	12	83,0	0,0	0,0
Bussi sul Tirino	63	26,5	0,7	27,9
Caffaro di Torviscosa	56	27,8	0,0	0,0
Casale Monferrato	5.214	7,1	8,1	1,1
Cengio e Saliceto	1.140	5,1	0,7	0,3
Cogoletto - Stoppani	14	32,5	0,0	0,0
Crotone - Cassano - Cerchiara	239	27,1	0,0	0,0
Emarese	4	18,5	0,1	30,2
Falconara Marittima	87	80,8	0,0	0,0
Fidenza	10	37,8	0,0	0,0
Gela	350	44,1	0,7	8,2
Laghi di Mantova e Polo chimico	244	23,7	0,9	9,1
Livorno	189	91,7	0,0	0,0
Manfredonia	122	40,3	1,7	56,4
Massa e Carrara	88	75,7	0,3	24,1
Milazzo	381	70,3	0,0	0,0
Napoli Bagnoli - Coroglio	144	58,0	0,0	0,0
Napoli Orientale	744	89,0	0,3	3,6
Officina Grande Riparazione ETR di Bologna	13	96,9	0,0	0,0
Orbetello Area ex-Sitoco	18	8,7	0,0	0,0
Pieve Vergonte	240	1,5	0,4	0,3
Pioltello - Rodano	57	67,1	0,0	0,0
Piombino	553	59,6	0,0	0,0
Priolo	1.864	32,1	15,3	26,4
Serravalle Scrivia	28	38,1	0,0	0,0
Sesto San Giovanni	174	68,5	0,3	11,8
Sulcis - Iglesiente - Guspinese	2.513	12,8	125,2	63,9
Taranto	1.966	45,4	0,2	0,5
Terni Papigno	259	39,5	0,3	4,1
Tito	168	53,3	1,0	32,7
Trento nord	10	41,7	0,1	29,6
Trieste	134	67,0	0,2	8,0
Venezia (Porto Marghera)	1.376	85,0	6,2	38,5
Totale SIN	22.832	13,4	183,8	10,8

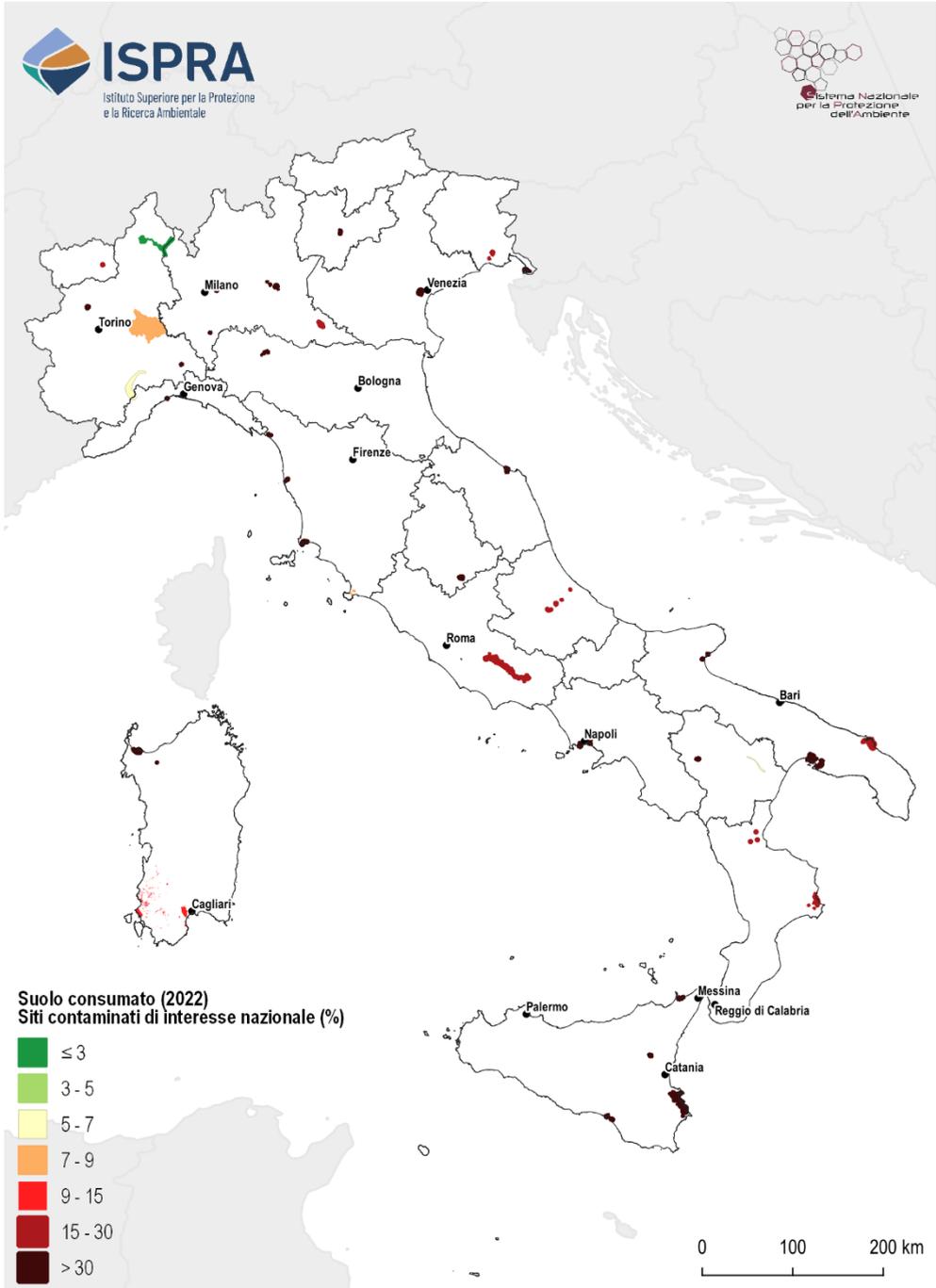


Figura 174. Suolo consumato in percentuale nei siti contaminati di interesse nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

CORPI IDRICI

Al 2022 le analisi rispetto alla distanza dai corpi idrici sono state condotte utilizzando la nuova carta di copertura prodotta da ISPRA (cfr. § *Uso e copertura del suolo*).

I risultati evidenziano che la percentuale di suolo consumato **entro i 150 metri dai corpi idrici** a livello nazionale è pari all'8%, con un incremento tra il 2021 e il 2022 dello 0,35%. In Liguria la percentuale è la più alta ed è pari al 17,3%, pur registrando un incremento al di sotto della media nazionale dell'ultimo anno (+0,1%). In Veneto, Valle d'Aosta, Campania e nelle Marche, la percentuale

di suolo consumato supera il 10%. Dal punto di vista dell'incremento di consumo di suolo, nella fascia entro 150 m dai corpi idrici, i valori più alti si raggiungono in Campania con il +0,78% e in Molise con il +0,72%.

A livello nazionale, nell'ultimo anno sono stati coperti artificialmente altri 817 ettari delle fasce fluviali o lacustri, di cui 135 in Piemonte, 121 in Lombardia e 92 in Veneto.

La media nazionale di densità di consumo di suolo vicino ai corpi idrici è pari a 2,82 m²/ha con picchi di 7,95 m²/ha in Campania, seguono Lazio, Molise e Lombardia con 3,89 m²/ha, 3,67 m²/ha e 3,38 m²/ha (Tabella 113).

Tabella 113. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) entro i 150 metri dai corpi idrici permanenti. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		Consumo di suolo (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m ² /ha)
	entro 150m da corpi idrici	oltre 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici	entro 150m da corpi idrici
Piemonte	8,0	6,5	0,5	135,2	4,3
Valle d'Aosta	10,8	1,6	0,2	3,4	1,6
Lombardia	9,7	12,6	0,4	121,6	3,4
Trentino-Alto Adige	9,7	2,5	0,4	34,6	3,4
Veneto	11,3	12,0	0,2	92,6	2,7
Friuli-Venezia Giulia	7,3	8,1	0,3	17,9	1,9
Liguria	17,3	6,5	0,1	5,9	1,7
Emilia-Romagna	8,2	9,0	0,3	88,4	2,6
Toscana	8,2	6,0	0,2	32,1	1,6
Umbria	5,9	5,2	0,2	8,0	1,1
Marche	10,2	6,7	0,2	12,3	2,1
Lazio	8,2	8,2	0,5	45,5	3,9
Abruzzo	7,6	4,8	0,5	23,6	3,7
Molise	5,2	3,9	0,7	10,0	3,7
Campania	10,3	10,5	0,8	64,7	8,0
Puglia	5,6	8,4	0,5	23,3	2,7
Basilicata	3,6	3,2	0,3	5,8	1,0
Calabria	5,3	5,0	0,2	14,7	1,3
Sicilia	4,3	6,7	0,5	44,9	2,0
Sardegna	4,0	3,3	0,5	32,7	1,9
Italia	8,0	7,0	0,4	817,2	2,8

FASCIA COSTIERA

L'analisi del consumo di suolo nella **fascia costiera** viene valutato attraverso l'analisi a diverse distanze dalla linea di costa: 300 m (dove quasi un quarto del territorio è artificializzato), tra 300 e 1.000 m (19,0%), tra 1 km e 10 km (8,7%) e oltre 10 km (6,5%). I risultati mostrano che la percentuale maggiore di suolo consumato si ha nella prima fascia, dove i valori si attestano intorno al 30% per molte regioni, con i valori massimi in Liguria (47%) e nelle Marche (45,1%); in Abruzzo, Emilia-Romagna, Campania, Lazio, Puglia, Calabria e Sicilia sfiorano o superano il 30%, mentre nelle regioni restanti i valori sono inferiori alla media nazionale del 22,5% (Tabella 114).

Facendo, invece, riferimento all'incremento di consumo di suolo i valori massimi nella fascia tra 0 e 300 m sono stati registrati in Emilia-Romagna (+0,34%), Friuli-Venezia Giulia (+0,33%) e Sardegna (+0,29%). In Emilia-Romagna e in Sardegna si osservano anche i valori più elevati nella fascia tra 300 e 1000 m, rispettivamente con +0,66% e +0,53% cui si aggiunge il Veneto con +0,52%. Nella fascia tra 1000 m e 10 km l'incremento percentuale è al di sotto della media nazionale (+0,39%) per tutte le regioni tranne la Sardegna (+1,18%), l'Abruzzo (+0,52%), le Marche (+0,45%) e la Sicilia (+0,4%). L'incremento medio si aggira intorno allo 0,14% per la prima fascia, mentre per la seconda si attesta allo 0,27%. La densità di consumo di suolo maggiore si trova in Emilia-

Romagna in cui nella fascia tra 0 m e 300 m è pari a 12,62 m²/ha, seguito dalle Marche con 8,53 m²/ha e da Sicilia, Friuli-Venezia Giulia, Abruzzo e Lazio con valori superiori a 4 m²/ha. Per le altre Regioni la densità dei cambiamenti è inferiore a 5 m²/ha in tutte le fasce considerate, ad eccezione dell'Emilia-Romagna (22,87 m²/ha), delle Marche (8,31 m²/ha), della Campania (6,64 m²/ha), della Sicilia (6,14 m²/ha), della Puglia (5,67 m²/ha), del Molise (5,41 m²/ha), dell'Abruzzo (5,38 m²/ha), del Veneto (5,28 m²/ha) nella fascia 300 – 1000 m. Marche, Abruzzo e Sardegna superano i 5 m²/ha anche nella fascia 1 - 10 km. Desta preoccupazione il fatto che la densità dei cambiamenti in fascia costiera è ancora molto superiore rispetto al resto del territorio, a livello nazionale e in quasi tutte le regioni, e che in Emilia-Romagna si siano superati i 10 m²/ha di nuove artificializzazioni ogni ettaro di territorio entro i 300 metri dal mare.

Il confronto tra la carta nazionale di suolo consumato al 2022 e la distanza dalla linea di costa, suddivisa in fasce da 10 metri e depurata dai corpi idrici permanenti interni e dalle zone umide evidenzia che la percentuale maggiore (oltre il 25%) e viene raggiunta a una distanza di 110 m dalla linea di costa (Figura 175). Superata quella distanza la percentuale di suolo consumato comincia a decrescere con andamento parabolico fino a raggiungere, dopo i 4 km, un valore per lo più costante fino a 10 km (distanza massima dell'elaborazione).

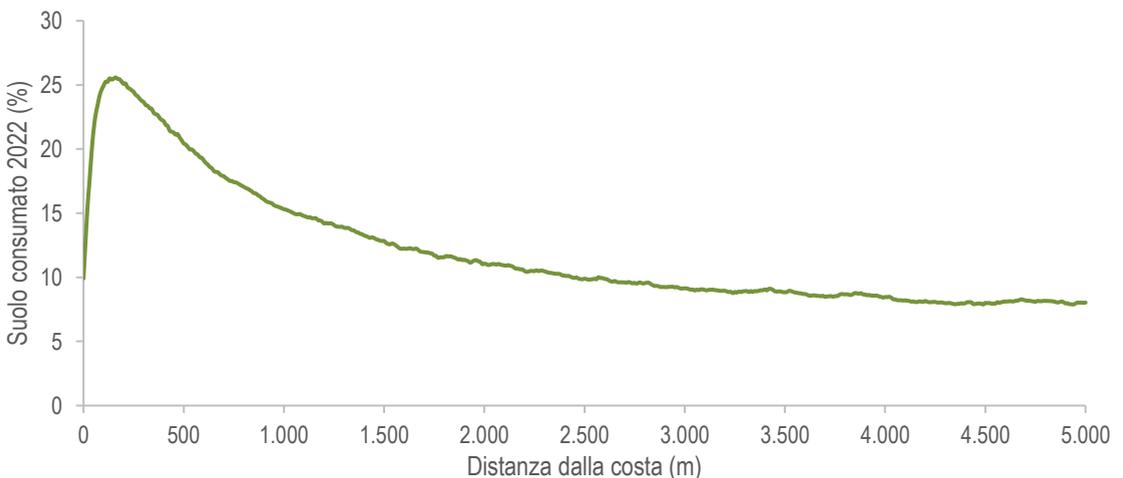


Figura 175. Percentuale di suolo consumato nazionale (2022) in funzione della distanza dalla linea di costa. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 114. Suolo consumato (2022) per classe di distanza dalla costa. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)			
	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km
Veneto	10,0	10,2	12,8	11,9
Friuli-Venezia Giulia	13,4	14,8	12,0	7,3
Liguria	47,0	29,3	8,0	3,3
Emilia-Romagna	37,0	35,1	11,0	8,5
Toscana	21,7	16,3	8,3	5,6
Marche	45,1	30,8	12,0	5,4
Lazio	30,0	21,4	10,7	7,4
Abruzzo	37,3	32,7	11,2	3,8
Molise	19,6	17,1	5,5	3,7
Campania	35,2	30,3	16,5	8,4
Puglia	29,7	21,8	10,1	6,4
Basilicata	6,7	4,7	3,8	3,1
Calabria	28,7	19,7	5,0	3,6
Sicilia	28,6	22,9	9,4	3,9
Sardegna	9,3	8,4	4,4	2,4
Italia	22,5	19,0	8,7	6,5

Tabella 115. Consumo di suolo annuale (2021-2022) per classe di distanza dalla costa. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo (incremento %)				Densità di consumo di suolo (m ² /ha)			
	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km	entro 300m	tra 300 e 1000m	tra 1 e 10km	oltre 10km
Veneto	0,08	0,52	0,32	0,34	0,83	5,28	4,14	4,07
Friuli-Venezia Giulia	0,33	0,15	0,27	0,24	4,35	2,24	3,27	1,77
Liguria	0,02	0,10	0,13	0,02	0,78	3,00	1,05	0,06
Emilia-Romagna	0,34	0,66	0,27	0,31	12,62	22,87	2,96	2,67
Toscana	0,04	0,19	0,21	0,16	0,91	3,05	1,71	0,92
Marche	0,19	0,27	0,45	0,30	8,53	8,31	5,43	1,62
Lazio	0,14	0,18	0,36	0,36	4,27	3,93	3,88	2,62
Abruzzo	0,12	0,17	0,52	0,21	4,30	5,38	5,81	0,79
Molise	0,09	0,32	0,19	0,50	1,80	5,41	1,04	1,84
Campania	0,07	0,22	0,28	0,47	2,62	6,64	4,62	3,93
Puglia	0,13	0,26	0,38	0,56	3,72	5,67	3,86	3,57
Basilicata	0,00	0,25	0,15	0,33	0,00	1,17	0,58	1,03
Calabria	0,05	0,15	0,12	0,09	1,30	2,89	0,59	0,31
Sicilia	0,17	0,27	0,40	0,39	4,75	6,14	3,72	1,54
Sardegna	0,29	0,53	1,18	0,33	2,71	4,41	5,19	0,79
Italia	0,14	0,27	0,39	0,33	3,05	5,18	3,39	2,11



Figura 176. Suolo consumato in percentuale in fascia costiera. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 177. Un edificio abbandonato a ridosso della costa

CLASSI ALTIMETRICHE E DI PENDENZA

Analizzando il suolo consumato in relazione all'**altitudine**¹⁰⁸ si osserva che a livello nazionale le aree di pianura sono quelle in cui il suolo consumato è maggiore, con l'11,4% della superficie, contro il 5,4% delle aree collinari e il 2,1% delle aree montane. In pianura, la regione con la maggiore percentuale di suolo consumato è il Trentino-Alto Adige, con il 22%, seguita dalla Campania con il 18%, la Liguria con il 17,9% e la Lombardia, con il 17,8% (Tabella 116).

Tabella 116. Suolo consumato (2022) per classe altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		
	Pianura	Collina	Montagna
Piemonte	10,9	9,5	1,5
Valle d'Aosta	0,1	26,3	1,5
Lombardia	17,8	14,0	1,6
Trentino-Alto Adige	22,4	10,8	1,9
Veneto	15,9	7,5	2,0
Friuli-Venezia Giulia	13,7	5,0	1,0
Liguria	17,9	4,4	1,7
Emilia-Romagna	11,9	4,4	3,3
Toscana	8,9	3,8	2,0

Umbria	9,5	4,5	1,7
Marche	10,5	5,0	1,6
Lazio	11,9	6,1	1,6
Abruzzo	10,3	5,7	2,5
Molise	4,7	4,0	3,5
Campania	18,0	7,3	3,0
Puglia	9,7	5,1	2,2
Basilicata	2,9	3,5	3,1
Calabria	7,8	5,0	2,1
Sicilia	9,9	4,9	3,0
Sardegna	4,8	2,0	1,2
Italia	11,4	5,4	2,1

Una percentuale elevata di suolo consumato rispetto alle altre regioni è registrata nella fascia collinare della Valle d'Aosta, in cui il 26,3% di suolo risulta essere consumato, pur considerando la scarsa estensione dell'area regionale in tale fascia altimetrica. Nella fascia montana, il valore più alto è in Molise con il 3,5% del suolo che risulta artificializzato.

Osservando i dati sull'incremento di consumo di suolo del 2022 rispetto al 2021 (Tabella 117) si evince che in pianura a livello nazionale la crescita è stata di 5.808 ettari, pari allo 0,37% in più rispetto all'anno precedente.

¹⁰⁸ I dati sono derivati da un'elaborazione della cartografia Tinitaly 1.1 aggiornata nel 2023 dall'INGV (Tarquini *et al.*, 2023).

La Lombardia è la regione in cui si è assistito all'incremento maggiore con 850 ettari, pari allo 0,35% in più rispetto al 2021, a cui fa seguito il Veneto con 669 ettari in più (+0,34%), mentre le regioni in cui il consumo di suolo è stato minore (escludendo la Valle d'Aosta) sono il Trentino-Alto Adige e la Liguria, con una crescita di 31 ettari in un anno (pari rispettivamente a +0,31% e +0,11%). Nella fascia collinare l'incremento maggiore è avvenuto in Piemonte, in Sicilia e in Puglia, rispettivamente con 126, 110 e 109 ettari in più nella suddetta fascia, a cui segue la Campania con 91 ettari; in Trentino-Alto Adige nella fascia montana sono stati consumati rispettivamente 88 ettari in più rispetto al 2021 (+0,38%) a cui segue la Sicilia con 61 ettari.

La densità dei cambiamenti è maggiore nella prima fascia altimetrica, dove si concentra l'82% del consumo di suolo dell'ultimo anno (5.808 ettari, pari a 4 metri quadrati ogni ettaro di territorio). La Campania super i 7 m²/ha di consumo di suolo, seguito da Lombardia e Trentino-Alto Adige con valori di densità di consumo di suolo

pari a 6,15 m²/ha e 6,95 m²/ha; valori superiori a 5 m²/ha si registrano in Veneto. Nelle altre fasce altimetriche la densità dei cambiamenti è decisamente inferiore (1,2 m²/ha in collina e 0,5 m²/ha in montagna), con valori regionali sempre sotto i 3 m²/ha.

L'andamento del suolo consumato rispetto all'altitudine (Figura 178) deriva da un confronto tra la cartografia SNPA e il modello digitale di elevazione su una griglia di 10x10m. Sull'asse delle ordinate sono presenti i valori della percentuale di suolo consumato rispetto al totale della superficie italiana a una determinata altitudine. Nei risultati non viene conteggiata la superficie occupata dai corpi idrici permanenti.

L'andamento decrescente della curva rispecchia i dati suddivisi in fasce altimetriche, evidenziando come le zone più interessate dal fenomeno siano quelle con un'altitudine prossima al livello del mare, che raggiungono valori prossimi al 20%.

Tabella 117. Consumo di suolo annuale (2021-2022) per classe altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Consumo di suolo (incremento ettari)			Densità di consumo di suolo (m ² /ha)			Consumo di suolo (incremento %)		
	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna
Piemonte	449	126	41	4,70	2,39	0,39	0,43	0,25	0,27
Valle d'Aosta	0	1	21	0	1,58	0,66	0	0,06	0,44
Lombardia	850	48	11	6,15	2,11	0,14	0,35	0,15	0,08
Trentino-Alto Adige	31	10	88	6,95	1,46	0,71	0,31	0,14	0,38
Veneto	669	34	36	5,33	2,85	0,8	0,34	0,38	0,4
Friuli-Venezia Giulia	146	4	7	3,52	0,57	0,22	0,26	0,11	0,22
Liguria	31	2	0	2	0,11	0	0,11	0,02	0
Emilia-Romagna	623	9	4	4,4	0,22	0,09	0,37	0,05	0,03
Toscana	199	30	9	1,63	0,45	0,22	0,18	0,12	0,11
Umbria	42	22	2	1,63	0,61	0,07	0,17	0,14	0,04
Marche	151	64	3	3,29	2,3	0,17	0,31	0,46	0,11
Lazio	417	55	14	4,51	1,35	0,36	0,38	0,22	0,22
Abruzzo	97	9	43	3,49	0,56	0,67	0,34	0,1	0,27
Molise	43	18	18	4,18	1,31	0,91	0,89	0,33	0,26
Campania	408	91	58	7,16	2,32	1,46	0,4	0,32	0,49
Puglia	605	109	4	4,36	2,4	0,47	0,45	0,47	0,21
Basilicata	47	20	33	1,81	0,63	0,78	0,62	0,18	0,25
Calabria	72	4	2	1,16	0,13	0,03	0,15	0,03	0,01
Sicilia	436	110	61	4,09	1,25	0,98	0,41	0,26	0,32
Sardegna	493	33	11	3,9	0,46	0,27	0,81	0,23	0,23
Italia	5.808	800	468	4,14	1,2	0,5	0,37	0,22	0,24

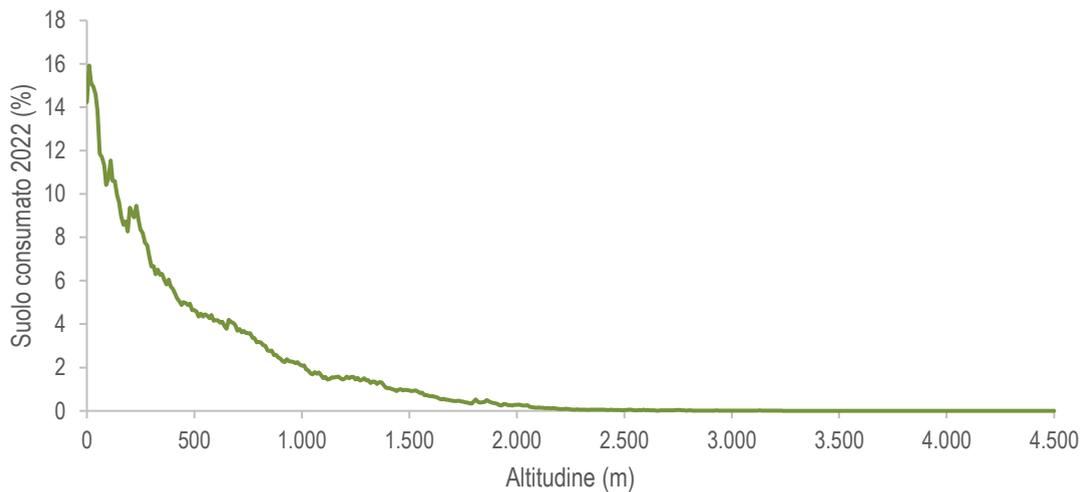


Figura 178. Percentuale di suolo consumato nazionale (2022) in funzione dell'altitudine. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

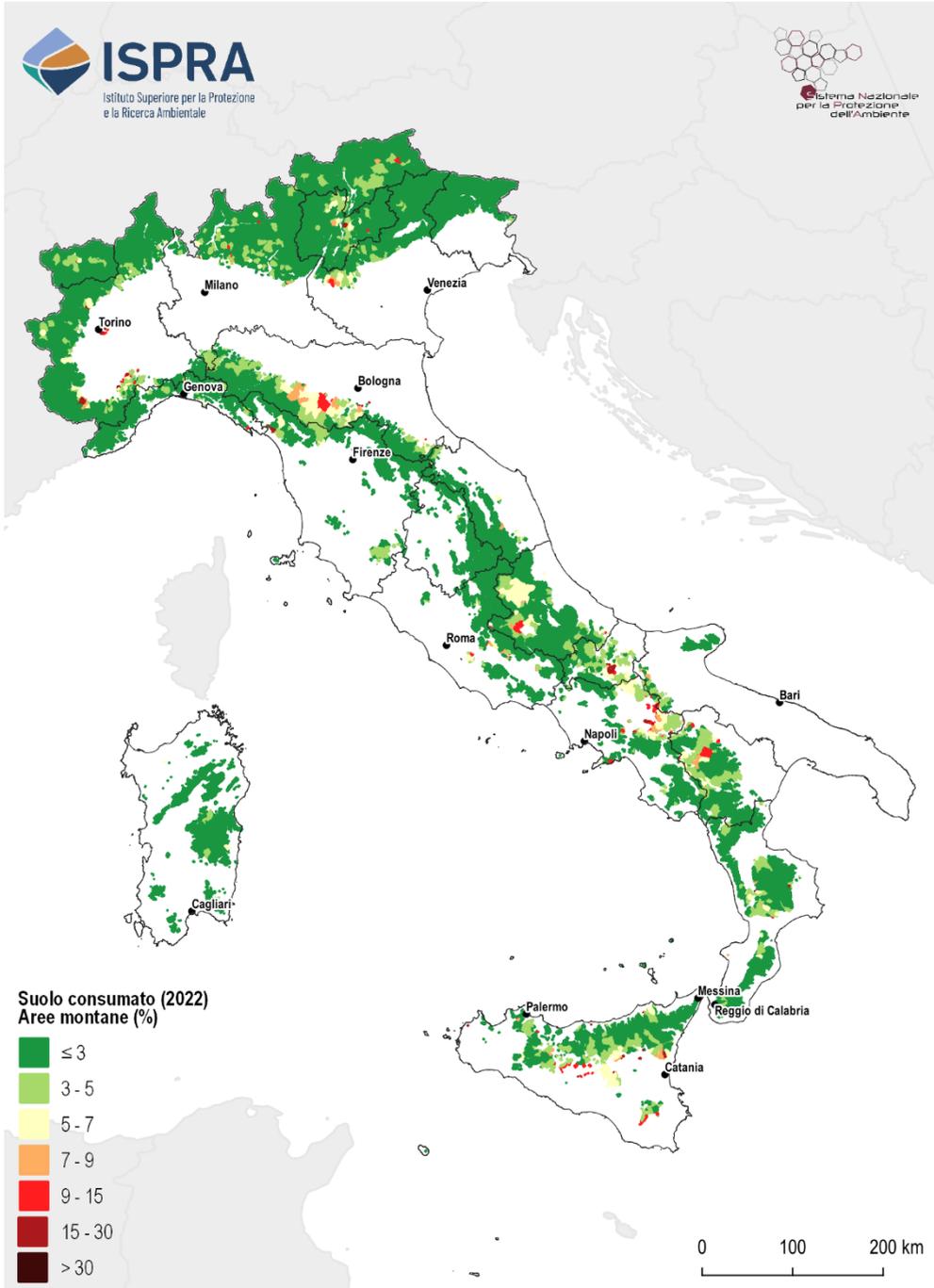


Figura 179. Suolo consumato in percentuale nelle aree montane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il suolo consumato è maggiore nelle aree con **pendenza** inferiore al 10%, in cui a livello nazionale il 13,2% risulta essere coperto da superfici artificiali, contro il 3,2% delle aree a maggiore pendenza. La Liguria, per le sue particolari caratteristiche orografiche, è la regione con le percentuali maggiori nelle aree con pendenza inferiore al 10% (con il 38,35% di suolo consumato). Nelle altre regioni la percentuale è inferiore al 20% nelle zone con pendenza inferiore al 10%, tranne in Campania che registra il 21,3% di superfici artificiali al 2022, e al 5% nelle zone con pendenza maggiore del 10%, ad eccezione della Liguria e della Campania che registrano rispettivamente il 5,2% e il 5,6% di suolo consumato (Tabella 118).

Tra il 2021 e il 2022 l'incremento percentuale maggiore si è registrato in Sardegna con 0,83% (+457 ettari) in più

nelle aree con pendenza minore del 10% e in Puglia con 0,52% (+61 ettari) nelle aree con pendenza maggiore del 10%.

In termini assoluti, il consumo di suolo dell'ultimo anno si è concentrato nelle aree a bassa pendenza, dove sono stati rilevati 5.779 ettari (82% del totale dei cambiamenti). La Regione con il maggiore incremento di consumo di suolo in termini assoluti in queste aree è la Lombardia, in cui tra il 2021 e il 2022 è aumentato di 869 ettari.

La densità del consumo di suolo è maggiore in Campania in Lombardia e nelle Marche con rispettivamente 9,4 m²/ha, 6,3 m²/ha e 6,4 m²/ha. Le aree con pendenza maggiore del 10% invece hanno una densità di consumo di suolo inferiore all'1% per tutte le Regioni, con la Puglia che registra il valore più alto (1,81 m²/ha).

Tabella 118. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) per classe di pendenza. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Suolo consumato (%)		Consumo di suolo (incremento ettari)		Consumo di suolo (incremento %)		Densità di consumo di suolo (m ² /ha)	
	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza	tra 0 e 10% di pendenza	oltre il 10% di pendenza
Piemonte	12,92	2,64	534,86	82,05	0,41	0,2	5,33	0,53
Valle d'Aosta	19,17	1,55	3,03	19,2	0,14	0,4	2,71	0,61
Lombardia	18,26	3,72	868,68	39,16	0,34	0,1	6,27	0,39
Trentino-Alto Adige	18,13	1,84	58,9	71,12	0,33	0,31	5,98	0,56
Veneto	16,39	3,63	666,72	72,54	0,34	0,31	5,62	1,12
Friuli-Venezia Giulia	14,18	2,17	143,22	13,23	0,26	0,15	3,71	0,33
Liguria	38,35	5,2	15	17,99	0,12	0,07	4,47	0,35
Emilia-Romagna	13,04	4,06	608,65	26,79	0,39	0,06	5,03	0,26
Toscana	14,05	3,12	170	67,91	0,19	0,13	2,65	0,41
Umbria	11,64	3,03	46,71	18,66	0,18	0,1	2,14	0,3
Marche	18,74	4,06	118,06	99,68	0,34	0,33	6,41	1,33
Lazio	13,45	4,29	361,5	123,94	0,37	0,29	4,97	1,25
Abruzzo	13,84	2,89	100,02	48,88	0,35	0,19	4,8	0,56
Molise	7,7	2,95	48,96	30,98	0,69	0,3	5,3	0,88
Campania	21,27	5,57	401,45	155,23	0,44	0,3	9,37	1,67
Puglia	9,24	3,5	657,41	61,05	0,45	0,52	4,11	1,81
Basilicata	5,42	2,5	54,97	45,41	0,44	0,24	2,36	0,59
Calabria	11,52	3,27	55,49	22,64	0,15	0,06	1,69	0,19
Sicilia	12,01	3,75	408,77	199,2	0,4	0,31	4,74	1,17
Sardegna	6,07	1,67	456,61	80,83	0,83	0,32	4,99	0,54
Italia	13,23	3,25	5.779	1.296	0,37	0,22	4,92	0,7

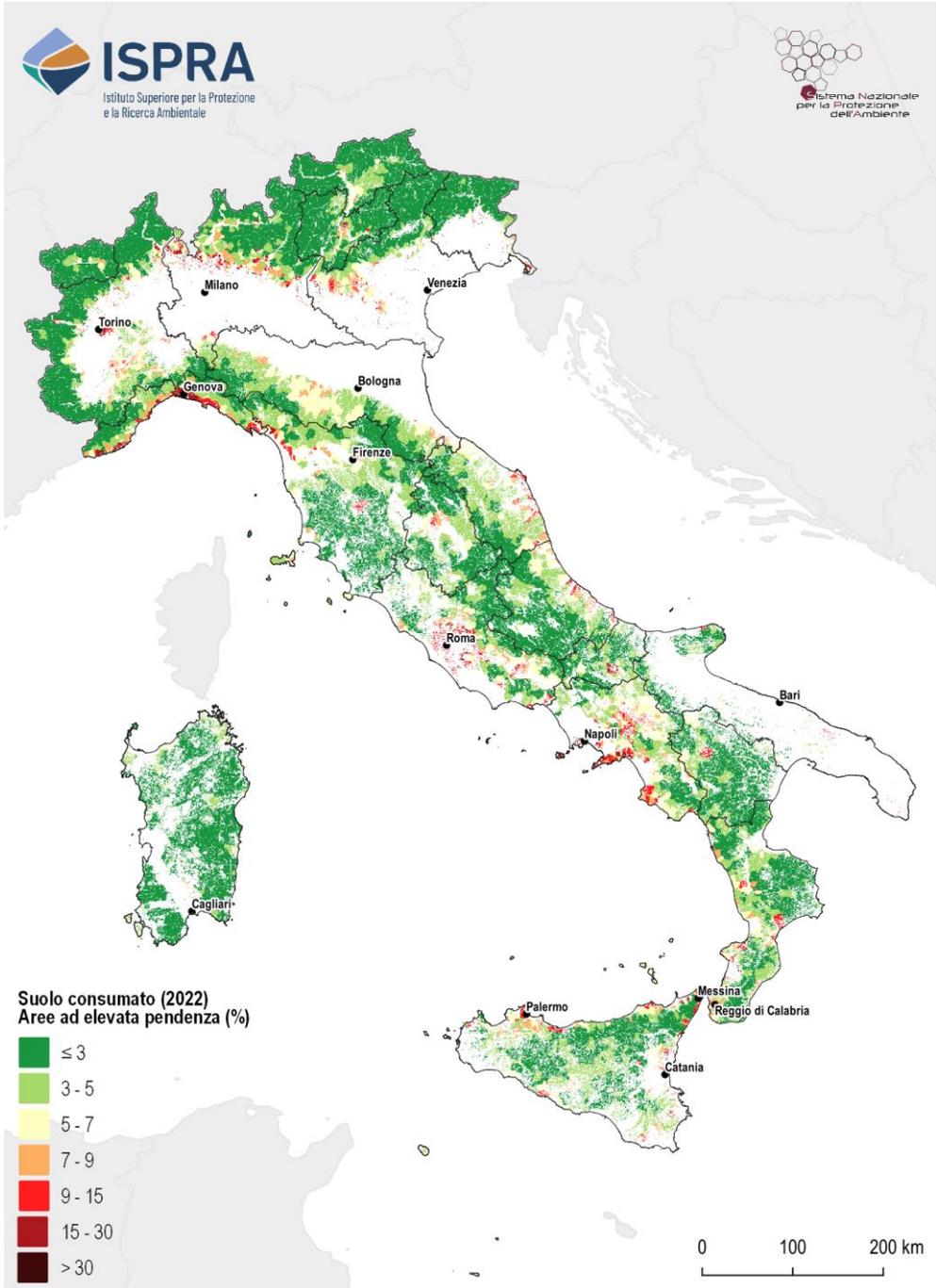


Figura 180. Suolo consumato in percentuale nelle aree a pendenza elevata. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

TIPOLOGIE DI SUOLO

I suoli sono corpi naturali che, essendo il risultato dell'interazione di diversi fattori ambientali (morfologia, substrato, copertura del suolo, organismi, clima, vegetazione) nel tempo, sono estremamente variabili nello spazio (e nel tempo). Risolvere cartograficamente questa variabilità richiede approcci differenziati a seconda della scala di rappresentazione e dei fenomeni che si intende mettere in luce e nel nostro Paese permane un quadro conoscitivo lacunoso dei suoli. A scala nazionale il primo elaborato pubblicato è la carta Ecopedologica d'Italia, realizzata con un progetto del Ministero dell'Ambiente (MATTM) con la collaborazione del *Joint Research Centre* e di alcune regioni (Rusco *et al.*, 2003). Successivamente è stata elaborata dal CREA la Carta dei Suoli d'Italia (Costantini *et al.*, 2012) nella quale vengono rappresentati i principali paesaggi pedologici italiani. La carta è un prodotto derivato dal progetto "Carta dei Suoli d'Italia a scala 1:250.000" (finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole negli anni 1999-2006), che ha definito degli standard di riferimento dal punto di vista delle scale e dei relativi contenuti informativi e ha prodotto carte dei suoli in scala 1:250.000 in diverse regioni italiane.

Nella Carta dei Suoli d'Italia le 10 regioni pedologiche (RP) rappresentano il primo livello della gerarchia dei pedopaesaggi nazionali. I fattori fondamentali per la determinazione delle regioni sono le condizioni climatiche e quelle geologiche; si presuppone infatti che tali elementi caratterizzino lo sviluppo di diversi processi pedogenetici così da dar luogo a differenti suoli dominanti. Mantenendo il significato di contenitore pedogeografico complesso, in cui un insieme di paesaggi è legato da relazioni funzionali relative ai fattori della pedogenesi e alla gestione dei suoli, all'interno delle regioni pedologiche sono state individuate 47 province pedologiche (PP) che si differenziano per fisiografia e caratteristiche geomorfologiche. A scala di maggior dettaglio, i sistemi e sottosistemi di suolo differenziano i diversi pedopaesaggi.

Le unità cartografiche della carta contengono molti tipi di suolo con caratteristiche tra loro molto diverse, che tuttavia si ripetono con pattern spaziali tipici.

Sovrapponendo la carta del suolo consumato aggiornata al 2021 si ottengono i dati riportati in Tabella 119. Se si considera il suolo consumato in ettari, la RP maggiormente coinvolta è la **D** e subito dopo con valori molto simili tra di loro, troviamo la **L** e la **G**. Queste prime tre RP comprendono la quasi totalità dei terreni pianeggianti italiani. All'interno della RP **D** "Suoli della pianura padana e colline associate", si trovano i suoli tra i più fertili di Italia, dove è concentrata molta della produzione agricola nazionale. Circa 691.034 ettari sono stati consumati, ed il consumo interessa prevalentemente i suoli migliori (PP 21, 22, 23, 24). La RP **L**, "Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia", comprende altre importanti pianure costiere ed interne della penisola, dove circa 246.941 ettari sono stati consumati complessivamente. Anche in questo caso il consumo si concentra sui suoli migliori per l'agricoltura: il Campidano in Sardegna, la pianura di Metaponto in Basilicata, la piana di Catania, la zona del Tavoliere della Puglia (PP 47). Considerando il valore percentuale di suolo consumato all'interno delle RP, la **D** risulta consumata per il 14,49%, in particolare nella pianura lombarda vicino a Milano (PP 19) e nelle zone di alta pianura piemontese, veneta e friulana (PP 21). Appena dopo abbiamo la RP **L** che identifica i "Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia" con circa il 9,22% di suolo consumato. Notevole è anche la RP **H** "Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari", la quale ha perso per consumo di suolo gran parte del territorio. Il consumo arriva in questo caso a 6,81%, che si concentra però in zone dove sono presenti suoli di origine vulcanica di particolare pregio (intorno a Napoli). La RP **I** "Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei", arealmente più limitata, comprende zone dove sono diffusi suoli tipici dell'area mediterranea, come le terre rosse mediterranee (PP 42 e 44) di Sicilia e del Salento, importanti oltre che sul piano agricolo per colture di qualità, come vite ed olivo, anche sul piano paesaggistico.

Tabella 119. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) per Regione Pedologica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia MIPAAFT e SNPA

Regioni pedologiche		Suoli: gruppi principali	Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-22 (%)	Densità di consumo di suolo 2021-22 (m ² /ha)
A	Suoli delle Alpi e Prealpi	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Podzol	153.970	3,08	0,23	0,71
B	Suoli degli Appennini a clima temperato	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Calcisol	125.799	3,58	0,15	0,54
C	Suoli delle colline del nord Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Luvisol, Calcisol	62.853	5,85	0,15	0,89
D	Suoli della pianura padana e colline associate	Cambisol, Calcisol, Luvisol, Vertisol, Fluvisol	691.034	14,49	0,38	5,46
E	Suoli degli Appennini centrali e meridionali	Cambisol, Regosol, Calcisol, Luvisol, Umbrisol	108.614	3,64	0,28	1,02
F	Suoli delle montagne della Sardegna e Sicilia su rocce ignee e metamorfiche	Leptosol, Cambisol, Umbrisol, Andosols, Luvisol	34.559	2,65	0,46	1,22
G	Suoli delle colline del centro e sud Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Calcisol, Phaeozem, Luvisol	235.545	4,96	0,26	1,31
H	Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari	Cambisol, Regosol, Andosol, Leptosol, Luvisol	107.711	6,81	0,53	3,59
I	Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei	Luvisol, Cambisol, Regosol, Phaeozem, Vertisol	116.960	6,73	0,40	2,66
L	Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia	Cambisol, Luvisol, Calcisol, Vertisol, Regosol	246.941	9,22	0,46	4,18

UNITÀ FISIOGRAFICHE DEL PAESAGGIO

I dati del Progetto della Carta della Natura¹⁰⁹ possono essere utilizzati come riferimento per analizzare la distribuzione del consumo di suolo avvenuto tra il 2021 e il 2022 all'interno delle diverse tipologie di paesaggio presenti in Italia. Individuando le unità fisiografiche del paesaggio e verificandone la relazione spaziale con la carta del suolo consumato è infatti possibile quantificare l'impatto dei cambiamenti avvenuti sul territorio nazionale nelle diverse unità. In particolare, è possibile ottenere, per ogni unità fisiografica: la percentuale di superficie occupata da suolo consumato nel 2022, il consumo di suolo netto avvenuto tra 2021 e 2022 espresso in ettari e il suo incremento percentuale.

Come mostrato in Tabella 120, gli ambiti paesaggistici più interessati dal fenomeno in termini di percentuale di suolo consumato riguardano le unità fisiografiche descrittive di paesaggi di pianura e collina, come ad esempio la Pianura costiera (18,8%), le Colline moreniche (18,2%), la Pianura aperta (14,7%) e di fondovalle (14,1%), confermando anche il quadro nazionale che rileva una percentuale maggiore nelle aree pianeggianti. Le percentuali di suolo consumato più basse sono registrate nelle unità fisiografiche descrittive di paesaggi di montagna in alta quota, dove ci sono condizioni ambientali meno favorevoli alle attività antropiche: nel Paesaggio dolomitico rupestre si registra lo 0,1% e in quello glaciale di alta quota lo 0,3%.

L'analisi dei dati riferiti agli ettari di consumo di suolo avvenuto tra il 2021 e il 2022 nelle diverse unità mostra come il fenomeno si verifica maggiormente nei paesaggi tipicamente interessati da attività agricola, presenza di

zone urbanizzate e di strutture antropiche grandi e/o diffuse. Si tratta, quindi, di paesaggi di pianura e, in particolare, è l'unità fisiografica descrittiva della Pianura aperta ad avere il maggiore incremento con 2.460 ettari di suolo interessati dal consumo. A questa seguono, con valori ben più esigui, la Pianura costiera (812 ettari) e la Pianura di fondovalle (618 ettari). Infine, l'analisi dell'incremento percentuale nel 2022 rispetto al 2021, mostra il valore più alto nel Paesaggio dolomitico rupestre con 1,77%, seguito dall'Altopiano intramontano con 0,60%, e dalle Colline granitiche con 0,57%. Appaiono significativi, inoltre, i dati riferiti al Paesaggio glaciale di alta quota, unità fisiografica con la seconda minor percentuale di suolo consumato, ma interessata da uno tra i maggiori valori di incremento del fenomeno (0,50%).



¹⁰⁹ Il Progetto Carta Natura, coordinato dall'ISPRA e realizzato con la partecipazione di altri soggetti (Regioni, ARPA/APPA, Enti Parco, Università) ha l'obiettivo di "individuare lo stato dell'ambiente naturale in Italia, evidenziando i valori naturali ed i profili di vulnerabilità", come disciplinato dalla Legge quadro sulle aree protette (L. 394/91). L'esito del progetto è uno strumento cartografico realizzato con un approccio multiscalare dal quale vengono derivate anche alcune valutazioni sintetiche sullo stato dell'ambiente naturale (cfr. paragrafo seguente). Dal 2018, a seguito della disponibilità di dati a maggiore risoluzione e di perfezionamenti metodologici, le carte degli habitat sono state prodotte alla scala 1:25.000 con un'unità minima cartografabile di 1 ettaro, incrementando così il dettaglio spaziale rispetto alle precedenti, prodotte alla scala 1:50.000. Contestualmente, è stata adottata una

nuova legenda nazionale (https://www.isprambiente.gov.it/it/servizi/sistema-carta-della-natura/files/LegendaCartadellaNatura2019_04_18.pdf) che si allinea al sistema di nomenclatura europeo Palaeartic ed EUNIS. La classificazione EUNIS è un sistema gerarchico che considera tutti i tipi di habitat, naturali ed artificiali, terrestri, d'acqua dolce e marini, ed è realizzato in modo da potersi collegare con gli altri importanti sistemi europei di classificazione (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003800/3802-rapporti-39-2004-habitat.pdf>). Allo stato attuale, i lavori di restituzione cartografica e valutazione sono stati conclusi per quasi tutto il territorio nazionale ad eccezione delle regioni Calabria, Lombardia, Piemonte e Trentino Alto-Adige.

Tabella 120. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2020-2022) per unità fisiografica del paesaggio. Fonte: elaborazioni ISPRA su Carta della Natura e cartografia SNPA

Unità fisiografiche del paesaggio		Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 (%)
1	Paesaggio glaciale di alta quota	0,3	14,53	0,50
2	Valle montana	2,2	50,71	0,24
3	Pianura di fondovalle	14,1	617,72	0,31
4	Montagne metamorfiche e cristalline	3,2	78,62	0,16
5	Montagne carbonatiche	2,6	149,77	0,23
6	Conca intermontana	9,8	71,87	0,38
7	Montagne terrigene	3,6	91,95	0,09
8	Paesaggio dolomitico rupestre	0,1	1,09	1,77
9	Montagne porfiriche	4,2	9,67	0,17
10	Montagne dolomitiche	2,7	16,21	0,09
11	Altopiano intramontano	3,0	16,66	0,60
12	Lago	0,8	1,40	0,12
13	Colline carbonatiche	6,4	111,46	0,27
14	Pianura aperta	14,7	2459,95	0,39
15	Colline terrigene	6,0	417,43	0,25
16	Colline moreniche	18,2	132,98	0,29
17	Pianura golenale	7,5	58,03	0,31
18	Tavolato carbonatico	11,7	416,51	0,38
19	Lagune	2,9	3,80	0,11
20	Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	8,8	365,51	0,39
21	Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	7,1	426,63	0,44
22	Pianura costiera	18,8	812,63	0,38
23	Piccole isole	9,6	3,43	0,08
24	Rilievo roccioso isolato	3,2	0,21	0,01
25	Colline argillose	5,4	312,77	0,32
26	Paesaggio collinare eterogeneo	3,3	70,48	0,24
27	Rilievo costiero isolato	9,9	4,15	0,11
28	Montagne vulcaniche	2,5	0,52	0,05
29	Edificio montuoso vulcanico	6,1	5,11	0,09
30	Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	4,6	242,78	0,38
31	Paesaggio a colli isolati	6,6	7,70	0,15
32	Colline granitiche	2,6	62,25	0,57
33	Colline metamorfiche e cristalline	2,1	14,25	0,20
34	Montagne granitiche	1,3	2,02	0,13
35	Tavolato lavico	3,1	17,07	0,40
36	Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	7,8	3,23	0,05
37	Paesaggio con tavolati in aree montuose	2,1	0,00	0,00

CLASSI DI COPERTURA E AMBITI DI USO DEL SUOLO

La distribuzione territoriale del consumo di suolo rispetto alle classi di copertura del suolo e agli ambiti di uso del suolo è stata valutata utilizzando le mappe di uso e copertura del suolo realizzate da ISPRA e basate sull'integrazione della carta nazionale del consumo di suolo con i principali dati CLMS¹¹⁰.

Dal punto di vista della copertura del suolo (Tabella 121), il consumo di suolo si è concentrato prevalentemente nelle aree vegetate, in particolare nelle aree a copertura erbacea, dove ricade oltre l'80% dei cambiamenti totali (dei quali 3.351 ettari nell'erbaceo periodico e 2.553 in quello permanente). Le aree con vegetazione erbacea sono anche quelle con i più alti valori di densità di cambiamenti, con oltre 4 metri quadrati di nuovo consumo di suolo per ogni ettaro di territorio nelle aree con vegetazione erbacea permanente e poco meno (3,72 m²/ha) nelle aree coperte da vegetazione erbacea periodica.

Tabella 121. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di copertura per il periodo 2021-2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Copertura del suolo	Consumo di suolo (2021-2022)	
	(ha)	(m ² /ha)
Superfici consolidate	5	0,11
Superfici non consolidate	8	0,26
Latifoglie	861	0,88
Conifere	70	0,37
Arbusteti	204	1,01
Erbaceo periodico	3.351	3,72
Erbaceo permanente	2.553	4,13
Corpi idrici permanenti	18	0,39
Ghiacci e nevi perenni	0	0,00
Zone umide	6	1,14

Dal punto di vista dell'uso del suolo, i cambiamenti avvenuti tra il 2021 e il 2022 a livello nazionale hanno interessato soprattutto le aree agricole, con particolare riferimento ai seminativi, dove si sono concentrati oltre il 40% dei cambiamenti (2.975 ettari). Importante anche il nuovo consumo di suolo nelle aree già a uso urbano e aree assimilate, ivi ricade quasi un quarto dei cambiamenti e i

valori di densità più alti dopo le aree destinate ad attività estrattive (Tabella 122).

Tabella 122. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di uso per il periodo 2021-2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Uso del suolo	Consumo di suolo 2021-2022	
	(ha)	(m ² /ha)
Seminativi	2.979	3,71
Foraggere	466	5,05
Colture permanenti	509	2,19
Aree agroforestali	20	1,19
Altre aree agricole	501	2,36
Forestale	336	0,36
Cave e miniere	50	23,23
Urbano e aree assimilate	1.696	7,24
Usi d'acqua	18	0,39
Zone umide	495	1,13
Altri usi non economici	7.076	2,35

¹¹⁰ Anche questi dati sono disponibili nell'area download del sito dell'ISPRA.

DENSITÀ E CARATTERI DEMOGRAFICI

La densità di popolazione svolge un ruolo fondamentale nella descrizione dei processi di urbanizzazione e delle dinamiche territoriali. Per analizzare il consumo di suolo e la sua distribuzione in base alla densità di popolazione, gli indicatori del consumo di suolo sono stati confrontati con i dati sulla popolazione del censimento 2011 spazializzati da ISPRA. Per la spazializzazione sono stati integrati i dati censuari Istat e la cartografia del consumo di suolo, seguendo una metodologia sviluppata nell'ambito di un precedente lavoro eseguito in collaborazione tra Istat e ISPRA (Ballin *et al.*, 2016) aggiornata quest'anno. I dati utilizzati sono principalmente: la popolazione per sezione di censimento e la carta del suolo consumato relativa al 2012. Poiché lo strato informativo del suolo consumato non permette la completa distinzione dell'uso del suolo (ad esempio aree industriali o residenziali, etc.), per caratterizzarlo sono stati utilizzati ulteriori strati informativi ancillari quali il grafo stradale e le carte di uso del suolo regionali. In questo modo, per ciascuna sezione di censimento, si è potuto identificare il suolo consumato per uso abitativo prevalente. A questo punto si è potuto ridistribuire la popolazione censuaria di ciascuna sezione su una griglia di 10x10m.

I risultati dell'analisi (Tabella 123) evidenziano che la classe che presenta la percentuale più alta di suolo consumato (86%) è quella con la densità maggiore di popolazione (>10.000) e questa corrispondenza si conserva

in tutte le classi. Quindi, al decrescere della densità di popolazione diminuisce anche la percentuale di suolo consumato. Viceversa, il suolo consumato pro-capite è molto basso nelle classi con alta densità (29 m²/ab) ed elevato nelle classi meno densamente popolate, fino a superare i 2,2 ettari per abitante.

Per quanto riguarda il consumo di suolo rapportato alla superficie della classe (Tabella 123), la classe che presenta maggiori incrementi è quella con un numero di abitanti compreso tra 1.000 e 5.000 (Classe 8), in cui nell'ultimo anno sono stati consumati 9,9 m² per ogni ettaro dell'intera superficie della classe. La classe più densamente popolata ha un incremento più basso (2,3 m²/ha), probabilmente a causa della minore disponibilità di suolo utile. Dalla Classe 7 alla Classe 0 gli incrementi decrescono progressivamente al diminuire della densità di popolazione, con una piccola inversione di tendenza fra la classe 4 e la classe 5.

Analizzando più in dettaglio la tipologia di cambiamento (Figura 181) si nota che i cambiamenti più frequenti sono i nuovi cantieri e aree in terra battuta, seguiti dai nuovi edifici. Per entrambe le categorie si nota che l'andamento segue quello generale, con picchi nella Classe 8 e decrescendo, da un lato fino alla Classe 0 (con una piccola eccezione tra le classi 4 e 5) e dall'altro fino alla Classe 10. In tutte le classi si continua a consumare più di quanto si rinaturalizzi.

Tabella 123. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) per classe di densità di popolazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di densità di popolazione	Densità demografica (abitanti/km ²)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Suolo consumato (m ² /abitante)	Densità consumo di suolo (m ² /ha)	Consumo di suolo (ha)
Classe 0	0	145.685	1,3	-	0,7	846
Classe 1	0 - 1	34.765	2,3	22.645	1,1	165
Classe 2	1 - 20	230.240	3,7	4.070	1,9	1202
Classe 3	20 - 100	362.266	7,1	1.175	2,9	1487
Classe 4	100 - 150	106.887	10,4	831	4,1	424
Classe 5	150 - 200	78.704	11,9	680	3,9	259
Classe 6	200 - 500	280.050	15,7	449	4,5	805
Classe 7	500 - 1000	238.938	24,4	326	6,6	650
Classe 8	1.000 - 5.000	523.475	46,0	153	9,9	1122
Classe 9	5.000 - 10.000	110.502	75,1	100	7,0	104
Classe 10	> 10.000	39.925	86,0	29	2,3	11

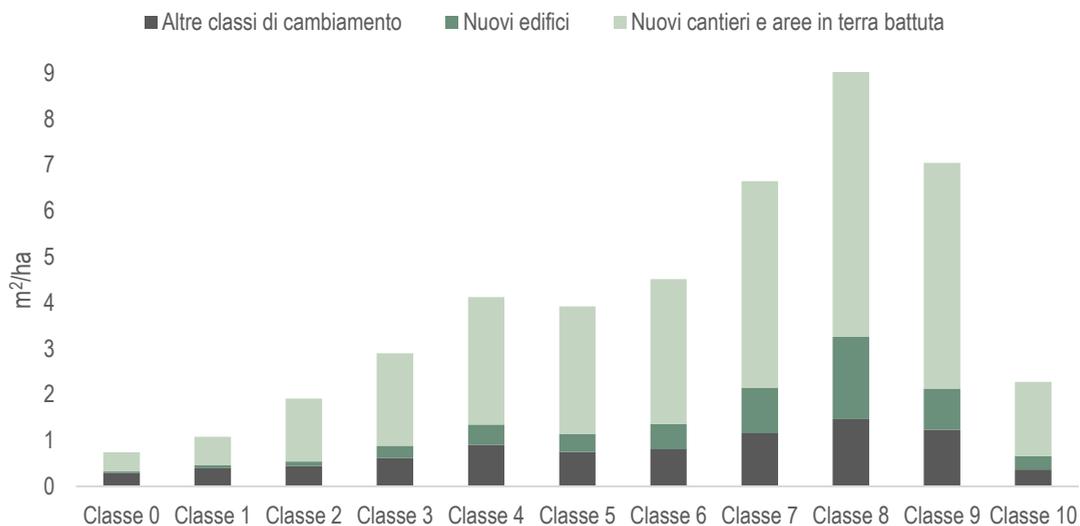


Figura 181. Densità (m²/ha) di consumo di suolo netto per tipologia di cambiamento. In verde chiaro l'incremento relativo ai nuovi cantieri e aree in terra battuta, in verde l'incremento dei nuovi edifici e in verde scuro tutte le altre tipologie di cambiamento. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'analisi del consumo di suolo, considerando i cambiamenti relativi all'anno 2022, con l'**indice di dipendenza strutturale** permette di verificare la relazione con una variabile di rilevanza economica e sociale. L'indice di dipendenza rappresenta il rapporto tra la popolazione in età non attiva (0-14 anni e 65 anni e più) e popolazione in età attiva (15-64 anni), moltiplicato per 100.

La relazione tra il consumo di suolo e le classi dell'indice di dipendenza, è utile per analizzare le modalità di cambiamento dell'uso del suolo avvenute sulla base della distribuzione della popolazione attiva o meno. Il maggior consumo di suolo in ettari (circa l'82% di quello complessivo) e il maggior consumo di suolo per la classe degli edifici e dei fabbricati si concentrano dove l'indice assume valori compresi tra 25 e 75. In queste stesse aree vi sono densità dei cambiamenti dell'ultimo anno decisamente superiori alla media nazionale (Tabella 124). In altri termini, il consumo di suolo è più marcato laddove la popolazione risulta essere prevalentemente attiva.

Nell'ultimo anno i dati mostrano, inoltre, valori di densità superiori alla media nazionale anche per valori molto alti dell'indice (maggiori di 125).

Tabella 124. Consumo di suolo annuale netto (2021-2022) per classe di indice di dipendenza (elaborato sulle sezioni di censimento, escluse quelle prive di abitanti). Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Indice di dipendenza	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Consumo di suolo 2021-2022 per edifici e fabbricati (ha)	Densità di consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha)
0-25	388	41	3,3
25-50	2.681	385	3,6
50-75	2.001	331	2,8
75-100	326	49	2,3
100-125	244	24	2,0
125-150	27	5	1,3
>150	42	4	1,4

IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO

Valutare l'impatto del consumo di suolo permette di comprendere la portata del fenomeno e le conseguenze su molti aspetti della nostra vita e sulla qualità della stessa. Di seguito è riportata una serie non esaustiva dei principali effetti ambientali, tra cui in particolare la frammentazione e la perdita di servizi ecosistemici, nonché alcuni aspetti specifici, quali il fenomeno dell'isola di calore urbana. La valutazione è prodotta con riferimento a un intervallo di tempo necessariamente più ampio rispetto all'ultimo anno, qui considerato in particolare per i servizi ecosistemici per l'intera serie storica a partire dal 2006, anche in considerazione della qualità delle informazioni disponibili.

AREA DI IMPATTO POTENZIALE

Il consumo di suolo può avere effetti indiretti sui servizi ecosistemici e la biodiversità anche in aree limitrofe a quelle costruite, causando fenomeni di degrado collegati all'urbanizzazione e all'espansione delle aree artificiali, tra cui ad esempio: il disturbo acustico, la contaminazione locale, la diffusione di specie alloctone, con relativi rischi di loro diffusione spontanea, o di predatori di compagnia.

Al fine di considerare gli effetti indiretti del consumo di suolo anche su aree distanti dalle superfici effettivamente costruite, viene elaborata una stima orientativa dell'impatto potenziale del consumo di suolo con un criterio di influenza basato sulla distanza dalle superfici potenzialmente interessate calcolata tramite alcuni buffer (cioè, fasce all'interno di una certa distanza) di 60, 100 e 200 metri (Tabella 125).

La percentuale di superficie indirettamente interessata dal consumo di suolo a livello nazionale è risultata essere pari a 33,6% (entro 60 m), 46,3% (entro 100 m) e 66,1% (entro 200 m), da cui si evince che oltre un terzo del territorio nazionale ricade entro 60 metri dal suolo consumato (come illustrato in Figura 182), e circa due terzi ricadono entro 200 metri dal suolo consumato.

Le percentuali delle aree di impatto entro 60 m risultano maggiori per Puglia (45,0%), Campania (44,3%) e Veneto (41,8%). Relativamente alle aree di impatto entro 100 m, le percentuali più alte al livello regionale risultano in Puglia, Campania, e Emilia-Romagna (rispettivamente con 61,9%, 58,4% e 54,7%). Per l'area di impatto entro 200 metri, le percentuali più alte sono in Puglia (82,9%), Emilia-Romagna (77,1%) e Campania (77,1%).

Tabella 125. Percentuale di superficie del territorio impattata direttamente o indirettamente (a distanza di 60, 100 e 200 metri) dal suolo consumato al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Regione	Superficie impattata dal suolo consumato (% 2022)		
	60 m	100 m	200 m
Piemonte	30,5	43,2	63,8
Valle d'Aosta	12,2	17,3	27,9
Lombardia	40,7	53,2	71,7
Trentino-Alto Adige	15,6	22,0	34,1
Veneto	41,8	54,1	71,3
Friuli-Venezia Giulia	32,6	43,3	59,4
Liguria	34,3	46,1	65,7
Emilia-Romagna	39,9	54,7	77,1
Toscana	32,1	45,0	66,9
Umbria	30,3	43,3	65,4
Marche	36,0	51,1	74,6
Lazio	37,4	49,5	67,3
Abruzzo	26,6	36,9	53,5
Molise	28,7	41,5	63,3
Campania	44,3	58,4	77,1
Puglia	45,0	61,9	82,9
Basilicata	24,3	35,9	56,9
Calabria	28,2	40,1	60,0
Sicilia	36,9	52,4	75,4
Sardegna	22,1	32,8	53,3
Italia	33,6	46,3	66,1

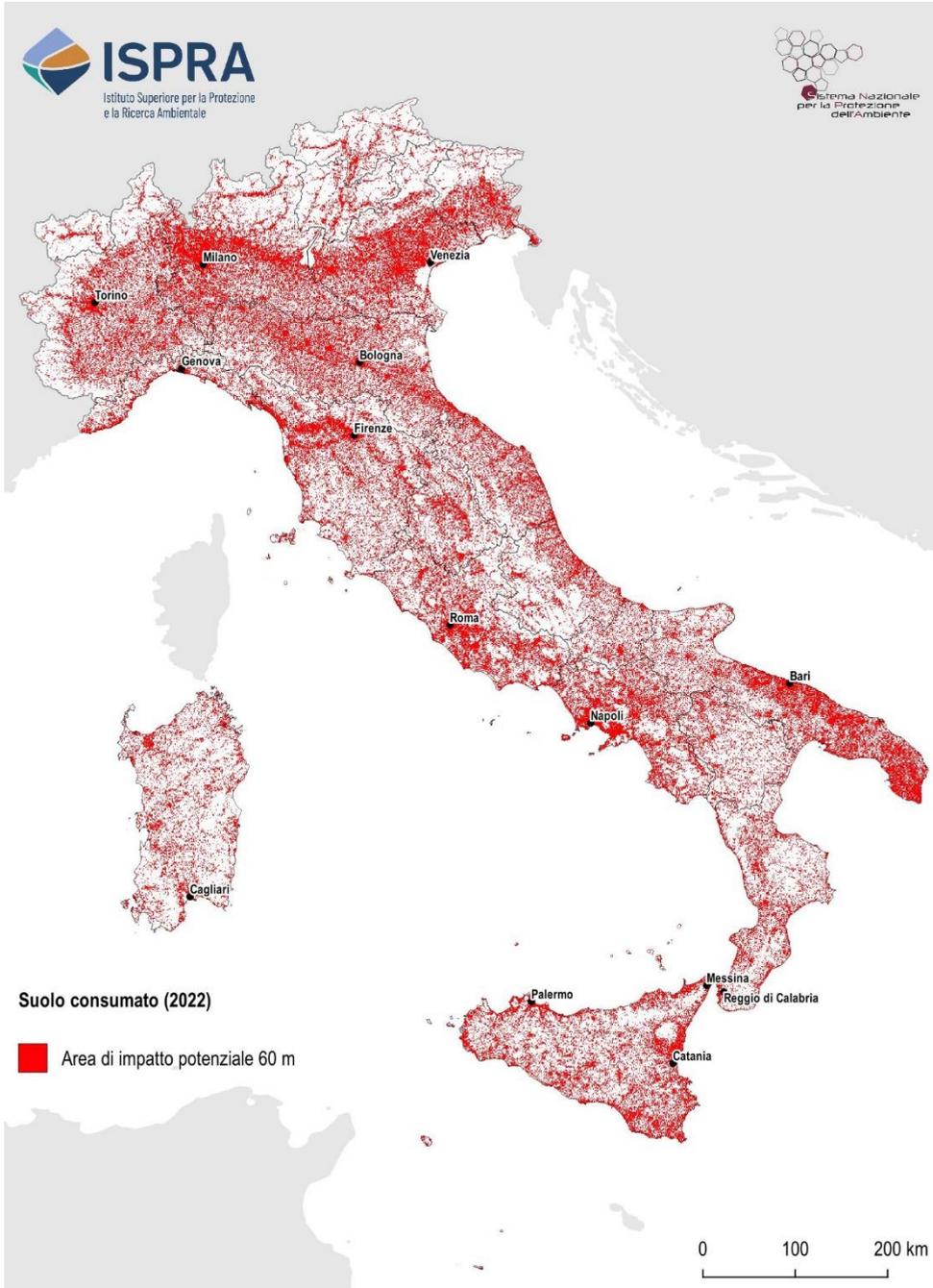


Figura 182. Superficie del territorio impattata direttamente o indirettamente (a distanza di 60 metri) dal suolo consumato al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

FRAMMENTAZIONE DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO

La frammentazione del territorio è il processo che genera una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e seminaturali e un aumento del loro isolamento¹¹¹.

Tale processo, responsabile della trasformazione di *patch*¹¹² di territorio di grandi dimensioni in parti di minor estensione e più isolate, è frutto principalmente dei fenomeni di espansione urbana, che si attuano secondo forme più o meno sostenibili, e dello sviluppo della rete infrastrutturale; ne deriva una riduzione della connettività ecologica, che influenza negativamente la resilienza e la capacità degli habitat di fornire servizi ecosistemici, aumenta l'isolamento delle specie (e di conseguenza la loro capacità di accedere alle risorse) e si ripercuote sulla qualità e sul valore del paesaggio (come definito dall'art. 131 del Codice dei beni culturali e del paesaggio) e sui costi dell'attività agricola.

Limitare la frammentazione del territorio e del paesaggio costituisce uno degli elementi chiave per proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'UE (7° PAA Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente) e pertanto deve rientrare tra gli aspetti da considerare nella pianificazione territoriale e paesaggistica ai diversi livelli territoriali.

La Strategia nazionale per lo Sviluppo Sostenibile richiama tra gli obiettivi strategici "garantire il ripristino e la deframmentazione degli ecosistemi e favorire le connessioni ecologiche urbano/rurali" (area pianeta Ob. III.4).

A livello nazionale il grado di frammentazione è monitorato attraverso l'indice *effective mesh-density* (S_{eff})¹¹³ che misura l'ostacolo al movimento dovuto alla presenza sul territorio di barriere, definite come "elementi frammentanti". Esso è calcolato su tutto il territorio nazionale rispetto ad una griglia regolare di 1 km² (*reporting unit*) considerando come elementi frammentanti la copertura artificiale del suolo, valutata a partire dalla carta nazionale ISPRA-SNPA del consumo di suolo.

Il grado di frammentazione tramite l'*effective mesh-density* è stato espresso rispetto alle 5 classi (Tabella 126) individuate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente per la descrizione del *Landscape fragmentation indicator effective mesh density* (S_{eff}).

Tabella 126. Classi di frammentazione utilizzate per l'analisi

S_{eff} (n° meshes per 1.000 km ²)	Classe di frammentazione
(0 – 1,5]	molto bassa
(1,5 – 10]	bassa
(10 – 50]	media
(50 – 250]	elevata
> 250	molto elevata

Grado di frammentazione a livello nazionale

La rappresentazione dell'indice *effective mesh density* a livello nazionale (Figura 183) mostra una concentrazione delle aree a frammentazione molto bassa prevalentemente nell'arco alpino e in limitate aree di alcune regioni meridionali e insulari, mentre le aree costiere e di pianura presentano i livelli più alti di frammentazione.

¹¹¹ *The breaking up of extensive landscape features into disjunct, isolated, or semi-isolated patches as a result of land-use changes.*

The breaking-up of continuous tracts of ecosystems creating barriers to migration or dispersal of organisms and reducing the size of homogeneous areas. Fragmentation may be induced by human activities (e.g. road infrastructures, dams) or by natural processes (EEA, 2017c).

¹¹² Aree non consumate prive di elementi artificiali significativi che le frammentano interrompendone la continuità.

¹¹³ L'indice rappresenta la densità delle patch territoriali (n° di meshes per 1.000 km²) calcolate secondo la metodologia dell'*effective mesh-size-meff* (Jaeger, 2000) opportunamente modificata secondo la "cross-boundary connections (CBC) procedure" (Moser, et al., 2007) che garantisce la continuità di territorio oltre i limiti della *reporting unit* (cella di 1 km²).

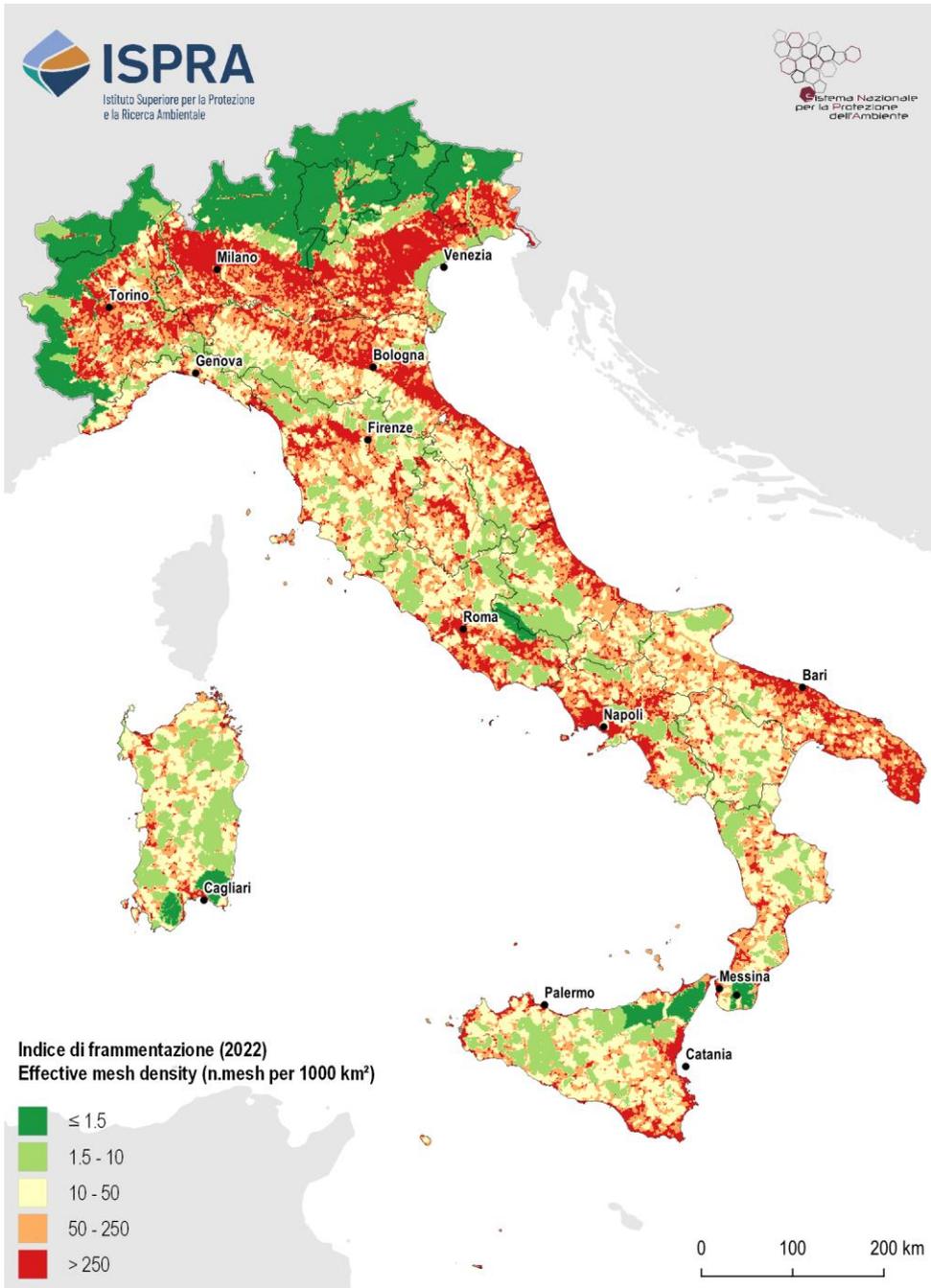


Figura 183. Indice di frammentazione (*effective mesh density*) su griglia regolare a 1 km² nel 2022. Valori più bassi dell'indice identificano livelli di frammentazione minori. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA



Figura 184. Cantiere per la realizzazione di una nuova infrastruttura viaria (consumo di suolo, 27 ettari) a Roddi in provincia di Cuneo (Piemonte). L'immagine in alto è riferita al 2020, quella al centro al 2022 e l'ultima è l'aggiornamento attuale al 2023

Nel 2022 quasi un quarto (23,27%) del territorio nazionale risulta a frammentazione elevata, con un aumento dello 0,36% rispetto al 2012 e dell'2,23% rispetto al 2006, mentre quasi un quinto (17,48%) ricade in zone a frammentazione molto elevata, con un aumento dell'2,45% rispetto al 2012 e del 7,2% rispetto al 2006 (Tabella 127).

Poco più di un quarto del territorio nazionale (27,69%) risulta classificato a media frammentazione, con una riduzione dello 0,51% rispetto al 2012 e dell'1,72% nel 2006. I cambiamenti più rilevanti hanno riguardato soprattutto i territori a frammentazione bassa (classe 2), con una riduzione di quasi 2 punti percentuali (-1,79%) tra il 2012 e il 2022 e di oltre 2 punti percentuali rispetto al 2006 (-2,17%); la variazione degli ambiti a frammentazione molto bassa risulta contenuta nel periodo 2012-2022 (-0,21%), mentre arriva a 5,6% se si estende l'intervallo di tempo fino al 2006.

Tabella 127. Classi di frammentazione (2022) e variazioni rispetto al 2006 e al 2012. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di frammentazione	2022		Variazioni 2006-2022		Variazioni 2012-2022	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
molto bassa	40.561	13,46	-2.405	-5,6	-87	-0,21
bassa	54.549	18,1	-1.209	-2,17	-995	-1,79
media	83.466	27,69	-1.458	-1,72	-430	-0,51
elevata	70.136	23,27	1.532	2,23	250	0,36
molto elevata	52.687	17,48	3.540	7,2	1.262	2,45

Grado di frammentazione a livello regionale

A livello regionale (Figura 185) si riscontra un quadro diversificato. In Valle d'Aosta e Trentino Alto-Adige l'ampia estensione delle aree montane porta a una prevalenza delle classi a frammentazione bassa e molto bassa, mentre nelle altre regioni del Nord la presenza in contemporanea dell'ambito padano e alpino porta una prevalenza delle classi estreme di frammentazione (molto elevata e molto bassa); in particolare, Lombardia e Veneto sono le regioni con la più alta percentuale del territorio a frammentazione molto elevata, a causa dell'alto tasso di urbanizzazione a bassa e media densità nelle aree più accessibili. Al centro-sud e nelle isole le aree a media frammentazione risultano prevalenti.

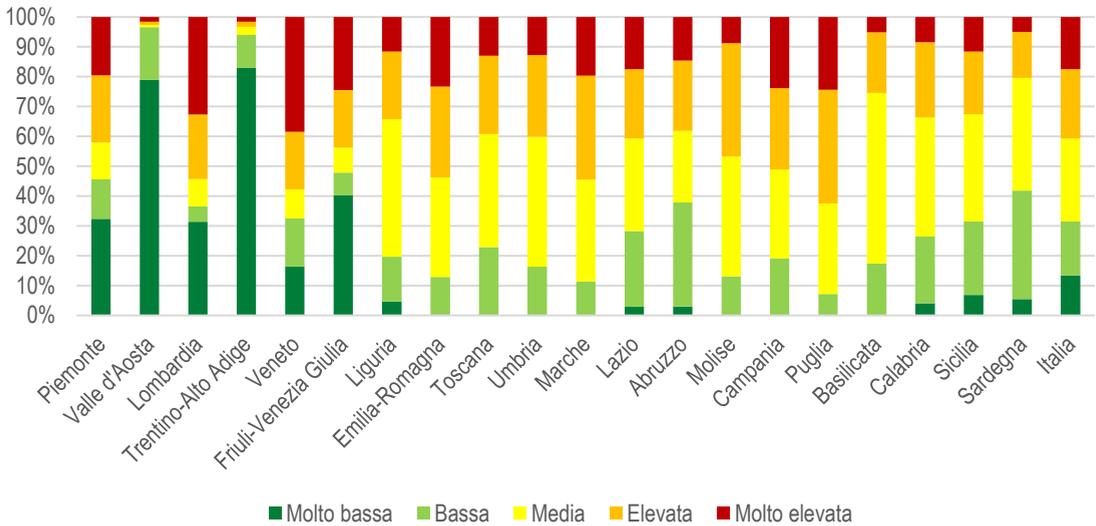


Figura 185. Territorio (%) coperto da ciascuna classe di frammentazione 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Le variazioni rispetto al 2006 e al 2012 mostrano un generale aumento del grado di frammentazione del territorio, con passaggi dalle classi meno frammentate a quelle più frammentate (Tabella 128). La classe a frammentazione molto bassa subisce una riduzione di 231.785 ettari, concentrati per la maggior parte in Sardegna, Toscana e Emilia-Romagna, mentre la riduzione delle aree a frammentazione bassa interessa 14 delle 20 regioni, con l'esclusione di Sardegna, Toscana, Emilia-Romagna, Veneto, Trentino- Alto Adige, Lombardia e Valle

d'Aosta dove, comunque, l'espansione della classe è legata a un aumento del grado di frammentazione delle aree a frammentazione molto bassa. Le aree a frammentazione molto elevata subiscono un'espansione in tutte le regioni, tranne in Valle d'Aosta (unica regione nella quale la frammentazione resta invariata nel periodo considerato), con valori di crescita più elevati per il periodo 2006-2012 in 13 regioni su 20. Le aree a frammentazione elevata diminuiscono prevalentemente nelle regioni del nord (per aumenti di frammentazione) e si espandono a sud e nelle isole.

Tabella 128. Variazione della copertura delle classi di frammentazione (ha) regionale per il periodo 2006-2012 e 2012-2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	molto bassa		bassa		media		elevata		molto elevata	
	2006	2012	2006	2012	2006	2012	2006	2012	2006	2012
Piemonte	0	-300	-1.300	-800	-1284,24	-143	-49	-4.057	2.633	5.300
Valle d'Aosta	-200	-200	100	200	100	-100	0	100	0	0
Lombardia	-6.495	-200	2.813	-1.900	-9.634	-1.121	-18.251	-10.276	31.567	13.497
Trentino-Alto Adige	-10.208	-832	5.691	232	2.718	0	1200	-100	600	700
Veneto	-5.796	-468	3.596	197	-17.375	-6.894	-14.425	-5.379	34.000	12.544
Friuli-Venezia Giulia	0	0	-300	-1.161	-3.093	-368	-1.906	-1.644	5.300	3.174
Liguria	0	0	0	0	-600	-1.693	-300	105	900	1.589
Emilia-Romagna	-45.414	0	35.193	-1.931	-10.779	-9.469	2.426	1.780	18.573	9.620
Toscana	-55.186	0	40.207	-18.769	2.896	16.869	3.197	-73	8.886	1.973
Umbria	0	0	-1.349	-400	-5.344	-1.695	2.571	1.295	4.122	800

Marche	0	0	-5.751	0	-3.152	-1.900	5.352	650	3.550	1.250
Lazio	-4.348	0	-56.252	-5.100	-14.833	-15.379	29.175	9.788	46.258	10.691
Abruzzo	-452	0	-10.750	0	7.100	-6.800	-2.000	2.632	6.101	4.168
Molise	0	0	-198,7	-2.500	-2.800	900	2.800	768	198,72	832
Campania	0	0	-634,72	-1.000	-13.130	-10.693	5.954	-8.040	7.811	19.732
Puglia	0	0	-11.021	-300	-37.879	-28.500	26.625	10.075	22.275	18.725
Basilicata	0	0	-20.445	-22.900	11.959	16.500	5.186	5.700	3.300	700
Calabria	-100	0	-25.179	-400	-12.211	-7.259	23.306	4.485	14.183	3.174
Sicilia	-6.473	-400	-28.727	200	-12.294	-9.748	34.481	802	13.013	9.146
Sardegna	-97.112	-6.300	52.942	-43.209	16.870	24.446	22.808	16.431	4.492	8.632
Italia	-231.785	-8.700	-21.364	-99.540	-102.765	-43.047	128.151	25.042	227.763	126.245

Frammentazione rispetto al grado di artificializzazione del territorio

La correlazione tra frammentazione del territorio e aree urbane emerge chiaramente dall'analisi del grado di frammentazione rispetto alla variazione di densità di copertura artificiale (Figura 186). L'81,58% del territorio a alta densità di urbanizzazione ricade in classi a frammentazione molto elevata, mentre le aree a frammentazione media, bassa e molto bassa occupano meno del 10% delle aree artificiali. Le aree suburbane, malgrado la media e bassa densità delle coperture artificiali, presentano livelli di frammentazione alta e molto alta per oltre tre quarti della loro estensione. Le aree rurali mostrano una prevalenza delle classi intermedie, con oltre il 30% del territorio a media densità di frammentazione, e meno di un quarto con frammentazione molto alta o molto bassa.

Frammentazione rispetto alle ecoregioni

La pressione esercitata dalla frammentazione del territorio sugli ecosistemi è valutabile a livello nazionale considerando le province delle ecoregioni¹¹⁴ (Figura 187). Tale analisi conferma quanto riportato in precedenza. Le regioni biogeografiche Alpina e, per una piccola parte, Tirrenica presentano un territorio a frammentazione molto bassa rispettivamente per il 65,8% e l'4,37% della propria estensione, mentre la classe è assente nelle altre tre province. Le aree a frammentazione elevata e molto elevata occupano oltre un terzo del territorio in tutte le

ecoregioni, con l'eccezione di quella alpina, raggiungendo l'80,4% del territorio nell'area padana e interessando per intero quella Illirica. Fortemente frammentata anche l'area adriatica, dove le classi a frammentazione elevata e molto elevata interessano quasi due terzi della classe

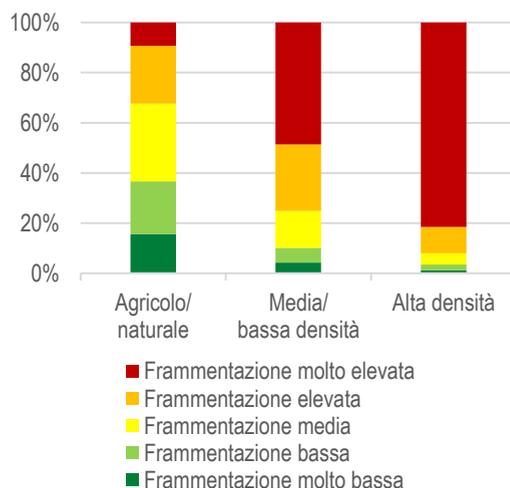


Figura 186. Frammentazione per densità di copertura artificiale.
Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

¹¹⁴ Le ecoregioni sono zone ecologicamente omogenee con simili potenzialità per clima, fisiografia, oceanografia, idrografia, vegetazione e fauna. La classificazione nazionale è organizzata in 4 livelli: divisioni, province, sezioni e sottosezioni. Nella presente analisi è stato considerato il livello nazionale delle province delimitato secondo sistemi

orografici e descritto tramite le fisionomie vegetazionali dominanti, diffuse e distinte (cfr. "Le Ecoregioni d'Italia, 2010" – Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

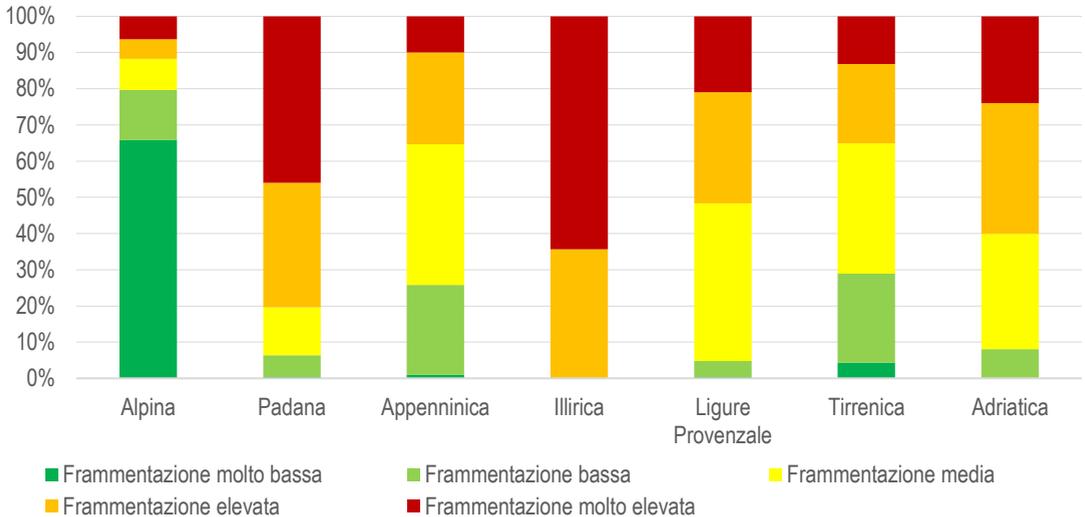


Figura 187. Classi di frammentazione per ecoregione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Blasi *et al.*, 2022

Frammentazione delle aree boscate

Gli impatti del consumo di suolo in termini di perdita di superfici naturali e aumento di frammentazione sono stati analizzati con riferimento alle foreste italiane, individuate a partire dalla carta *ESA World Cover*, primo prodotto globale dell'Agenzia Spaziale Europea, disponibile con risoluzione di 10 m per gli anni 2020 e 2021 e basata su dati dai satelliti Sentinel-1 e Sentinel-2. In particolare, è stata estratta la classe "Tree Cover", su cui è stata poi sovrainposta la carta nazionale del consumo di suolo per gli anni 2021 e 2022, in modo da integrare l'informazione sulla rete viaria interna delle aree boscate. L'analisi, inoltre, basandosi sulla definizione di foresta data da FAO, ha interessato le sole *patches* di superficie forestale di dimensione maggiore o uguale a 0,5 ettari (FAO, 2001).

In riferimento ai cambiamenti di superficie forestale, la Tabella 129 mostra l'impatto del consumo di suolo avvenuto tra 2021 e 2022 sui boschi italiani e la distribuzione spaziale delle perdite rilevate. In particolare, l'analisi ha indagato le relazioni spaziali dei cambiamenti con le superfici inserite all'interno dell'EUAP (Elenco Ufficiale Aree Protette), con le classi altimetriche, le infrastrutture viarie primarie e secondarie e i centri urbani principali. Delle aree individuate come foresta nel 2021 ed interessate da consumo di suolo nel 2022, solo l'8,74% ricade tra le aree protette. Per quanto riguarda le classi altimetriche, la quota maggiore di riduzione di copertura forestale è avvenuta in aree di pianura (60,88%). I dati sulla prossimità alle strade primarie e secondarie mostrano una maggiore percentuale di superficie persa nella fascia di distanza che va tra 1 km e 5 km (34,64%). In relazione ai centri urbani principali, le percentuali maggiori si localizzano invece al di fuori dei 10 km (62,98%).

Tabella 129. Distribuzione territoriale della perdita di superficie forestale legata al consumo di suolo (2021-2022). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Distribuzione territoriale dei cambiamenti di superficie forestale		Perdita di superficie forestale	
		km ²	
		11,81	
		km ²	% su riduzione totale
Aree EUAP e Rete Natura 2000		1,03	8,74
Classi altimetriche	pianura	7,19	60,88
	collina	2,62	22,18
	montagna	2,00	16,94
Vicinanza a strade principali (0 km - 10 km)		7,79	65,93
	0 km - 0,5 km	0,55	4,69
	0,5 km - 1 km	0,79	6,66
	1 km - 5 km	4,09	34,64
	5 km - 10 km	2,36	19,94
	> 10 km	4,02	34,07
Vicinanza a centri urbani principali (0 km -10 km)		4,37	37,02
	< 2 km	0,36	3,02
	2 km -5 km	1,39	11,78
	5 km -10 km	2,62	22,21
	> 10 km	7,44	62,98

Per quanto riguarda la distribuzione della superficie boscata nelle cinque classi di frammentazione per gli anni 2021 e 2022, si osservano valori sostanzialmente stabili,

con un generale passaggio della superficie del bosco da classi di frammentazione basse verso la “media” e la “molto elevata”.

Tabella 130. Classi di frammentazione dei boschi (2021 e 2022) e variazioni. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi di frammentazione	2021		2022		Variazioni 2012-2022
	km ²	%	km ²	%	km ²
molto bassa	22.325,6	18,04	22.320,9	18,04	-4,8
bassa	30.355,1	24,53	30.331,8	24,51	-23,2
media	38.764,3	31,32	38.785,4	31,34	21,0
elevata	22.737,5	18,37	22.721,4	18,36	-16,2
molto elevata	9.583,0	7,74	9.598,4	7,76	15,4

Frammentazione delle grandi infrastrutture – La Superstrada Pedemontana Veneta

Il contributo più significativo all'aumento del grado di frammentazione è dovuto alle infrastrutture viarie, la cui comparsa porta a una significativa riduzione della connettività ecologica delle aree naturali e della continuità delle aree agricole, interessando porzioni di territorio anche molto estese. Un caso di interesse in questo senso è la Superstrada Pedemontana Veneta (SPV), realizzata

tra le province di Treviso e Vicenza e che, a fronte di una lunghezza complessiva, a opera ultimata, di 94,747 km, permetterà il collegamento tra i distretti industriali compresi tra i comuni Malo (VI) e Spesano (TV) e le autostrade A4, A31 e A27. L'aumento del grado di frammentazione del territorio associato all'introduzione dell'opera

è stato valutato rispetto allo stato al 2006¹¹⁵, sempre con riferimento alla griglia regolare di lato 1 km utilizzata nelle altre elaborazioni proposte in questo paragrafo; in particolare, sono state analizzate le variazioni di *mesh density* tra il 2006 e il 2022 indotte dal consumo di suolo ascrivibile alle classi 112 (strade asfaltate), 121 (strade sterrate) e 122 (cantieri e altre aree in terra battuta) e connesso con la realizzazione dell'infrastruttura.

L'opera sorge ai piedi delle Prealpi venete, in un'area caratterizzata da copertura del suolo prevalentemente erbacea ad uso agricolo (Figura 188), e con presenza significativa di superfici artificiali (al 2022 risulta consumato il 12,5% della provincia di Vicenza e il 16,7% di quella di Treviso, a fronte di un valore medio nazionale del 7,14% con una concentrazione prevalente delle aree artificiali nella porzione sud delle due province, dove sorge l'opera in esame). Dall'analisi del dato relativo al grado di artificializzazione di ISPRA la superficie occupata da aree urbane nelle province di Vicenza e Treviso risulta, rispettivamente, del 5,9 e 7,2%, a fronte di un valore medio nazionale del 2,9% al 2022, mentre le aree suburbane con densità media/bassa di superfici artificiali toccano, rispettivamente, il 29,3% e il 44,5% del territorio delle due province, contro un valore medio nazionale di 15,4%; anche in questo caso i valori di densità più alti si ritrovano nei pressi della SPV.

Dal punto di vista del grado di frammentazione del territorio (Figura 189), al 2006 l'area in cui si inserisce l'opera è classificata per la quasi totalità come a frammentazione

molto elevata (ossia con valori di *effective mesh-density* superiori a 250 mesh per 1000 km²), con alcune sporadiche zone a frammentazione elevata (valori di *effective mesh-density* compresi tra 50 e 250 mesh per 1.000 km²).

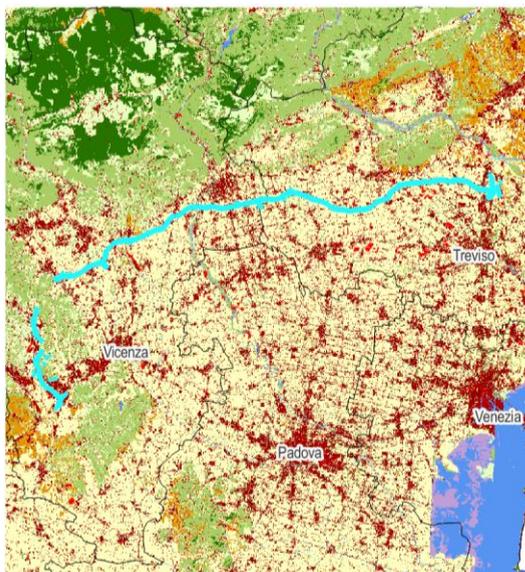
L'aumento del grado di frammentazione legato al solo consumo di suolo associato alla realizzazione della SPV è stato valutato confrontando lo stato al 2006 e al 2022, considerando la porzione di strade pavimentate e svincoli già realizzati e le aree pertinenziali che al 2022 risultano ancora classificate come cantieri e strade sterrate funzionali alla realizzazione dell'opera.

Nel complesso, l'opera incide sulla frammentazione di 374 maglie della griglia, nei quali si verifica un aumento medio di S_{eff} di 537,6. Confrontando i valori assoluti di S_{eff} nell'area perturbata dai lavori per la realizzazione della SPV, tra il 2006 e il 2022 si riscontra un passaggio dalla classe a frammentazione elevata a quella molto elevata in 29 celle, portando il valore complessivo di *mesh density* nell'area coinvolta a 1.457 mesh per 1000 km². È importante sottolineare che gli aumenti di frammentazione tra il 2006 e il 2022 appena illustrati sono da imputare esclusivamente ai lavori di realizzazione della SPV, a questa componente vanno aggiunti i contributi associati alle altre trasformazioni del territorio verificatesi tra il 2006 e il 2022 e alle quali si associano ulteriori aumenti di frammentazione del territorio, sia nell'area considerata che nel resto del territorio.

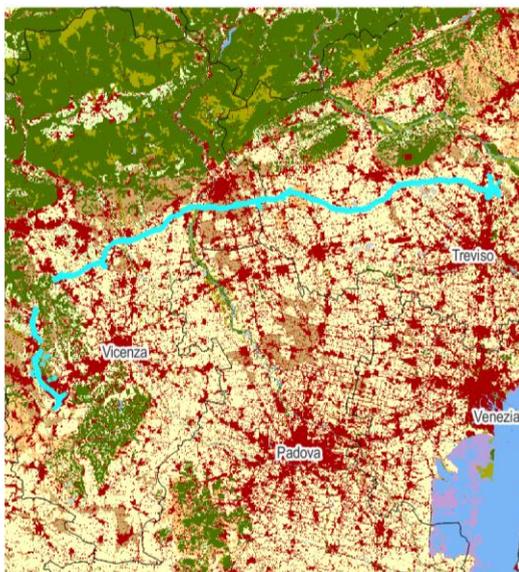
¹¹⁵ La variazione del grado di frammentazione indotta dall'introduzione della Pedemontana è stata riferita allo stato mappato dalla carta del

consumo di suolo relativa al 2006, in modo da considerare la configurazione prima dell'inizio delle attività di costruzione dell'opera.

Copertura del suolo (2018)



Uso del suolo (2018)



Suolo consumato (2021)



Grado di artificializzazione (2022)

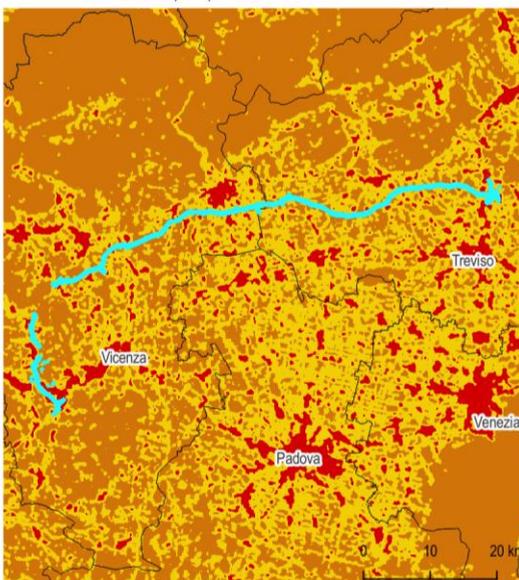


Figura 188. Inquadramento dell'area interessata dalla Superstrada Pedemontana Veneta (rappresentata in celeste), con riferimento alle carte di copertura e uso del suolo di Ispra al 2018, alla carta del consumo di suolo al 2022 e al grado di artificializzazione del territorio al 2022. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA e SNPA.

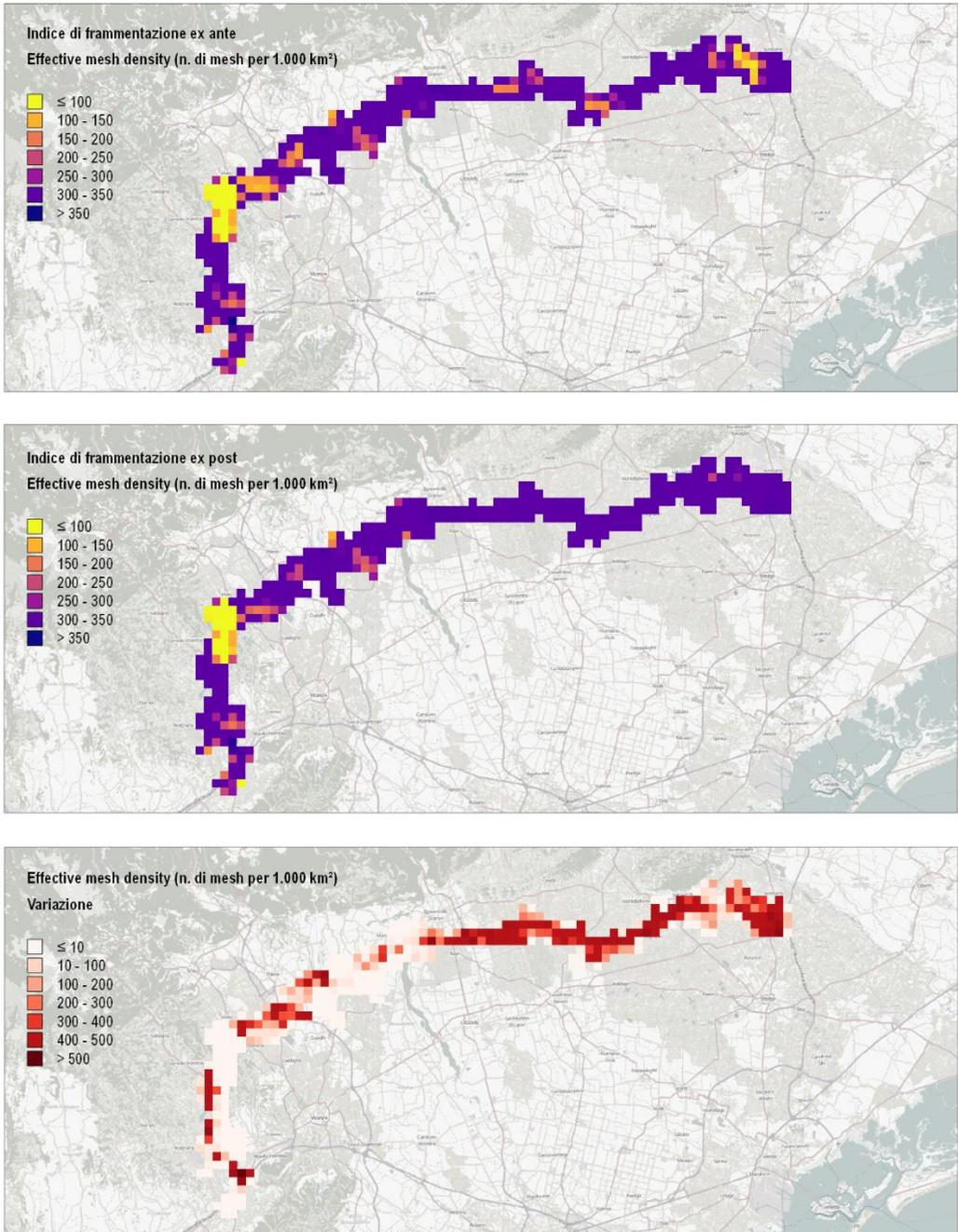


Figura 189. Valori di *effective mesh density* al 2006 (in alto) e al 2022 (al centro) e variazione tra i due anni, in termini di numero di *mesh* per 1000 km² nell'area interessata dalla costruzione della Superstrada Pedemontana Veneta

ISOLA DI CALORE URBANA

L'isola di calore urbana è definita come la differenza tra la temperatura delle aree urbane (generalmente più elevata) e quella delle aree circostanti (generalmente più bassa), ed è spesso in relazione con le ondate di calore che si verificano nelle aree più urbanizzate, specialmente nei mesi estivi. Pur risentendo anche di fattori come la presenza di vegetazione e la circolazione dei venti; l'isola di calore è un fenomeno fortemente connesso con la densità e la configurazione spaziale delle aree urbane, in questo senso la temperatura superficiale al suolo (*Land Surface Temperature* – LST, cioè la temperatura misurata al livello di copertura del suolo) è generalmente più elevata laddove la densità di suolo consumato è maggiore e la copertura arborea è scarsa, come spesso accade nei luoghi in cui l'evoluzione del tessuto insediativo ha portato alla nascita di aree urbane compatte.

In questo paragrafo viene proposta un'analisi spaziale nell'ambito della quale sono state correlate la LST (nello specifico, la temperatura media diurna estiva ottenuta da dati satellitari Landsat 8 distribuiti da *U.S. Geological Survey*) per il periodo 2017-2022 con la densità del suolo consumato, la densità di copertura arborea e l'altimetria. Per la rappresentazione della densità di suolo consumato e di copertura arborea sono state usate, rispettivamente, la carta del suolo consumato di ISPRA-SNPA e la carta di copertura del suolo elaborata da ISPRA, mentre per l'altimetria è stata definita una fascia con quota inferiore a 200 m e una con quota compresa tra 200 e 600 m. Rispetto alla precedente edizione del Rapporto, il dato di input MODIS è stato sostituito dal dato Landsat per aumentare la risoluzione spaziale del prodotto; allo stesso tempo è stato ampliato l'intervallo di osservazione, per avviare alla riduzione di risoluzione temporale delle acquisizioni (passate da giornaliere a una ogni 15 giorni).

I valori di densità del suolo consumato e della copertura arborea sono stati ottenuti stimando il valore medio di densità in un intorno di 300 m da ciascun pixel e classificando il risultato in fasce di densità. Per la densità di suolo consumato sono state utilizzate le seguenti soglie:

- Aree rurali/artificiale assente o rado: $0 < \text{densità} \leq 0,1$;
- Aree suburbane/artificiale a media/bassa densità: $0,1 < \text{densità} \leq 0,5$;

- Aree urbane/artificiale compatto: $0,5 < \text{densità} \leq 1$.

La densità di copertura arborea è stata, invece, riclassificata in base alle seguenti soglie, considerando la densità solo rispetto alle aree non interessate dalla presenza di suolo consumato:

- Aree a copertura arborea: $0,5 < \text{densità} \leq 1$;
- Aree a copertura arborea rada o assente: $0 < \text{densità} \leq 0,5$.

Confrontando le temperature medie estive rilevate nelle diverse classi di densità di costruito (Tabella 131), sebbene le singole province mostrino comportamenti anche molto condizionati dalle caratteristiche morfologiche e climatiche dei singoli territori, nel complesso la temperatura nelle aree urbane risulta più alta di quella delle aree rurali in tutte le province del Nord e del Centro, mentre sono presenti valori negativi (cioè temperature più basse nelle aree urbane rispetto alle aree rurali) in alcune province di Puglia e Sicilia, dove la LST nei mesi estivi è influenzata dalle particolari condizioni climatiche e dalla presenza di vaste aree agricole con scarsa densità di copertura arborea nelle zone rurali.

Questa tendenza si riscontra anche analizzando le due fasce altimetriche e risulta più accentuata nelle aree a quota più alta: a livello nazionale, nella fascia di altitudine minore di 200 m le aree urbane mostrano una differenza di temperatura di $3,8^{\circ}\text{C}$ rispetto alle aree rurali, in particolare in Trentino-Alto Adige, Lombardia e Liguria, e tale differenza supera i 4°C nella fascia 200-600 m.

Le differenze di temperatura sono più contenute se si considera la variazione rilevata tra aree suburbane e rurali, e si registrano circa $0,4^{\circ}\text{C}$ di differenza al di sotto di 200 m e $0,5^{\circ}\text{C}$ tra 200 e 600 m di altitudine.

Per valutare quanto la presenza delle aree arborate influisca sul clima urbano, sono state calcolate le differenze di temperatura tra le aree con presenza di copertura arborea e quelle con copertura arborea assente o scarsa, al variare delle fasce di altitudine e alla densità di suolo consumato (Tabella 132). A livello nazionale si rileva la tendenza delle aree arborate ad avere temperature inferiori rispetto alle aree con vegetazione scarsa o assente. La capacità di mitigazione delle temperature operata dalle superfici arborate risulta maggiore nelle aree rurali e via via meno incisiva all'aumentare della densità del costruito. A livello provinciale, nelle aree a quota inferiore a 200 metri, la differenza di temperatura

nelle aree con copertura arborea è maggiore nel centro Italia, assumendo valori compresi tra 2 e 8°C, mentre nelle province del sud e del nord rimane nel complesso tra 1 e 3°C; nelle aree a quota compresa tra 200 e 600 metri si riscontra una tendenza analoga, sebbene le differenze di temperatura risultino nel complesso più alte rispetto alle zone di pianura. Per comprendere i motivi di queste differenze è fondamentale considerare il ruolo della copertura e dell'uso del suolo, in particolare il fatto che le temperature sono più elevate in aree coperte da suoli nudi o scarsamente vegetati rispetto alle aree vegetate; nelle province della Puglia l'ampia presenza di suolo nudo nelle aree a uso agricolo nel periodo estivo comporta quindi una bassa differenza di temperatura tra ambito urbano e ambiti suburbano e rurale; andamento simile si riscontra nella provincia di Matera, in gran parte della Sicilia e della Sardegna, a Roma, Napoli e, in misura minore, in pianura padana e lungo la costa adriatica. Queste aree urbane non ricadono quindi nella definizione di isola di calore urbana, ma hanno comunque temperature molto elevate simili alle temperature nell'intorno che è scarsamente vegetato.

Nelle successive figure (da Figura 191 a Figura 208) viene rappresentato l'andamento delle temperature nei pressi delle principali città italiane (Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma e Napoli): in tutte le città analizzate, la temperatura cresce all'aumentare della densità di coperture artificiali, raggiungendo valori compresi tra 43 e 46 °C nelle aree più saturate e seguendo andamenti di-

versi a seconda delle caratteristiche del territorio circostante (Figura 192, Figura 195, Figura 198, Figura 201, Figura 204, Figura 207). Nel Caso di Roma, ad esempio, la presenza di suolo nudo nelle aree agricole determina temperature più alte anche con bassa densità di edificato; tale andamento si riscontra in modo meno accentuato anche su Napoli e Firenze.

I grafici di Figura 193, Figura 196, Figura 199, Figura 202, Figura 205 e Figura 208 rappresentano l'influenza della copertura del suolo sulla temperatura superficiale nell'area urbana e mostrano un forte abbassamento delle temperature nei punti in cui la sezione è posta in corrispondenza di un'area verde, si noti il Parco Miraflores di Torino (Figura 191), il parco di Villa Ada Savoia a Roma (Figura 203), il parco del Castello Sforzesco di Milano (Figura 194) o il Bosco di Capodimonte a Napoli (Figura 206), dove si osserva un picco della copertura arborea e un minimo di temperature e densità di costruito. La presenza di alberature con media-bassa densità in un contesto altamente artificializzato esercita solo una lieve azione di mitigazione delle temperature, mentre nel pieno centro cittadino ad alta densità di edificato si raggiungono i valori di temperatura più alti.

Il consumo di suolo, che spesso comporta anche la rimozione di vegetazione, favorisce l'aumento della LST delle aree urbane e l'intensità dell'isola di calore urbano, con molteplici conseguenze sul microclima e sugli ecosistemi, ed effetti che variano in relazione alla fascia altimetrica.

Tabella 131. Differenza di temperatura (LST) media in °C dei mesi estivi 2017-2022 tra aree urbane/suburbane e rurali, tra aree urbane/suburbane rispetto alle aree rurali per fascia altimetrica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C				
	Urbano - Rurale	Altitudine < 200 m		Altitudine 200-600 m	
		Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale	Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale
Torino	12,6	2,8	7,6	2,8	8,4
Vercelli	12,3	3,8	10,4	3,2	8,3
Novara	9,8	4,2	10,2	3,7	8,5
Cuneo	10,6	2,0	5,8	2,4	7,1
Asti	7,1	2,3	6,7	2,6	6,7
Alessandria	7,7	1,6	4,7	3,5	9,0
Biella	11,7	2,4	-	3,4	9,0
Verbano-Cusio-Ossola	14,3	4,7	11,9	4,8	10,7
Piemonte	11,3	3,3	7,7	2,6	8,0
Aosta	15,2	-	-	3,9	10,2
Valle d'Aosta	15,2	-	-	3,9	10,2
Varese	12,8	8,4	15,9	5,4	11,0
Como	14,2	3,1	13,8	5,3	10,3

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C				
	Urbano - Rurale	Altitudine < 200 m		Altitudine 200-600 m	
		Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale	Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale
Sondrio	15,1	4,9	11,1	4,6	10,2
Milano	8,4	3,9	8,4	3,0	6,4
Bergamo	14,3	2,9	7,6	5,0	10,8
Brescia	14,2	4,3	9,6	4,7	9,6
Pavia	8,1	3,4	7,9	2,1	5,5
Cremona	7,3	2,1	7,3	-	-
Mantova	6,0	1,7	6,0	0,9	-
Lecco	14,0	4,3	13,4	4,9	10,0
Lodi	7,6	2,3	7,6	-	-
Monza e della Brianza	6,6	2,5	6,0	2,4	6,6
Lombardia	12,3	3,1	8,1	4,1	9,5
Bolzano	14,1	-	-	2,6	9,5
Trento	14,5	5,5	11,1	3,5	9,5
Trentino-Alto Adige	14,4	5,5	11,1	3,2	9,6
Verona	8,7	3,1	6,8	2,7	6,8
Vicenza	11,8	1,6	5,9	3,0	8,4
Belluno	13,7	2,0	-	3,7	9,7
Treviso	7,8	1,9	5,7	3,9	9,7
Venezia	6,4	1,4	4,7	-	-
Padova	5,0	0,8	4,7	3,1	-
Rovigo	5,5	1,5	4,7	-	-
Veneto	10,0	1,5	5,3	3,2	8,5
Udine	11,7	1,9	5,8	3,9	9,2
Gorizia	7,3	2,7	6,1	1,6	-
Trieste	7,4	2,3	7,2	2,5	5,6
Pordenone	10,3	1,4	5,7	3,3	8,3
Friuli-Venezia Giulia	11,0	1,8	5,8	3,6	8,5
Imperia	10,1	3,0	5,6	3,1	6,1
Savona	10,8	4,3	7,7	3,3	8,9
Genova	10,7	3,0	8,3	2,9	9,2
La Spezia	12,0	3,9	9,2	3,0	-
Liguria	11,0	3,6	7,8	3,1	8,5
Piacenza	9,2	1,4	5,2	2,5	6,4
Parma	9,7	1,2	3,7	3,1	7,1
Reggio nell'Emilia	8,2	1,1	4,3	2,5	6,9
Modena	8,5	0,8	4,7	1,4	5,7
Bologna	7,2	1,2	4,3	1,7	6,1
Ferrara	4,4	1,4	4,4	-	-
Ravenna	4,6	1,1	3,8	3,0	7,7
Forlì-Cesena	8,8	1,6	3,9	2,5	6,8
Rimini	5,8	0,9	1,6	2,1	6,3
Emilia-Romagna	7,6	1,4	4,4	2,6	7,0
Massa-Carrara	11,4	3,9	8,4	3,6	6,6
Lucca	12,6	3,6	7,4	3,9	9,3
Pistoia	14,1	2,9	6,4	3,0	4,9
Firenze	10,7	2,7	6,5	3,6	7,8
Livorno	5,3	1,6	4,3	2,2	4,0
Pisa	7,1	2,0	5,7	3,2	5,5
Arezzo	9,8	3,2	7,1	3,8	6,8
Siena	5,3	1,0	3,6	2,7	4,8

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C				
	Urbano - Rurale	Altitudine < 200 m		Altitudine 200-600 m	
		Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale	Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale
Grosseto	4,0	0,5	1,7	1,3	3,9
Prato	13,3	2,1	5,0	4,2	9,2
Toscana	8,1	0,8	4,2	2,8	6,4
Perugia	7,8	1,4	3,2	3,8	6,3
Terni	7,8	2,6	5,7	2,6	5,2
Umbria	7,8	3,6	6,3	3,6	6,3
Pesaro e Urbino	5,9	0,9	2,3	2,2	5,1
Ancona	3,7	0,3	1,6	2,2	4,8
Macerata	5,9	0,5	1,8	1,6	3,9
Ascoli Piceno	7,5	0,9	3,0	1,7	4,1
Fermo	3,6	1,1	1,4	2,1	4,0
Marche	5,4	0,6	1,8	2,1	4,8
Viterbo	3,5	0,4	1,5	2,3	4,3
Rieti	10,9	1,7	5,8	3,0	7,5
Roma	5,9	1,7	2,3	2,6	5,2
Latina	5,1	1,5	2,9	2,5	4,6
Frosinone	9,7	1,9	5,9	2,9	6,6
Lazio	7,2	2,3	5,3	2,3	5,3
L'Aquila	9,3	-	-	2,0	5,6
Teramo	7,9	0,8	2,7	2,0	5,4
Pescara	6,5	0,5	2,6	1,1	4,0
Chieti	7,4	1,0	4,5	1,7	4,8
Abruzzo	8,3	1,8	5,3	1,8	5,3
Campobasso	4,0	-1,0	0,9	0,7	3,9
Isernia	8,9	2,1	5,0	3,0	7,1
Molise	5,9	0,8	4,2	0,8	4,2
Caserta	7,6	1,5	4,5	3,0	6,0
Benevento	5,3	1,1	3,6	1,1	3,7
Napoli	7,3	0,6	3,1	2,3	6,1
Avellino	5,0	2,0	4,6	0,6	3,3
Salerno	8,5	2,1	4,9	3,0	5,9
Campania	8,0	1,9	4,7	1,9	4,7
Foggia	1,3	-0,1	-0,5	1,1	1,1
Bari	-0,5	0,7	-0,1	-0,1	-0,4
Taranto	0,9	0,2	-0,1	1,1	0,5
Brindisi	-1,1	-0,5	-1,3	-0,2	0,1
Lecce	-0,8	-0,3	-0,8	-	-
Barletta-Andria-Trani	0,7	2,2	1,9	-0,5	-2,7
Puglia	0,9	0,8	0,5	0,8	0,5
Potenza	6,4	-1,0	4,7	0,1	2,8
Matera	2,4	0,9	2,3	1,1	2,0
Basilicata	5,0	0,2	2,6	0,2	2,6
Cosenza	8,7	-0,5	0,5	2,2	7,4
Catanzaro	7,7	0,1	1,7	1,6	5,1
Reggio di Calabria	7,0	0,5	1,6	1,2	5,2
Crotone	3,9	0,2	0,9	1,7	5,8
Vibo Valentia	6,6	1,3	2,9	1,9	5,4
Calabria	7,3	1,5	5,8	1,5	5,8
Trapani	-2,1	-1,6	-3,1	-0,1	-1,0
Palermo	0,6	-1,1	-0,1	-1,7	-0,6

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C				
	Urbano - Rurale	Altitudini < 200 m		Altitudini 200-600 m	
		Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale	Suburbano - Rurale	Urbano - Rurale
Messina	7,8	1,7	4,2	1,5	5,4
Agrigento	-0,4	-1,1	-1,5	-0,2	-0,2
Caltanissetta	-1,3	-1,6	-2,3	-0,4	-0,7
Enna	-1,2	0,7	-0,1	-0,5	-0,5
Catania	2,3	-2,7	-1,0	-0,9	0,7
Ragusa	-1,3	-0,5	-1,9	0,4	-1,0
Siracusa	-0,6	-0,5	-1,4	0,0	0,2
Sicilia	1,0	-0,3	1,0	-0,3	1,0
Sassari	2,4	0,5	1,9	1,8	2,2
Nuoro	4,5	0,9	1,7	2,9	3,9
Cagliari	5,7	1,2	2,1	2,9	8,5
Oristano	3,4	0,6	2,2	2,6	3,3
Sud Sardegna	3,3	0,6	1,2	3,8	4,5
Sardegna	3,6	2,8	3,5	2,8	3,5
Italia	7,5	0,4	3,8	0,5	4,1

Tabella 132. Differenza di temperatura (LST) media in °C dei mesi estivi 2017-2022 tra aree a copertura arborea e con copertura arborea scarsa o nulla. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C tra aree a copertura arborea e aree con copertura arborea scarsa o nulla					
	Altitudini < 200 m			Altitudini 200 - 600 m		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Torino	1,9	2,3	1,4	3,7	3,5	0,4
Vercelli	0,1	0,1	-0,8	2,9	2,7	1,4
Novara	0,0	1,9	0,7	3,9	3,5	1,1
Cuneo	2,8	2,1	0,2	3,1	2,0	1,5
Asti	4,3	3,5	0,6	4,7	3,5	1,1
Alessandria	4,9	4,2	1,7	5,8	4,2	1,3
Biella	0,1	3,0	-	3,9	4,4	0,8
Verbano-Cusio-Ossola	-1,8	-1,4	-0,3	4,0	3,2	2,4
Piemonte	2,2	3,1	1,0	3,7	3,1	0,7
Aosta	-	-	-	3,6	3,0	2,0
Valle d'Aosta	-	-	-	3,6	3,0	2,0
Varese	-6,5	0,2	2,5	3,1	3,9	1,8
Como	-1,3	-6,0	0,5	3,2	3,5	1,0
Sondrio	1,3	0,3	-	3,7	2,9	0,7
Milano	3,1	1,9	1,0	4,8	4,5	0,6
Bergamo	2,2	2,5	1,3	4,9	4,2	2,6
Brescia	0,0	1,5	1,1	3,5	3,3	2,3
Pavia	1,3	1,9	0,6	4,9	3,6	-0,1
Cremona	1,3	1,6	0,2	-	-	-
Mantova	2,1	1,9	0,9	1,6	-	-
Lecco	-5,1	-2,6	1,0	3,0	3,0	1,4
Lodi	1,1	1,1	0,7	-	-	-
Monza e della Brianza	3,7	3,6	2,0	4,0	2,2	1,4
Lombardia	1,4	1,9	0,9	5,1	3,7	1,9
Bolzano	-	-	-	2,2	1,8	0,8
Trento	-3,1	0,2	-0,4	1,7	1,8	0,9
Trentino-Alto Adige	-3,1	0,2	-0,4	1,8	1,8	0,7
Verona	1,1	3,9	1,8	3,6	2,8	1,3

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C tra aree a copertura arborea e aree con copertura arborea scarsa o nulla					
	Altitudine < 200 m			Altitudine 200 - 600 m		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Vicenza	3,1	3,1	0,7	4,5	3,6	3,0
Belluno	0,8	1,4	-	2,7	2,6	0,8
Treviso	3,6	3,0	1,7	3,3	3,2	2,0
Venezia	2,9	2,4	1,0	-	-	-
Padova	3,4	2,4	1,5	3,9	3,5	-
Rovigo	2,2	2,3	1,8	-	-	-
Veneto	3,1	2,9	1,8	3,0	2,6	1,7
Udine	3,2	3,2	1,9	4,7	2,7	0,4
Gorizia	2,8	2,7	0,7	2,5	1,9	-
Trieste	2,7	3,3	1,5	3,9	2,5	-0,4
Pordenone	2,4	2,1	1,6	4,0	2,9	1,2
Friuli-Venezia Giulia	2,6	2,3	1,5	4,0	2,0	0,4
Imperia	0,7	1,3	0,4	2,6	1,8	1,9
Savona	3,1	4,5	1,2	4,9	3,2	1,0
Genova	2,7	2,3	1,7	4,1	3,2	0,7
La Spezia	3,4	3,3	1,8	3,0	2,7	-
Liguria	2,8	3,1	1,1	3,8	2,5	0,7
Piacenza	5,3	4,0	1,7	4,9	4,1	1,7
Parma	5,0	4,4	1,8	4,8	4,1	1,3
Reggio nell'Emilia	3,9	2,4	0,7	4,0	2,9	2,0
Modena	4,3	1,9	1,1	3,8	3,1	1,8
Bologna	5,5	3,9	1,9	4,6	3,4	0,0
Ferrara	4,3	3,2	1,0	-	-	-
Ravenna	3,9	2,4	1,5	4,7	1,3	1,0
Forlì-Cesena	5,5	4,0	1,6	4,4	3,4	0,6
Rimini	5,3	2,6	1,2	4,2	2,8	1,3
Emilia-Romagna	4,6	3,1	1,4	4,5	3,7	1,6
Massa-Carrara	5,1	3,0	1,2	3,8	4,1	2,3
Lucca	3,2	3,5	1,7	3,7	3,8	2,6
Pistoia	2,5	2,4	1,2	5,2	3,5	-
Firenze	4,1	2,2	1,0	5,0	3,1	1,5
Livorno	6,1	3,7	2,3	2,9	2,6	1,3
Pisa	5,6	3,5	2,4	5,8	2,8	1,6
Arezzo	3,6	3,6	-0,4	6,1	3,6	1,5
Siena	5,4	3,1	1,5	6,7	3,4	1,5
Grosseto	7,3	5,8	4,3	6,9	4,0	1,8
Prato	4,1	3,9	1,8	7,3	2,2	-1,2
Toscana	6,3	3,7	2,1	6,9	4,7	2,6
Perugia	7,0	5,1	2,8	4,8	3,7	3,0
Terni	4,0	2,9	1,0	5,8	2,7	1,1
Umbria	5,1	3,8	1,2	5,0	3,6	2,8
Pesaro e Urbino	4,7	4,3	1,3	4,8	3,5	1,8
Ancona	6,0	4,3	1,7	6,1	4,1	0,7
Macerata	3,0	2,7	-0,4	5,6	4,2	2,1
Ascoli Piceno	3,3	2,5	0,9	5,4	3,5	2,2
Fermo	4,9	4,4	1,0	5,6	4,9	0,9
Marche	5,0	4,0	1,5	5,5	4,1	1,7
Viterbo	6,9	4,4	2,9	4,8	3,7	1,8
Rieti	1,9	1,8	1,5	3,4	2,1	1,1
Roma	6,1	4,0	1,9	7,3	3,7	2,1

Provincia / Regione	Differenza di temperatura °C tra aree a copertura arborea e aree con copertura arborea scarsa o nulla					
	Altitudine < 200 m			Altitudine 200 - 600 m		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Latina	4,2	2,9	2,4	2,8	1,0	0,5
Frosinone	4,5	3,1	3,6	4,5	2,4	3,1
Lazio	5,6	3,6	2,0	5,4	3,2	2,2
L'Aquila	-	-	-	5,2	4,5	1,9
Teramo	2,9	1,5	0,6	4,4	2,7	0,6
Pescara	1,2	1,5	1,1	3,3	2,0	0,1
Chieti	2,0	1,4	1,8	4,2	1,4	1,1
Abruzzo	1,9	1,5	1,2	4,2	2,2	1,4
Campobasso	4,3	1,4	0,6	5,2	1,1	0,0
Isernia	0,3	0,3	-0,2	3,9	1,5	0,7
Molise	4,3	1,4	0,4	5,6	1,9	0,5
Caserta	2,7	2,0	1,6	4,5	2,0	-0,2
Benevento	2,9	2,5	0,8	5,6	3,5	1,4
Napoli	5,0	3,1	2,4	4,0	2,7	1,0
Avellino	4,8	2,4	0,2	6,0	3,9	1,7
Salerno	3,3	2,5	1,4	4,3	3,4	1,2
Campania	3,5	2,8	2,2	5,5	3,6	1,4
Foggia	3,6	3,5	0,6	8,5	3,7	0,5
Bari	-2,1	-0,6	0,0	1,6	0,5	0,3
Taranto	0,5	0,8	0,4	3,9	0,9	0,6
Brindisi	-0,1	-0,2	-0,2	1,2	0,3	0,0
Lecce	0,1	0,7	0,6	-	-	-
Barletta-Andria-Trani	-2,7	-0,7	0,5	1,9	0,2	-1,2
Puglia	0,1	0,6	0,5	3,5	0,6	0,4
Potenza	8,3	8,4	-	7,0	3,7	0,9
Matera	3,5	3,2	1,6	5,5	3,1	0,8
Basilicata	3,7	4,6	2,5	6,5	3,9	1,2
Cosenza	2,0	-0,2	-3,4	3,8	2,2	0,2
Catanzaro	2,7	0,8	0,2	3,5	1,5	0,3
Reggio di Calabria	4,6	2,2	0,4	5,2	2,9	0,7
Crotone	2,3	0,8	-1,2	2,6	2,2	1,5
Vibo Valentia	1,7	2,1	1,0	3,3	2,3	0,0
Calabria	3,2	1,2	-0,9	4,1	2,4	1,0
Trapani	0,7	-0,1	-0,7	2,4	-0,2	0,2
Palermo	2,6	1,1	0,6	4,2	1,9	0,6
Messina	1,4	2,1	0,7	2,5	2,7	1,8
Agrigento	1,3	0,6	1,0	1,8	1,2	0,8
Caltanissetta	2,6	1,1	0,1	2,5	0,5	1,1
Enna	1,9	0,7	0,1	2,9	2,0	1,5
Catania	2,8	3,0	1,0	4,5	2,8	1,3
Ragusa	1,3	-0,8	-0,8	2,9	1,3	1,0
Siracusa	0,9	1,2	0,1	3,2	1,5	-1,2
Sicilia	2,1	2,5	1,1	4,9	3,0	1,3
Sassari	3,0	0,0	-0,4	5,0	4,1	1,1
Nuoro	3,5	2,7	2,7	4,1	4,1	1,1
Cagliari	4,1	4,9	-0,7	2,7	1,6	-
Oristano	3,2	1,6	0,2	5,0	4,1	2,1
Sud Sardegna	3,3	2,8	1,4	4,0	3,5	0,7
Sardegna	3,4	1,6	0,8	4,7	4,0	1,1
Italia	1,0	0,3	1,1	6,8	3,2	1,3

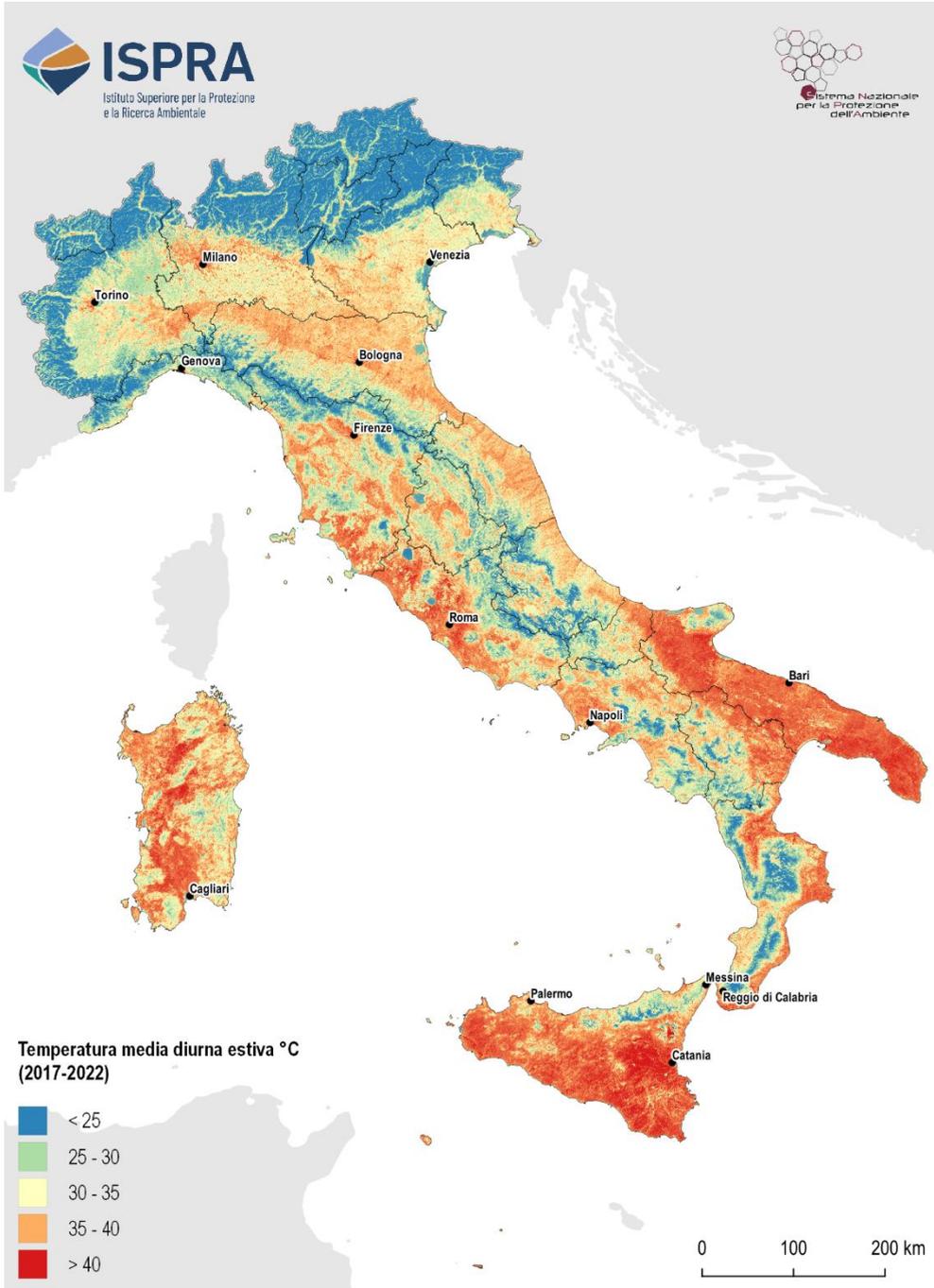


Figura 190. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

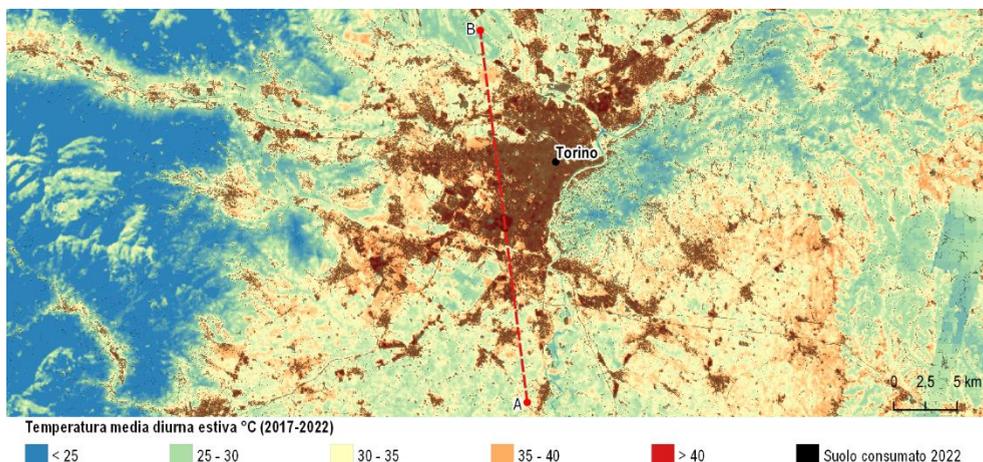


Figura 191. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area di Torino. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

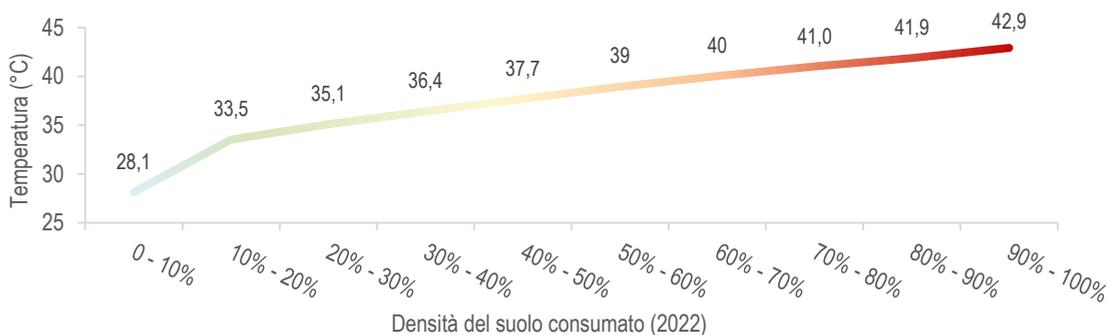


Figura 192. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Torino. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

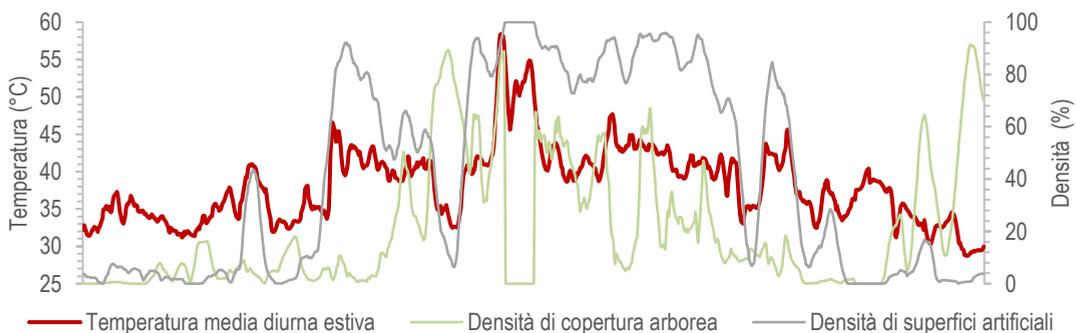


Figura 193 Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto rurale-urbano (A-B) della provincia di Torino. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

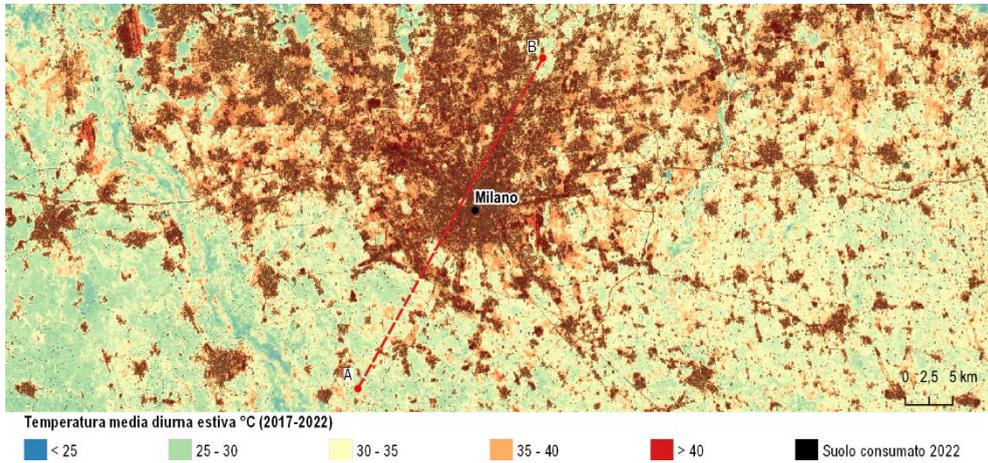


Figura 194. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area di Milano. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

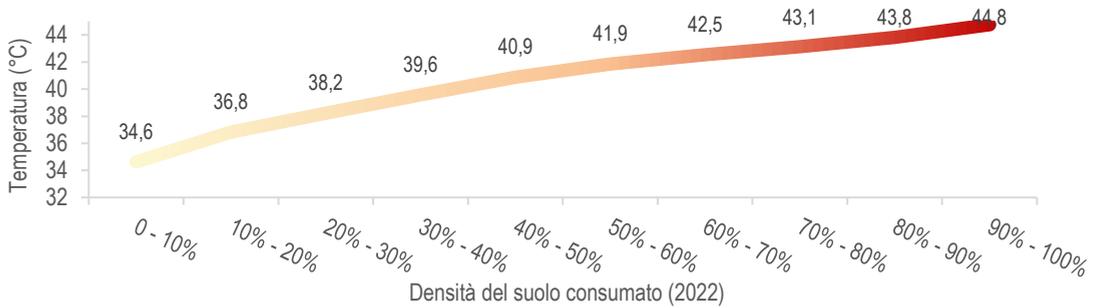


Figura 195. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Milano. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

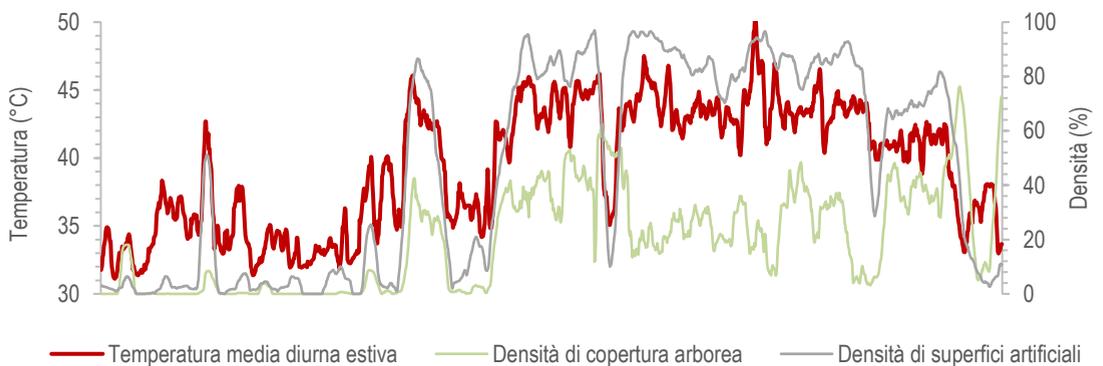


Figura 196. Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto rurale-urbano (A-B) della provincia di Milano. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

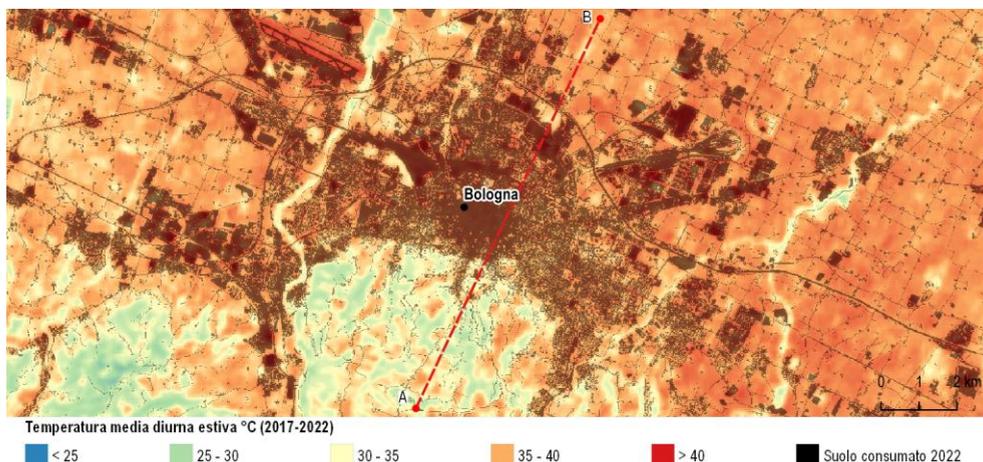


Figura 197. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area di Bologna. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

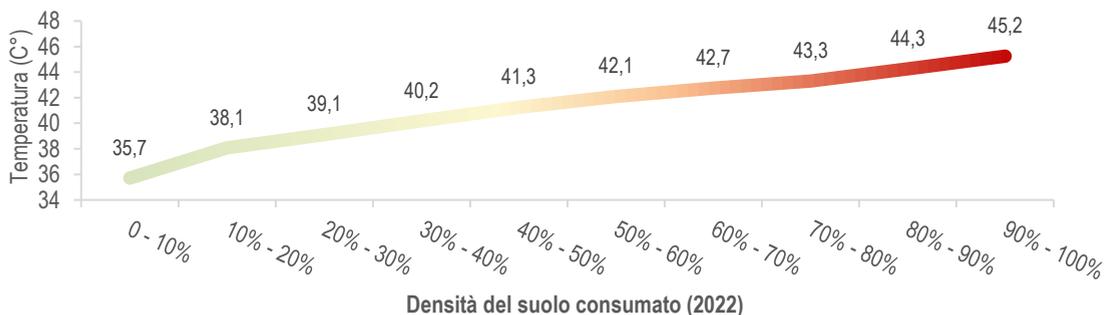


Figura 198. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Bologna. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

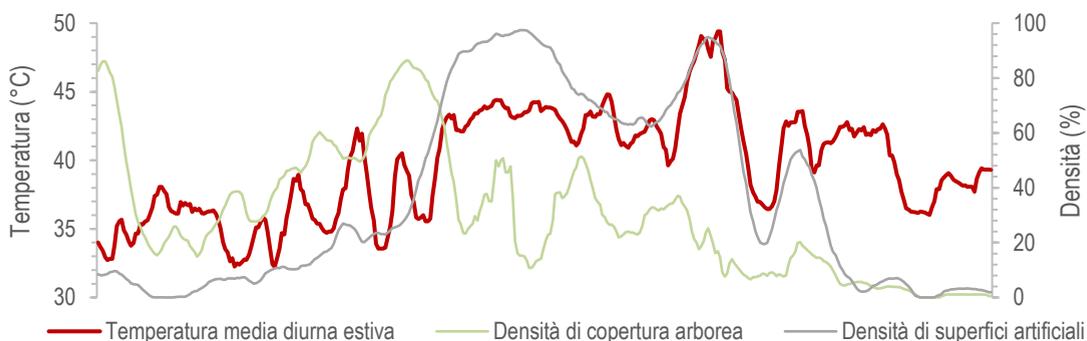


Figura 199. Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto rurale-urbano (A-B) della provincia di Bologna. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

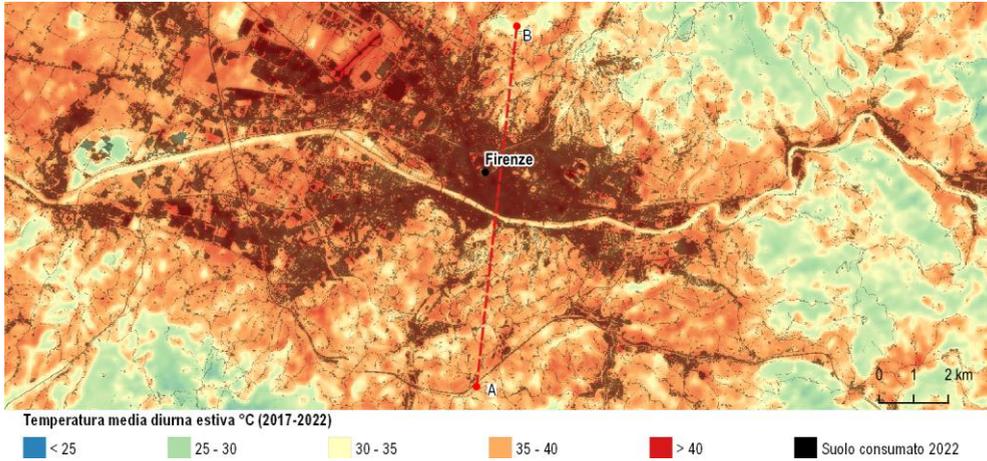


Figura 200. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area della provincia di Firenze, per classi di densità del suolo consumato 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

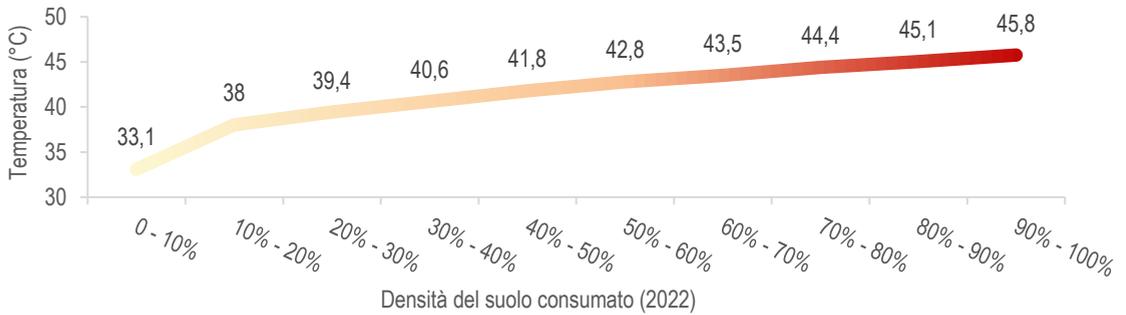


Figura 201. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Firenze. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

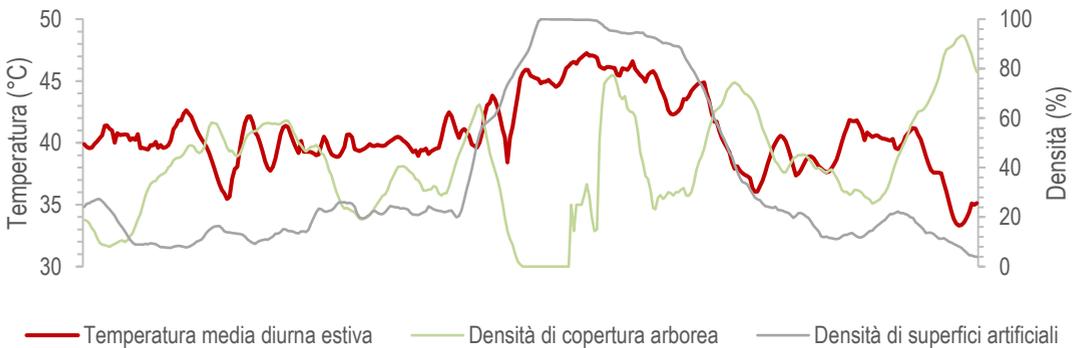


Figura 202. Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto rurale-urbano (A-B) della provincia di Firenze. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

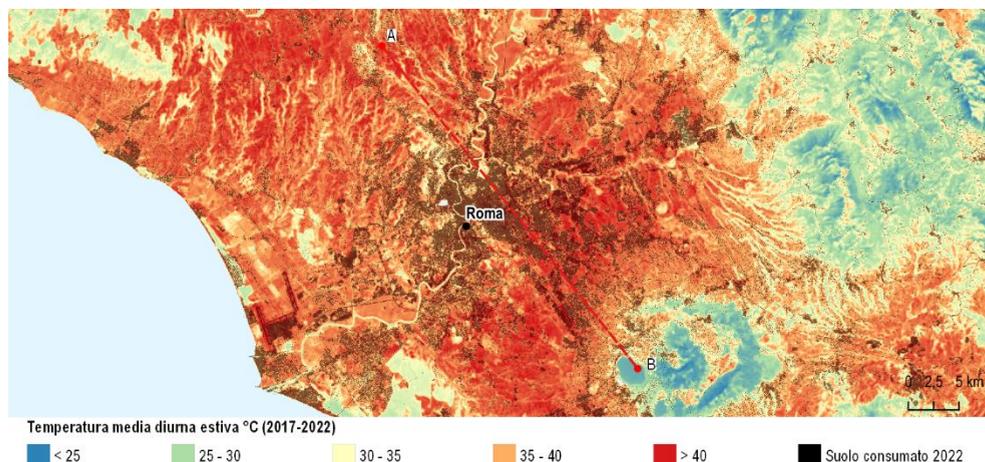


Figura 203. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area di Roma. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

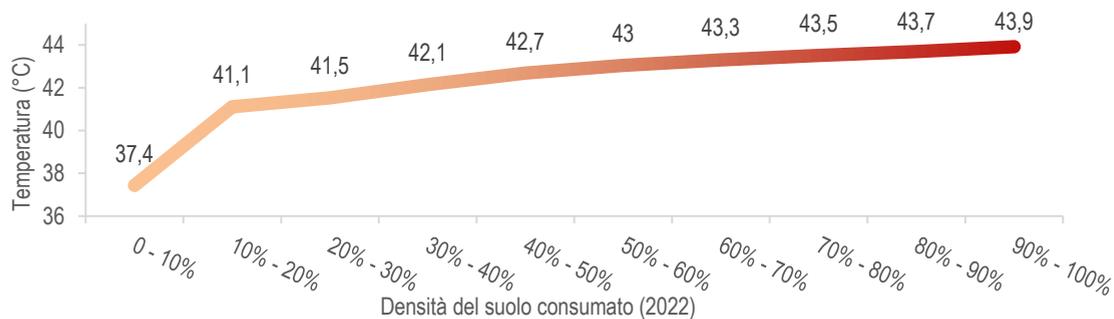


Figura 204. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Roma. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

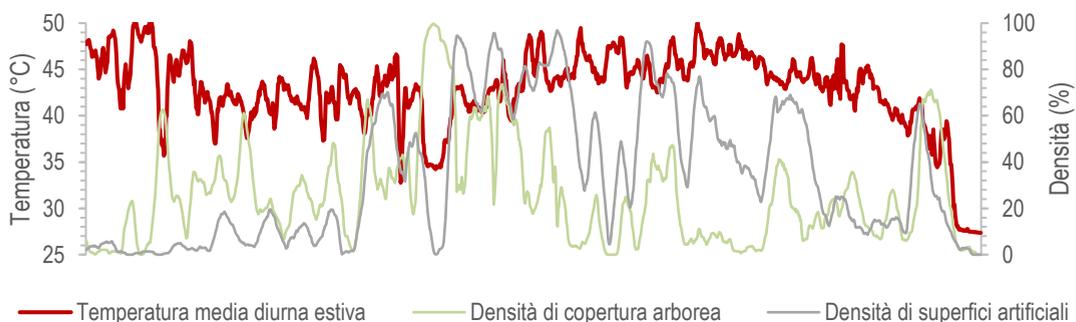


Figura 205. Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto rurale-urbano (A-B) della provincia di Roma. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

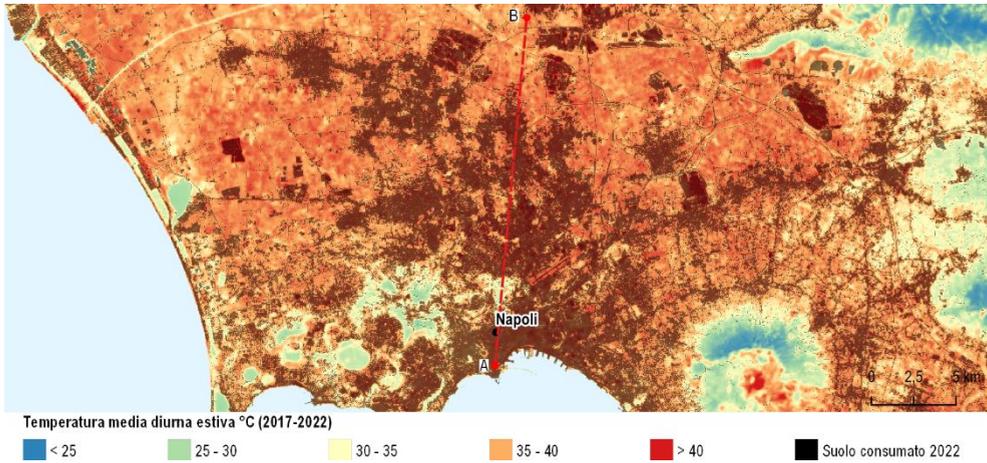


Figura 206. Temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 nell'area di Napoli. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

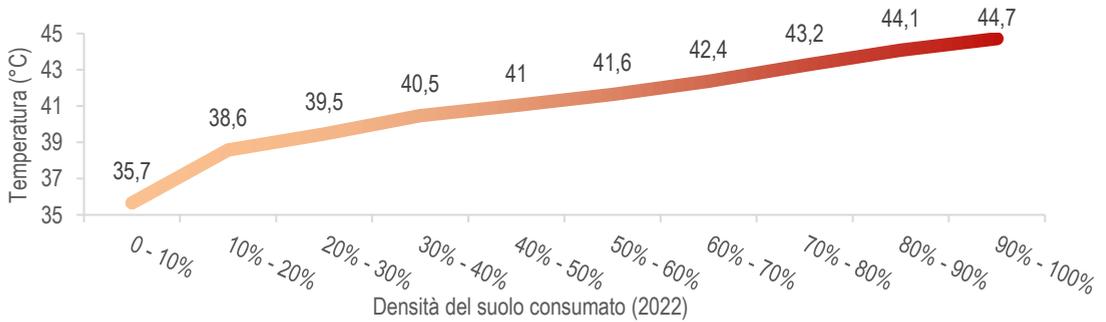


Figura 207. Andamento della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 valutato su classi di densità delle superfici artificiali nella area della provincia di Napoli. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

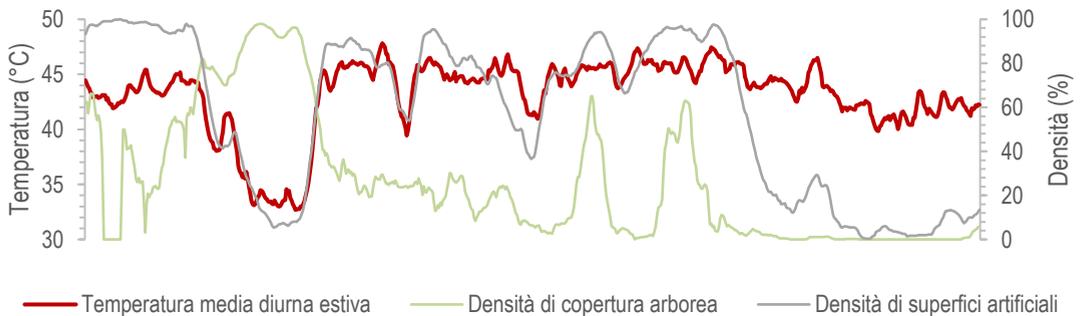


Figura 208. Profilo della temperatura (LST) media diurna estiva (°C) per gli anni dal 2017 al 2022 e della densità di superfici artificiali e arboree in un transetto urbano-rurale (A-B) della provincia di Napoli. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8

IMPATTO SU AREE AD ALTO VALORE ECOLOGICO E AD ALTA FRAGILITÀ AMBIENTALE

Tra gli indicatori derivati dalla Carta della Natura, quelli che sintetizzano gli obiettivi della legge quadro in merito alla segnalazione dei “valori naturali” e dei “profili di vulnerabilità” sono, rispettivamente, il valore ecologico e la fragilità ambientale. L'indice di valore ecologico esprime il valore naturale di un biotopo dal punto di vista ambientale e mette in evidenza aree in cui sono presenti aspetti peculiari di naturalità del territorio; l'indice di fragilità ambientale, invece, esprime il livello di vulnerabilità ponendo in risalto i biotopi che, a causa della compresenza di determinati fattori naturali e disturbi antropici, risultano più sensibili.

Entrambi vengono rappresentati a livello cartografico tramite una suddivisione del territorio in 5 classi: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. È stata, pertanto, analizzata la distribuzione del suolo consumato e i cambiamenti avvenuti nell'ultimo anno all'interno delle diverse classi degli indicatori presentati.

Analizzando il suolo consumato all'interno delle classi di valore ecologico (Tabella 133), si osserva che a livello nazionale le aree a valore molto basso e basso sono quelle in cui la percentuale di suolo consumato è maggiore (5,3% e al 5,2% della superficie della classe). Nelle aree a valore ecologico elevato e molto il valore scende rispettivamente all' 1,6% e all'1,0%. A livello regionale, Liguria e Toscana presentano i valori più elevati di suolo consumato in aree a valore ecologico molto elevato (rispettivamente con 2,1% e 1,9%), mentre Puglia e Veneto hanno le percentuali più elevate nelle aree a valore alto (3,3% e 3%).

In termini assoluti, a livello nazionale, nell'ultimo anno sono stati artificializzati 54 ettari di aree a valore ecologico molto elevato, prevalentemente in Veneto (+16 ha), Puglia (+13 ha) e Sicilia (+13 ha); mentre nelle aree a valore ecologico alto si registrano 334 ettari di nuove coperture artificiali, di cui 106 ettari solo in Sicilia e ulteriori 41 ettari in Veneto. Considerando l'incremento percen-

tuale di suolo consumato tra il 2021 e il 2022, il Veneto, la Puglia e la Sicilia superano il valore medio nelle aree a valore ecologico molto alto (+0,3%). Nelle aree a valore ecologico alto la Campania e la Puglia registrano l'incremento percentuale maggiore, rispettivamente con +0,7% e +0,5% (Tabella 134).

Tabella 133. Suolo consumato (2022) per classe di valore ecologico. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Suolo consumato 2022 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	1,1	4,3	0,5	1,8	0,7
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	8,3	9,4	6,1	3	1
Friuli-Venezia Giulia	4,1	10,6	2,5	1,5	0,8
Liguria	25,1	10	2,5	1,8	2,1
Emilia-Romagna	3,7	5,5	2,2	1,7	0,8
Toscana	3,9	5,3	1,7	1,5	1,9
Umbria	4,6	4,8	1	1,3	1
Marche	4,1	3	1,9	1,3	0,8
Lazio	7,4	6	2,1	1,3	0,9
Abruzzo	5,7	5,1	1,3	0,9	0,9
Molise	3,9	2,9	1,8	1,7	0,9
Campania	11	7	2,6	1,5	0,6
Puglia	6	5,1	3,4	3,3	1,3
Basilicata	2,3	3,2	2	1,3	0,8
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	11,9	4,7	4	2,2	1,2
Sardegna	2,5	3,6	1,4	0,8	0,7
Italia	5,3	5,2	2,2	1,6	1

Tabella 134. Consumo di suolo annuale (2021–2022) per classe di valore ecologico. Fonte: elaborazione ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Consumo di suolo 2021 - 2022									
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	0	0	0,7	0,3	6,4	1,5	14,2	0,4	0	0
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	464,5	0,7	-31,8	-0,4	7,1	0,2	40,8	0,4	16,1	0,5
Friuli-Venezia Giulia	76,2	0,9	25,4	0,4	6,9	0,7	7,6	0,2	4,0	0,3
Liguria	2,8	0,2	11,2	0,1	2,7	0,1	10,6	0,2	0,3	0
Emilia-Romagna	394,1	1	16,4	0,1	23,6	0,3	23,3	0,4	0	0
Toscana	37,1	0,5	86,3	0,2	7,5	0,1	38	0,3	1,8	0,1
Umbria	1,9	0,1	41	0,2	0,5	0	1,5	0,1	0,1	0
Marche	145,6	0,8	6,5	0,4	3,4	0,1	2,3	0,1	0,0	0
Lazio	107,7	0,5	242,9	0,7	24,6	0,5	10,5	0,2	0,8	0,1
Abruzzo	41,0	0,4	64,6	0,5	7,7	0,3	6,8	0,2	0,5	0,1
Molise	8,9	0,5	56	1,2	3,9	0,3	1,7	0,1	0,4	0,1
Campania	28	0,6	379,2	0,8	17,9	0,5	28,9	0,7	1,9	0,2
Puglia	4,6	1,3	483,6	0,7	42,3	0,5	19,8	0,5	13,3	0,6
Basilicata	14,8	0,3	45,4	0,5	24,6	0,5	4,9	0,2	0	0
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	3,7	0,1	325,9	0,6	88,7	0,4	106,2	1	13	0,6
Sardegna	26,8	0,6	311,9	1,4	80,2	0,8	17,4	0,4	1,9	0,1
Italia	1357,8	0,7	2065,3	0,6	347,7	0,4	334,3	0,4	54	0,3

La percentuale delle aree a fragilità alta e molto alta occupata da superfici artificiali è pari all'3,77% con valori più elevati nella classe molto alta (5,2%). A livello regionale, la percentuale più elevata di suolo consumato nelle aree a fragilità molto elevata si registra nelle Marche con quasi il 13% di superficie artificializzata, in Liguria (9,7%), nel Lazio (9,5%) e nella Valle d'Aosta (9,3%); nelle aree a fragilità alta è l'Abruzzo la regione con la percentuale di suolo consumato maggiore, pari all'8,6%, seguono le Marche con l'8,% e la Liguria con il 7,7% (Tabella 135).

Il confronto tra i dati 2021 e 2022 evidenzia che 2.211 ettari (il 31,3% del consumo totale) si è concentrato nelle aree a fragilità molto bassa (Tabella 136). Nelle aree a fragilità alta l'incremento di superfici artificiali è pari a 115 ettari, di cui 36,2 ettari solo in Sicilia, quasi 14 ettari in Campania, 12 ettari in Puglia e ulteriori 11,7 ettari in Friuli-Venezia Giulia. La regione che ha mostrato la maggiore crescita percentuale di suolo consumato nelle aree a fragilità alta è la Sardegna con +1,1% (pari a 7,7 ettari).

Nelle aree a fragilità molto elevata, la variazione percentuale si mantiene prossima allo 0% in tutte le regioni tranne per la Campania (+2,7%), la Sicilia (+1,8%), la Sardegna (+1%), la Toscana (+0,9%) e il Friuli-Venezia Giulia (+0,8%).

Pur tenendo conto di fattori di scala tra le carte, le analisi del consumo di suolo rispetto ai tipi di paesaggio, ma anche rispetto alle classi di valore ecologico e di fragilità ambientale in sintesi mostrano che negli anni e ancora oggi l'uomo ha consumato e consuma suolo, paesaggi, habitat ed ecosistemi dove più facilmente è riuscito a insediarsi sia in modo concentrato che diffuso e dunque nelle pianure e nelle aree collinari, coinvolgendo maggiormente aree a minore naturalità e dunque a minor valore ecologico. Nelle aree a maggior disturbo antropico possono rimanere lembi residuali con un discreto livello di naturalità che possono risultare a fragilità da media in su e che possono più facilmente ricadere tra le superfici "consumate". A scopo conservazionistico sarebbero da ridurre a zero le percentuali di consumo nelle classi di Valore o di Fragilità alta e molto alta, ma in particolare

andrebbero tutelati i biotopi caratterizzati contemporaneamente da valore e fragilità elevati.

Tabella 135. Suolo consumato (2022) per classe di fragilità ambientale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Suolo consumato 2022 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	0,1	1,7	3,8	5,9	9,3
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND
T.-A.Adige	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	5,3	7,0	3,5	2,9	8,4
Friuli-V. Giulia	1,6	3,5	4,1	3,2	3,0

Liguria	5,6	2,3	3,0	7,7	9,7
E.-Romagna	3,4	2,9	2,6	3,9	2,2
Toscana	3,3	2,7	2,8	4,1	6,2
Umbria	4,6	1,9	1,2	3,0	1,9
Marche	3,3	2,4	3,5	8,1	12,9
Lazio	4,1	4,3	4,2	5,9	9,5
Abruzzo	3,1	2,5	2,1	8,6	6,6
Molise	2,7	2,6	1,4	3,2	6,2
Campania	5,7	4,1	5,0	2,7	7,7
Puglia	4,8	3,4	2,8	5,1	3,6
Basilicata	2,6	1,7	2,0	2,2	5,9
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	4,6	3,6	2,1	4,6	6,0
Sardegna	1,9	1,7	2,7	2,2	2,2
Italia	3,7	3,2	3,0	3,7	5,2

Tabella 136. Consumo di suolo annuale (2021–2022) per classe di fragilità ambientale. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Carta della Natura e cartografia SNPA

Regioni	Consumo di suolo 2021 - 2022										
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	6,0	3,6	7,5	0,4	6,0	0,5	1,7	0,2	0,0	0,0	
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Veneto	264,4	0,7	212,0	0,4	10,3	0,2	9,7	0,4	0,2	0,2	
Friuli-Venezia Giulia	22,8	0,5	64,9	0,7	18,9	0,5	11,7	0,4	1,7	0,8	
Liguria	11,7	0,1	11,8	0,2	3,7	0,2	0,4	0,1	0,0	0,0	
Emilia-Romagna	373,9	0,7	67,9	0,6	13,8	1,0	1,8	0,9	0,0	0,0	
Toscana	63,0	0,2	75,3	0,3	25,9	0,3	4,6	0,2	1,9	0,9	
Umbria	35,4	0,2	8,1	0,1	1,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
Marche	133,6	0,8	17,0	0,3	5,7	0,2	1,5	0,3	0,0	0,0	
Lazio	220,2	0,5	140,0	0,7	20,5	0,6	5,6	0,5	0,2	0,2	
Abruzzo	72,9	0,4	40,5	0,5	4,1	0,3	3,1	0,7	0,0	0,0	
Molise	50,6	1,1	14,3	0,7	1,9	0,1	4,1	0,3	0,0	0,0	
Campania	125,2	0,5	150,6	0,9	152,2	1,0	13,8	0,7	14,0	2,7	
Puglia	465,7	0,8	65,4	0,6	19,1	0,6	12,0	0,8	1,4	0,5	
Basilicata	30,8	0,3	46,9	0,8	10,7	0,3	1,1	0,1	0,3	0,4	
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Sicilia	215,8	0,5	252,0	0,6	25,7	0,4	36,2	0,9	7,8	1,8	
Sardegna	119,2	0,7	180,6	0,9	129,8	3,8	7,7	1,1	1,1	1,0	
Italia	2.211,2	0,6	1.354,8	0,6	449,5	0,7	115,1	0,5	28,5	1,2	

IMPATTI SUGLI ECOSISTEMI NATURALI E SEMI-NATURALI

La nuova "Carta degli Ecosistemi d'Italia V2.0" (Blasi et al., 2023) ha consentito di valutare la distribuzione delle coperture artificiali all'interno delle 98 tipologie di ecosistemi presenti sul territorio italiano e di valutare le pressioni esercitate su di essi dai nuovi cambiamenti rilevati tra il 2021 e il 2022. In particolare, l'analisi è stata condotta sugli 85 ecosistemi naturali e semi-naturali: 44 forestali, 8 arbustivi, 8 prativi, 7 erbacei radi o privi di vegetazione, 11 acquatici e 7 igrofilii. Su questi ecosistemi, tra l'altro, è stata applicata nel 2021 la valutazione di rischio che ha permesso di ottenere, secondo i criteri stabiliti dall'IUCN, la Lista Rossa degli ecosistemi d'Italia (Blasi et al., 2023) che rappresenta uno strumento complementare alle Liste Rosse compilate a livello di specie e di habitat. Il consumo di suolo è uno dei fattori di pressione considerati per la valutazione della degradazione ambientale (criterio C) e quindi dello stato di rischio degli ecosistemi nelle cinque province ecoregionali e di conseguenza a scala nazionale (Capotorti et al., 2020); In questo senso, l'attività di mappatura annuale del consumo di suolo è un utile strumento per il monitoraggio dello stato di conservazione degli ecosistemi, supportando l'aggiornamento costante delle valutazioni già in essere.

La Tabella 137 riporta i valori di suolo consumato totale (in ettari e in percentuale rispetto all'estensione di ciascuna classe), di consumo di suolo (in ettari) e di densità di consumo di suolo (in termini di metri quadrati di nuovo suolo consumato per ogni ettaro di estensione) nelle classi di ecosistemi naturali e semi-naturali (codici da C ad G) Tabella 137.

Benché la percentuale di superficie interessata dalla presenza di suolo consumato sia limitata nella maggior parte degli ecosistemi naturali e semi-naturali, si hanno valori superiori alla media nazionale (7,14%) negli ecosistemi psammofili nord adriatici (classe F1; 13,37%), peninsulari (classe F2; 15,64%), e delle Isole maggiori (classe

F3; 8,59%) nonché negli ecosistemi idrofittici, dulcicoli e lentici, della Pianura Padana (classe G9; 15,10%) e negli ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici e di sorgente alpini (G12; 7,49%). Da evidenziare che F1, F2 e F3 sono considerati a rischio nella Lista Rossa degli ecosistemi d'Italia; nello specifico, F1 e F2 sono valutati CR (Critically Endangered ovvero in pericolo critico) mentre F3 come EN (Endangered ovvero in pericolo).

Valori inferiori alla media nazionale ma comunque maggiori del 5% interessano le classi C34 riferibili alle pinete costiere nord adriatiche (5,58%) e G1 riferibili agli ecosistemi igrofilii, ripariali (localmente glareicoli) e di torbiera, dulcicoli e alpini (5,1%).

Infine, superano la soglia del 3% i seguenti ecosistemi: C26 (ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, alpini e prealpini; 3,51%), E3 (ecosistemi arbustivi, collinari delle Alpi e pianiziali della Pianura Padana; 3,01%), G14 (ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici, peninsulari; 3,27%) e G15 (ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici, delle Isole maggiori; 3,12%).

Rispetto agli ecosistemi igrofilii e acquatici (codici G) si tratta spesso di contesti ad elevato valore conservazionistico anche in ragione della loro scarsa estensione e che dovrebbero essere attenzionati con strumenti di valutazione puntuali.

La densità di cambiamenti 2021-2022 supera il metro quadro di nuovo consumo per ettaro di estensione in alcuni ecosistemi forestali di latifoglie decidue ripariali (C26, C27, C28), a forte componente alloctona (C30 e C31), negli ecosistemi erbacei appartenenti alla classe D3, negli ecosistemi psammofili nord-adriatici (F1), negli ecosistemi igrofilii appartenenti alle classi G3 e G5 e negli ecosistemi acquatici appartenenti alla classe G14. Anche questo dato conferma la maggiore pressione a cui sono sottoposti gli ecosistemi costieri sabbiosi e gli ecosistemi legati alle zone umide/ripariali.

Tabella 137. Suolo consumato (2022) e consumo di suolo annuale (2021-2022) per gli 85 ecosistemi naturali e semi-naturali mappati dalla Carta degli Ecosistemi d'Italia V2.0. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Blasi *et al.*, 2023 e cartografia SNPA.

Ecosistema		Suolo consumato 2022 (ha)	Suolo consumato 2022 (%)	Consumo di suolo 2021-2022 (ha)	Densità di consumo di suolo 2021-2022 (m ² /ha)
Ecosistemi forestali di latifoglie sempreverdi		6.700,31	0,88	8,17	0,11
C1	Ecosistemi forestali submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> della fascia insubrica	23,13	2,89	-0,63	-7,88
C2	Ecosistemi forestali submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> della Pianura Padana	10,35	0,89	0,00	0,00
C3	Ecosistemi forestali peninsulari mediterranei e submediterranei a dominanza di <i>Quercus ilex</i> e/o <i>Q. suber</i> (e <i>Q. calliprinos</i> nel Salento)	4.369,98	1,07	5,55	0,14
C4	Ecosistemi forestali a <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ilex</i> e <i>Q. suber</i> delle Isole Maggiori	2.296,85	0,65	3,25	0,09
Ecosistemi forestali di latifoglie decidue		69.846,03	1,30	125,23	0,23
C10	Ecosistemi forestali peninsulari mesofili a prevalenza di <i>Quercus cerris</i>	10.039,15	1,16	19,24	0,22
C11	Ecosistemi forestali peninsulari termofili a prevalenza di <i>Quercus cerris</i> localmente con <i>Q. frainetto</i>	1.997,89	0,93	1,05	0,05
C12	Ecosistemi forestali peninsulari termofili a prevalenza di <i>Quercus virgiliana</i>	1.832,21	1,33	2,93	0,21
C13	Ecosistemi forestali dei querceti termofili sud-orientali con <i>Quercus virgiliana</i> , <i>Q. trojana</i> , <i>Q. macrolepis</i> o <i>Q. frainetto</i>	345,59	1,60	1,33	0,62
C14	Ecosistemi forestali peninsulari mesoigrofilii a dominanza di <i>Quercus robur</i>	277,54	2,09	-0,01	-0,01
C15	Ecosistemi forestali delle Isole maggiori a querce caducifoglie (<i>Quercus virgiliana</i> , <i>Q. congesta</i> , <i>Q. ichnusae</i> , <i>Q. cerris</i>)	1.056,93	1,15	3,97	0,43
C16	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso, a dominanza di <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> e/o <i>Carpinus betulus</i>	9.207,45	1,86	21,18	0,43
C17	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> subsp. <i>excelsior</i> e altre latifoglie mesofile	1.316,09	2,72	2,91	0,60
C18	Ecosistemi forestali peninsulari (localmente nelle Isole maggiori), da planiziali a submontani, a <i>Ostrya carpinifolia</i> , <i>Fraxinus ornus</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>C. orientalis</i> , <i>Ulmus minor</i>	3.858,75	1,05	4,99	0,14
C19	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a <i>Castanea sativa</i>	6.308,06	1,94	8,66	0,27
C20	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a <i>Castanea sativa</i>	586,22	1,91	0,95	0,31
C21	Ecosistemi forestali peninsulari, collinari e submontani, a <i>Castanea sativa</i>	8.857,50	1,65	9,92	0,18
C22	Ecosistemi forestali a <i>Castanea sativa</i> , collinari e montani, delle Isole maggiori	157,59	2,18	0,01	0,01
C23	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a <i>Fagus sylvatica</i> , con <i>Picea abies</i> , <i>Abies alba</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>	3.640,60	0,82	9,26	0,21
C24	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a <i>Fagus sylvatica</i> , con <i>Abies alba</i> , <i>Taxus baccata</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Acer cappadocicum</i>	3.019,42	0,50	0,32	0,01
C25	Ecosistemi forestali dell'Italia meridionale a <i>Fagus sylvatica</i> , con <i>Abies alba</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Quercus congesta</i> , <i>Q. dalechampii</i> e <i>Q. petraea</i>	546,37	0,50	0,33	0,03

C26	Ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, alpini e prealpini, a <i>Salix alba</i> , <i>S. eleagnos</i> , <i>S. myrsinifolia</i> , <i>S. daphnoides</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Myricaria germanica</i> , <i>Alnus incana</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	151,06	3,51	0,73	1,69
C27	Ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, della Pianura Padana, a <i>Salix alba</i> , <i>Populus alba</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Viburnum opulus</i>	366,24	2,45	2,33	1,56
C28	Ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, peninsulari, a <i>Salix</i> sp. pl., <i>Populus alba</i> , <i>P. nigra</i> , <i>Alnus glutinosa</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Hypericum hircinum</i>	935,90	2,11	5,13	1,16
C29	Ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, delle Isole maggiori, a <i>Salix alba</i> sp. pl., <i>Populus alba</i> , <i>Fraxinus angustifolia</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Tamarix</i> sp. pl., <i>Vitex agnus-castus</i>	60,39	1,97	0,00	0,00
C30	Ecosistemi forestali, alpini e prealpini, a latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Acer negundo</i> , <i>Quercus rubra</i> , etc.)	385,43	3,10	1,79	1,44
C31	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Amorpha fruticosa</i> , <i>Prunus serotina</i>)	2.554,61	2,58	15,36	1,55
C32	Ecosistemi forestali, peninsulari, a latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Ailanthus altissima</i> , <i>Eucalyptus</i> sp. pl.)	703,29	2,41	0,56	0,19
C33	Ecosistemi forestali delle isole maggiori a latifoglie alloctone (<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Eucalyptus</i> sp. pl.)	231,65	0,79	0,46	0,16
C5	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a <i>Quercus petraea</i> e/o <i>Q. robur</i>	682,26	1,57	1,22	0,28
C6	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a <i>Quercus pubescens</i> , <i>Q. cerris</i> e/o <i>Ostrya carpinifolia</i>	848,14	1,76	1,28	0,27
C7a	Ecosistemi forestali padani, planiziali, a <i>Quercus robur</i>	392,03	1,86	0,86	0,41
C7b	Ecosistemi forestali padani, collinari, a <i>Quercus petraea</i> e/o <i>Q. pubescens</i>	368,69	1,54	0,02	0,01
C8	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a <i>Quercus petraea</i> e/o <i>Q. cerris</i>	1.527,20	1,42	0,14	0,01
C9	Ecosistemi forestali appenninici e subappenninici a prevalenza di <i>Quercus pubescens</i> e/o <i>Ostrya carpinifolia</i>	7.591,78	1,26	8,31	0,14
Ecosistemi forestali di aghifoglie		16.513,78	0,95	51,13	0,29
C34	Ecosistemi forestali delle coste nord-adriatiche a <i>Pinus pinaster</i> e/o <i>P. pinea</i>	290,94	5,58	0,29	0,56
C35	Ecosistemi forestali, costieri e collinari, peninsulari (localmente in Insubria), a <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. pinea</i> e/o <i>P. halepensis</i>	3.711,35	2,01	5,13	0,28
C36	Ecosistemi forestali a <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. pinea</i> e/o <i>P. halepensis</i> delle Isole maggiori	1.070,68	0,89	1,59	0,13
C37	Ecosistemi forestali alpini, prealpini e del Carso a <i>Pinus sylvestris</i> e/o <i>P. nigra</i>	2.179,31	1,33	7,25	0,44
C38	Ecosistemi forestali della Pianura Padana a <i>Pinus sylvestris</i> e/o <i>P. nigra</i>	103,13	1,96	0,30	0,57
C39	Ecosistemi forestali peninsulari e siciliani, montani, a <i>Pinus nigra</i> , <i>P. heldreichii</i> e/o <i>P. nigra</i>	2.171,35	1,05	0,33	0,02
C40	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a <i>Picea abies</i> e/o <i>Abies alba</i>	5.382,47	0,74	29,19	0,40
C41	Ecosistemi forestali appenninici a <i>Picea abies</i> e/o <i>Abies alba</i>	207,29	1,12	0,03	0,02
C42	Ecosistemi forestali alpini e prealpini a <i>Pinus cembra</i> e/o <i>Larix decidua</i>	1.278,35	0,42	7,02	0,23
C43	Ecosistemi forestali a conifere alloctone (<i>Pinus strobus</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Cedrus</i> sp. pl., <i>Cupressus</i> sp. pl.)	118,91	1,16	0,00	0,00

Ecosistemi erbacei		13.256,72	0,76	48,82	0,28
D1	Ecosistemi erbacei, montani e altomontani, delle Alpi, a <i>Carex myosuroides</i> , <i>C. curvula</i> , <i>C. firma</i> , <i>Festuca violacea</i> , <i>Sesleriella sphaerocephala</i>	1.656,69	0,23	10,15	0,14
D2	Ecosistemi erbacei, montani e collinari, delle Alpi, a <i>Trisetaria flavescens</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Lolium perenne</i>	980,34	0,90	5,38	0,49
D3	Ecosistemi erbacei, basso-collinari e pedemontani delle Alpi e pianiziali della Pianura Padana, a <i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Chrysopogon gryllus</i>	163,33	1,53	1,79	1,67
D4	Ecosistemi erbacei appenninici, montani e alto-montani, a <i>Sesleria juncifolia</i> , <i>S. nitida</i> , <i>Festuca violacea</i> , <i>Nardus stricta</i> , <i>Carex kitaibeliana</i>	538,34	0,39	0,20	0,01
D5	Ecosistemi erbacei, peninsulari, montani e collinari a <i>Brachypodium genuense</i> , <i>B. rupestre</i> , <i>Bromopsis erecta</i> e <i>Cynosurus cristatus</i> , con locali presenze a <i>Dasyphyrum villosum</i> e <i>Trifolium</i> sp. pl.	4.193,96	1,22	4,06	0,12
D6	Ecosistemi erbacei, basso-collinari e pedemontani, dell'Appennino centro-settentrionale, a <i>Dasyphyrum villosum</i> , <i>Avena</i> sp. pl., <i>Trifolium</i> sp. pl., <i>Dactylis glomerata</i>	67,64	2,76	0,12	0,49
D7	Ecosistemi erbacei, montani, dell'Appennino meridionale e insulari, a <i>Stipa</i> sp. pl., <i>Festuca morisiana</i> , <i>Armeria sarda</i>	23,62	0,41	0,00	0,00
D8	Ecosistemi erbacei, collinari e costieri, peninsulari e insulari, a <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Hyparrhenia hirta</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Brachypodium retusum</i>	5.632,80	1,38	27,12	0,67
Ecosistemi arbustivi		26.238,32	1,22	69,54	0,32
E1	Ecosistemi arbustivi, montani e alto-montani, delle Alpi, a <i>Pinus mugo</i> , <i>Rhododendron</i> sp. pl., <i>Vaccinium</i> sp. pl.	934,66	0,34	5,48	0,20
E2	Ecosistemi arbustivi, montani e collinari, delle Alpi e del Carso, a <i>Alnus alnobetula</i> , <i>Salix</i> sp. pl., <i>Berberis vulgaris</i> , <i>Erica carnea</i> , <i>Juniperus communis</i>	2.119,49	1,28	8,74	0,53
E3	Ecosistemi arbustivi, collinari delle Alpi e pianiziali della Pianura Padana, a <i>Calluna vulgaris</i> , <i>Genista cinerea</i> , <i>Cytisus scoparius</i>	1.694,03	3,01	5,53	0,98
E4	Ecosistemi arbustivi, montani, appenninici, a <i>Juniperus communis</i> , <i>Pinus mugo</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Oreoherzogia fallax</i>	198,02	0,90	0,00	0,00
E5	Ecosistemi arbustivi, montani, dell'Italia meridionale e delle isole maggiori, a <i>Juniperus hemisphaerica</i> , <i>Astragalus</i> sp. pl., <i>Berberis aetnensis</i> , <i>Genista</i> sp. pl.	26,56	0,35	0,00	0,00
E6	Ecosistemi arbustivi, peninsulari collinari e pianiziali (localmente in Insubria), a <i>Spartium junceum</i> , <i>Rosa</i> sp. pl., <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Prunus spinosa</i> , <i>Rubus ulmifolius</i> , etc.	7.905,58	1,72	11,11	0,24
E7	Ecosistemi arbustivi a specie sempreverdi, peninsulari, a <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Rosa sempervirens</i>	4.893,46	1,75	13,21	0,47
E8	Ecosistemi arbustivi a specie sempreverdi, insulari, a <i>Olea europaea</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Euphorbia dendroides</i>	8.466,52	0,97	25,47	0,29
Ecosistemi erbacei radi o privi di vegetazione		1.839,39	0,36	1,4	0,03
F1	Ecosistemi psammofili nord-adriatici a <i>Cakile maritima</i> , <i>Salsola tragus</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Stipa veneta</i> , <i>Calamagrostis arenaria</i> , etc.	343,58	13,37	0,26	1,01
F2	Ecosistemi psammofili peninsulari a <i>Cakile maritima</i> , <i>Sporobolus virginicus</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Achillea maritima</i> , etc	917,28	15,64	0,17	0,29

F3	Ecosistemi psammofili delle Isole maggiori a <i>Cakile maritima</i> , <i>Armeria pungens</i> , <i>Silene succulenta</i> , <i>Elymus farctus</i> , <i>Calamagrostis arenaria</i> , etc.	90,54	8,59	0,00	0,00
F4	Ecosistemi alpini casmo-comofitici e glareicoli	112,17	0,03	0,00	0,00
F5	Ecosistemi appenninici e dei rilievi costieri peninsulari casmo-comofitici e glareicoli	148,53	0,83	0,00	0,00
F6	Ecosistemi dei rilievi interni e costieri delle Isole maggiori casmo-comofitici e glareicoli	225,80	0,84	0,97	0,36
F7	Ghiacciai e nevi perenni	1,49	0,00	0,00	0,00
Ecosistemi igrofilii		3.567,25	2,16	21,68	1,31
G1	Ecosistemi igrofilii, ripariali (localmente glareicoli) e di torbiera, dulcicoli, alpini, a <i>Calamagrostis pseudophragmites</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Caltha palustris</i> , etc.	345,79	5,10	0,27	0,40
G2	Ecosistemi igrofilii ripariali, dulcicoli, della Pianura Padana a <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha</i> sp. pl., <i>Arundo donax</i> , <i>Carex riparia</i> , etc.	860,55	1,91	1,70	0,38
G3	Ecosistemi igrofilii ripariali, dulcicoli, peninsulari, a <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha</i> sp. pl., <i>Arundo donax</i> , <i>Carex riparia</i> , etc.	1.578,27	2,80	13,55	2,40
G4	Ecosistemi igrofilii ripariali, dulcicoli, delle Isole maggiori, a <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha</i> sp. pl., <i>Arundo micrantha</i> , <i>Carex panormitana</i> , etc.	239,29	2,75	0,18	0,21
G5	Ecosistemi aloigrofilii costieri, nord-adriatici, a <i>Salicornia veneta</i> , <i>Sporobolus maritimus</i> , <i>Salicornia fruticosa</i> , etc.	235,26	0,80	5,41	1,85
G6	Ecosistemi aloigrofilii costieri, peninsulari, a <i>Salicornia perennans</i> , <i>Salicornia fruticosa</i> , <i>Halimione portulacoides</i> , etc.	165,26	1,61	0,17	0,17
G7	Ecosistemi aloigrofilii, costieri, delle Isole maggiori, a <i>Salicornia procumbens</i> , <i>S. perennans</i> , <i>Salicornia perennis</i> , <i>Halopeplis amplexicaulis</i> , etc.	142,83	1,61	0,40	0,45
Ecosistemi acquatici		3.732,76	1,15	3,74	0,12
G10	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lentici, peninsulari, a <i>Chara</i> sp. pl., <i>Nitella hyalina</i> , <i>Lemna</i> sp. pl., <i>Ceratophyllum demersum</i> , etc.	512,57	0,92	0,88	0,16
G11	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lentici, delle Isole maggiori, a <i>Chara</i> sp. pl., <i>Lemna</i> sp. pl., <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>C. submersum</i> , <i>Potamogeton natans</i> , etc.	156,40	0,96	0,00	0,00
G12	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici e di sorgente, alpini, a <i>Ranunculus trichophyllus</i> , <i>R. penicillatus</i> , <i>Cardamine amara</i> , etc.	226,06	7,49	0,07	0,23
G13	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici e di sorgente, della Pianura Padana, a <i>Ranunculus trichophyllus</i> , <i>Isoetes malinverniana</i> , <i>Callitriche</i> sp. pl., <i>Hippuris vulgaris</i>	555,26	1,61	0,34	0,10
G14	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici, peninsulari, a <i>Ranunculus trichophyllus</i> , <i>Helosciadium nodiflorum</i> , <i>H. inundatum</i> , etc.	266,02	3,27	1,68	2,07
G15	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lotici, delle Isole maggiori, a <i>Ranunculus penicillatus</i> , <i>R. baudotii</i> , <i>Myriophyllum alterniflorum</i> , etc.	100,84	3,12	0,00	0,00
G16	Ecosistemi salmastrici costieri, nord-adriatici, a <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Zostera marina</i> , <i>Ruppia maritima</i> , etc.	334,68	0,46	0,37	0,05
G17	Ecosistemi salmastrici, costieri, peninsulari, a <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Zostera marina</i> , <i>Nanozostera noltei</i> , etc.	21,06	0,13	0,06	0,04
G18	Ecosistemi salmastrici, costieri, delle Isole maggiori, a <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Nanozostera noltei</i> , <i>Ruppia spiralis</i> , etc.	60,30	0,52	0,00	0,00

G8	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lentici, alpini, a <i>Chara</i> sp. pl., <i>Nitella</i> sp. pl., <i>Lemna</i> sp. pl., etc.	377,83	0,40	0,02	0,00
G9	Ecosistemi idrofittici, dulcicoli, lentici, della Pianura Padana, a <i>Chara</i> sp. pl., <i>Lemna</i> sp. pl., <i>Salvinia natans</i> , etc.	1.121,74	15,10	0,32	0,43
Italia		2.150.680,49	7,14	7.075,26	2,35

PERDITA DI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO

La valutazione dell'impatto che i cambiamenti di uso e copertura del suolo hanno sulla capacità di un suolo naturale o agricolo di fornire servizi ecosistemici, in particolare quando si assiste alla variazione da una copertura naturale o agricola a una artificiale, è utile al fine del riconoscimento del valore del suolo per la regolazione dei principali processi ambientali, per la produzione di cibo e prodotti agricoli, per supportare la biodiversità e per il benessere della popolazione.

Considerando l'obiettivo dell'inserimento della protezione delle funzioni del suolo nella pianificazione territoriale, è necessario richiamare l'attenzione anche sull'importanza della quantificazione biofisica dei servizi (quest'anno non riportata) e, in particolare, su quella di considerare una gerarchia nei servizi, individuando servizi prioritari come quelli di regolazione. Ciò perché troppo spesso, nella valutazione economica, ad esempio, i servizi di regolazione sono meno considerati a causa della difficoltà di valutazione. Si vuole richiamare infine, per una corretta interpretazione dei dati forniti, il fatto che la valutazione economica viene fornita come supporto alla comprensione della dimensione dell'impatto ambientale prodotto con il consumo di suolo e che questi valori rappresentano intrinsecamente una sotto-stima del valore delle risorse naturali. Di conseguenza, generare un modello di compensazione basato su tali valori deve essere considerato insufficiente dal punto di vista della protezione ambientale (Assenato *et al.*, 2019).

Anche quest'anno sono stati analizzati i flussi annui e gli stock del capitale naturale perso a causa del consumo di suolo, sia in termini biofisici che economici. Nei precedenti rapporti la valutazione economica dei servizi ecosistemici persi a causa del consumo di suolo è stata eseguita con analisi spaziali, utilizzando la cartografia ad alta

risoluzione di copertura del suolo prodotta da ISPRA attraverso la mosaicatura degli strati ad alta risoluzione di Copernicus, integrati con la serie storica della carta nazionale del consumo di suolo, e utilizzando dei modelli spazialmente espliciti¹¹⁶. Da tali valutazioni si è individuata la perdita di servizi ecosistemici che mediamente è da attribuire a una singola unità di superficie a causa dell'intervento antropico. Il consumo di suolo 2021-2022 è stato, quindi, moltiplicato per il valore medio per ettaro¹¹⁷ dei dati nazionali pubblicati lo scorso anno e i risultati sono stati sommati alla serie storica.

L'analisi del flusso di servizi ecosistemici evidenzia che l'impatto economico del consumo di suolo in Italia produce perdite annuali che si confermano molto elevate. La stima dei costi totali della perdita del flusso annuale di servizi ecosistemici varia da un minimo di 7,8 a un massimo di 9,5 miliardi di euro, persi ogni anno a causa del consumo di suolo avvenuto tra il 2006 e il 2022 (Tabella 138). Il valore più alto di perdita è associato al servizio di regolazione del regime idrologico, ovvero all'aumento del deflusso superficiale prodotto dal consumo di suolo che è, infatti, tra gli effetti più significativi. Analizzando i valori di perdita del flusso annuale tra il 2006 e il 2022 la variabilità va da un minimo di 7,1 miliardi a un massimo di 8,3 miliardi di euro l'anno. Analogamente al periodo 2006-2022, il valore più alto di perdita tra il 2021 e il 2022 è connesso al servizio di regolazione del regime idrologico con una perdita di 452 milioni di euro l'anno (Tabella 140), mentre complessivamente nell'ultimo anno si stima una perdita del flusso di servizi ecosistemici che varia da un minimo di 451 a un massimo di 551 milioni di euro l'anno.

Il valore perso di stock nel periodo 2006-2022 varia tra 18,4 miliardi e 23,3 miliardi di euro, come perdita patrimoniale sempre a causa delle trasformazioni avvenute a

¹¹⁶ Per approfondimenti sulla metodologia si rimanda all'edizione precedente del rapporto (Munafò, 2022).

¹¹⁷ La perdita economica del flusso annuale dei servizi ecosistemici è stimata in un valore medio di 70.835 €/ha, mentre la perdita di stock è stimata in un valore medio di 171.277 €/ha.

partire dal 2006 (Tabella 139), di cui più di un miliardo dovuto al consumo di suolo dell'ultimo anno (Tabella 141). La perdita di stock più elevata rimane quella della produzione agricola. Questa analisi conferma che il maggiore impatto del consumo di suolo avviene a discapito delle principali funzioni ovvero della regolazione dei cicli

naturali (in particolare quello idrologico) e della produzione di beni e materie prime (che, in questo caso, assolvono bisogni primari come acqua e cibo).

Tabella 138. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€/anno]	Valore medio [€/anno]	Valore massimo [€/anno]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-799.369	-2.510.192	-4.221.016
Qualità degli habitat	-48.094.941	-48.094.941	-48.094.941
Produzione agricola	-363.867.656	-363.867.656	-363.867.656
Produzione di legname	-107.104.677	-107.104.677	-107.104.677
Impollinazione	-23.003.171	-26.858.399	-30.713.625
Regolazione del microclima	-11.290.196	-28.225.488	-45.160.782
Rimozione particolato e ozono	-4.982.399	-10.060.311	-15.138.222
Disponibilità di acqua	-7.258.490	-90.731.122	-174.203.754
Regolazione del regime idrologico	-7.188.018.960	-7.782.228.527	-8.376.438.094
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-1.098.066	-157.176.662	-313.255.259
Totale	-7.755.517.921	-8.616.857.975	-9.478.198.026

Tabella 139. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€]	Valore medio [€]	Valore massimo [€]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-176.525.813	-554.329.430	-932.133.046
Produzione agricola	-18.112.385.953	-20.195.848.275	-22.279.310.597
Produzione di legname	-85.088.687	-85.088.687	-85.088.687
Totale	-18.374.000.452	-20.835.266.392	-23.296.532.330

Tabella 140. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€/anno]	Valore medio [€/anno]	Valore massimo [€/anno]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-46.495	-146.004	-245.514
Qualità degli habitat	-2.797.424	-2.797.424	-2.797.424
Produzione agricola	-21.164.225	-21.164.225	-21.164.225
Produzione di legname	-6.229.703	-6.229.703	-6.229.703
Impollinazione	-1.337.971	-1.562.209	-1.786.446
Regolazione del microclima	-656.690	-1.641.725	-2.626.760
Rimozione particolato e ozono	-289.799	-585.154	-880.509
Disponibilità di acqua	-422.187	-5.277.341	-10.132.495
Regolazione del regime idrologico	-418.088.405	-452.650.380	-487.212.355
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-63.869	-9.142.121	-18.220.374
Totale	-451.096.768	-501.196.287	-551.295.805

Tabella 141. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2021 e il 2022. Fonte: elaborazioni ISPRA

Servizi ecosistemici	Valore minimo [€]	Valore medio [€]	Valore massimo [€]
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-10.267.557	-32.242.362	-54.217.166
Produzione agricola	-1.053.500.082	-1.174.683.880	-1.295.867.678
Produzione di legname	-4.949.151	-4.949.151	-4.949.151
Totale	-1.068.716.790	-1.211.875.393	-1.355.033.996

DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO

LAND DEGRADATION

Il progetto pilota sulla *Land Degradation Neutrality* (LDN), promosso dal Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione (UNCCD) e il programma LDN *Target Setting* lanciato dallo stesso Segretariato hanno lo scopo di aiutare e affiancare i Paesi nell'individuazione dei target volontari di LDN e nella definizione delle misure associate per il raggiungimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), da valutare attraverso l'evoluzione della "Percentuale di territorio degradato su superficie totale del territorio" (cfr. § *Consumo, copertura, uso e degrado del suolo*).

La complessità del degrado del suolo e del territorio implica la necessità di valutare molti fattori che siano rappresentativi di contesti pedogenetici estremamente eterogenei ed è per questi motivi che la metodologia di valutazione è ancora oggetto di dibattito scientifico. L'UNCCD (2021) raccomanda l'utilizzo combinato di tre sub-indicatori: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo, il contenuto in carbonio organico (*Soil Organic Carbon*, SOC), suggerendo comunque la possibilità di integrare altri sotto indicatori specifici a livello di singolo Paese. La Commissione Statistica delle Nazioni Unite ha definito l'indicatore 15.3.1 per il monitoraggio del Target 15.3 degli SDGs come percentuale di aree degradate del territorio nazionale, basandosi sulla metodologia usata dalla UNCCD, organismo internazionale di riferimento per quanto riguarda il target 15.3.

Il degrado viene valutato analizzando la variazione dei sotto indicatori considerando come riferimento temporale una baseline (2000-2015) e un periodo di reporting (2004-2019). Il degrado complessivo viene derivato dall'integrazione dei diversi sotto indicatori con il criterio *One Out, All Out* (UNCCD, 2021). La valutazione è comunque da considerarsi parziale, in quanto non sono stati considerati altri importanti fenomeni di degrado del suolo, particolarmente evidenti ed incisivi nel contesto italiano quali la salinizzazione, la contaminazione, la

compattazione, etc., che andrebbero quindi a aumentare l'effettiva superficie degradata.

La mancanza di queste informazioni, legata anche all'assenza di una rete di monitoraggio nazionale sui suoli, rende dunque parziale ed incompleta la valutazione effettuata. Tuttavia, l'approccio seguito in questo rapporto ricalca la metodologia proposta in ambito internazionale cercando di utilizzare e valorizzare anche dati nazionali e comunitarie in sostituzione di *dataset* globali di minor dettaglio.

I risultati dell'indicatore di degrado sono stati ottenuti tramite elaborazioni raster tra i dataset di input di Land Cover, Produttività, Contenuto del Carbonio Organico nel Suolo e Carta del Consumo di Suolo (in diverse annualità) utilizzando per alcuni sottoindicatori l'estensione Trends.Earth, che permette di processare serie storiche di indici e variabili da immagini satellitari, utilizzando i servizi di elaborazione e il database in cloud di Google Earth Engine.

DEGRADO DOVUTO AI CAMBIAMENTI DI COPERTURA DEL SUOLO

Le carte nazionali delle aree in degrado a causa di cambiamenti di copertura del suolo sono state derivate nel periodo di baseline (2000-2015) e nel successivo periodo di reporting (2004-2019). Per entrambi i periodi di riferimento sono stati utilizzati gli strati informativi relativi ai cambiamenti di copertura/uso del suolo, ottenuti da Corine Land Cover 2000-2012 e 2012-2018 aggiornando rispettivamente al 2015 e al 2019 le superfici artificiali derivanti dalla carta a 10 metri del consumo SNPA e inserendo come ulteriore causa di degrado le transizioni da suolo non consumato a suolo consumato avvenute nei rispettivi periodi. Le 44 classi della legenda al terzo livello del CLC sono state opportunamente ricondotte alle 7 categorie adottate dall'UNCCD nei processi di reporting ambientale (foreste, prati e pascolo, aree agricole, aree artificiali, suolo nudo, corpi idrici e zone umide). Si è preferito lavorare con i file dei cambiamenti per la migliore

MMU rispetto all'aggiornamento sessennale proposto dal programma CLC (5 ha vs. 25 ha), adeguando la risoluzione al dettaglio spaziale di 10 metri della carta del consumo di suolo SNPA e sommando per il periodo di baseline i cambiamenti 2000-2006 con quelli 2006-2012. Per valutare i cambiamenti della copertura del suolo che potenzialmente causano degrado nei due periodi di riferimento è stata utilizzata una matrice di transizione tra classi di copertura modificata rispetto all'UNCCD (Tabella 142). Nella matrice di transizione viene definito

il significato, in termini di degrado, di ogni transizione di copertura del suolo tra il periodo iniziale ed il periodo finale (2000-2015 e 2016-2019). Gli elementi indicati in rosso (segno -) sono identificati come degrado nell'output finale, quelli in bianco (zero) sono identificati come stabili, e in verde (segno +) sono indicati come miglioramento. Ad esempio, la transizione da foreste nel 2000, a qualsiasi altra classe di copertura nel 2015 viene considerata come causa di degrado.

Tabella 142. Matrice di transizione di copertura del suolo nei due periodi di riferimento (rosso = degrado, bianco = stabile, verde = miglioramento).
Fonte: ISPRA

		Copertura del suolo finale						
		Foreste	Prati e pascolo	Aree agricole	Aree artificiali	Suolo nudo	Zone umide	Corpi Idrici
Copertura del suolo iniziale	Foreste	0	-	-	-	-	-	0
	Prati e pascolo	+	0	-	-	-	-	0
	Aree agricole	+	+	0	-	-	-	0
	Aree artificiali	+	+	+	0	+	+	0
	Suolo nudo	+	+	+	-	0	+	0
	Zone umide	-	-	-	-	-	0	0
	Corpi idrici	0	0	0	0	0	0	0

DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI PRODUTTIVITÀ

La produttività del suolo è definita come la capacità di trasformazione da parte degli organismi autotrofi (anche detti produttori primari) di carbonio organico atmosferico in biomassa. La produttività primaria netta (NPP) è la quantità netta di carbonio assimilata tramite fotosintesi in un determinato periodo di tempo (Clark *et al.*, 2001) ed è tipicamente rappresentata in unità come kg/ha/anno.

Lo standard internazionale per il calcolo della NPP (gC/m²/giorno) è stato stabilito nel 1999 dalla NASA in previsione del lancio del sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a partire da dati multitemporali di riflettanza delle superfici, tenendo conto delle varie tipologie climatiche e vegetazionali.

L'indicatore più comunemente usato come proxy per la NPP è l'Indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI), calcolato utilizzando le informazioni spettrali dalle bande del rosso e del vicino infrarosso. I dati sono stati processati con l'ausilio del plugin *Trends.Earth* implementato all'interno del software QGIS, che utilizza prodotti MODIS e AVHRR per calcolare integrali annuali di NDVI, alla base del calcolo degli indicatori di produttività.

La variazione del potenziale degrado del suolo dovuto alla perdita di produttività è valutata utilizzando tre sotto indicatori derivati dai dati delle serie temporali MODIS per la valutazione dello stato di baseline (2015), calcolato dal 2001 e per il successivo periodo di monitoraggio (periodo di reporting) tra il 2016 e il 2019. Il metodo, ad oggi che fornisce la rappresentazione più consistente della risposta della produttività alle variazioni di umidità del suolo è la *Water Use Efficiency* (WUE) (Ponce-Campos *et al.*, 2013; Wessels *et al.*, 2007; JRC, 2022) che assumendo la precipitazione su un'area come totalmente assimilabile da suolo e vegetazione, tiene conto del bilancio idrico tra quest'ultima e *run-off* (ruscellamento superficiale), *groundwater recharge* (ricarica della falda, infiltrazione) ed evaporazione. Dal bilancio è ottenuta l'evapotraspirazione che concorre proporzionalmente al calcolo della produttività. Per lo studio dell'indicatore per l'Italia è stato utilizzato il dataset di MODIS di evapotraspirazione

disponibile per l'intera serie temporale MODIS e utilizzabile tramite l'estensione *Trends.Earth* in connessione con *Google Earth Engine*.

Ad affiancare le statistiche di variazione della produttività secondo quanto appena detto, si è scelto di utilizzare indicatori di stato e performance secondo i valori medi annuali di NDVI sulle stesse immagini MODIS.

La WUE, come già detto, è utilizzata come indicatore proxy del tasso di variazione della produttività primaria nel tempo. In questo modo sono state identificate le aree in cui si sono verificati cambiamenti sostanziali della NPP per i due periodi di analisi: tendenze positive indicano un potenziale miglioramento delle condizioni del terreno, mentre tendenze negative un potenziale degrado. Nel presente studio si è utilizzata la serie storica MODIS (MOD16A2 v006) dal 2001 (dal 1° gennaio) al 2019 (31 dicembre) a risoluzione spaziale di 500m e temporale di 8 giorni.

Per la produttività, considerato l'apporto nullo in termini di degrado aggiuntivo e modesto nell'individuazione di zone di miglioramento, è stata considerata solamente la traiettoria valutata attraverso il sotto indicatore di WUE

DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO

Il terzo sotto-indicatore per il monitoraggio del degrado del territorio quantifica le variazioni del carbonio organico nel suolo (SOC) in un periodo di riferimento¹¹⁸. I cambiamenti nel SOC sono particolarmente difficili da valutare per diversi motivi: l'elevata variabilità spaziale delle proprietà del suolo, la diversa frequenza dei monitoraggi nonché le differenti metodologie di indagine costituiscono i principali limiti nelle stime del SOC per la maggior parte del territorio. Per stimare i cambiamenti di carbonio organico nel suolo negli orizzonti più superficiali, sono stati utilizzati i dati di copertura del suolo del paragrafo precedente (baseline: 2000-2015 e periodo di reporting: 2016-2019) e la carta nazionale del carbonio organico realizzata nell'ambito delle attività della *Global Soil Partnership* (*Global Soil Organic Carbon Map* - FAO and ITPS, 2018), ottenuta dall'analisi di 6.748 profili stratigrafici collezionati dal 1990 al 2013 accompagnati da una

¹¹⁸ Rispetto alla valutazione della perdita di carbonio stoccato come servizio ecosistemico qui viene valutato esclusivamente il pool

"suolo", e sono considerati gli effetti di tutte le variazioni di copertura del suolo, non solo quelle da non artificiale ad artificiale.

serie di covariate (uso del suolo, dati pluviometrici, DTM, etc.).

Le elaborazioni relative all'indicatore di degrado dovuto alla perdita di carbonio organico nel suolo sono state realizzate tramite *Trends.earth*, utilizzando come strati informativi di riferimento per la copertura del suolo, gli stessi ottenuti per il sottoindicatore specifico.

INDICATORE SDG 15.3.1

L'indicatore finale riassume le informazioni relative alla baseline e al periodo di reporting secondo la metodologia proposta dall'UNCCD per il calcolo dell'SDG 15.3.1 e tiene conto degli aggiornamenti ai metadati forniti da UNSD (2022) e aggiornati al 31 marzo 2022.

Per il periodo di baseline è prevista l'individuazione delle aree stabili o degradate, laddove solo uno dei tre subindicatori assume un valore in peggioramento (principio del "One Out All Out"). La percentuale di suolo degradato è legata, in questi casi, alla diminuzione della produttività e, in particolare, al valore assunto dal subindicatore della WUE. Il peso dell'indicatore risente, oltre che della risoluzione spaziale grossolana del dataset (500m), del contributo distortivo dei fattori climatici e dalle differenti risposte fenologiche, oltre che da fenomeni di disturbo di natura antropica a scala locale.

Nel calcolo della superficie degradata al 2019 (Tabella 145) è stata considerata come superficie complessiva la somma della superficie degradata al 2015 e quella degradata successivamente secondo calcolo da reporting nel periodo tra il 2004 e il 2019¹¹⁹. Nel computo totale sono considerate degradate anche le superfici consumate al 2019 e quelle degradate da baseline e non migliorate di condizione nel successivo periodo.

Nel confronto tra stime regionali è opportuno tener conto delle diverse condizioni geomorfologiche, climatiche e di uso del suolo che possono incidere nei tempi e nelle modalità di risposta alle cause di degrado. Nel periodo di reporting, la superficie nazionale considerata come degradata si attesta al 13,7%, è utile notare come nello stesso periodo la porzione di territorio nazionale che ha

visto migliorare le sue condizioni in uno stato di non degradato ha raggiunto il 5,9%.

Tuttavia, le differenti stime regionali e di ripartizione rivelano comportamenti differenti, al centro migliorano le condizioni in maniera più decisa che nel resto del Paese.

Il calcolo finale dell'SDG 15.3.1 al 2019, considerando l'apporto del degrado di baseline e di periodo di reporting (o progress) combinati secondo schema di Tabella 143, stima la percentuale di territorio degradato per il livello nazionale al 21,2%. Considerato il bilancio secondo la formula indicata nelle linee guida dell'UNCCD, per il territorio nazionale il valore dell'indicatore SDG si attesta al 17,4%. La stima è stata revisionata nell'ultimo anno grazie alla correzione di alcuni valori nulli provenienti dalle elaborazioni sulle serie storiche MODIS. Valutando lo stesso indicatore al netto dei corpi idrici che possono incidere sulle superfici regionali anche con percentuali superiori al 5%, come nel caso del Veneto, le differenze, anche se di pochi punti percentuali consentono però di confrontare in maniera più coerente territori dalle diverse proporzioni tra suolo e acque interne.

In Tabella 143 sono inseriti i valori in ettari e in percentuale delle quote di territorio classificate come degradate, stabili e migliorate per il livello nazionale, in Tabella 145 quelli regionali. Limitandosi alla sola parte di degrado appare evidente la diversa condizione delle regioni centrali rispetto alle altre ripartizioni. Il Lazio e l'Umbria sono quelle che registrano la maggior parte del proprio territorio in condizioni di degrado (rispettivamente 35,4% e 33,8%), mentre la Sardegna è la Regione con la superficie degradata maggiore in termini assoluti con 641 mila ettari, di poco superiore al territorio degradato in Lazio (602 mila ettari). I valori dell'indicatore l'indicatore SDG 15.3.1 si ottengono sottraendo alla colonna degradato (Tabella 145), la componente di miglioramento del recente periodo con il valore massimo di quest'ultima frazione registrato per il Veneto (10,3%). Anche in questo caso, considerando il relativamente contenuto contributo del miglioramento, che per il territorio nazionale si attesta al +3,8%, le regioni con la maggior porzione di territorio

¹¹⁹ L'intervallo temporale per la quantificazione del degrado "baseline" ha inizio il 1° gennaio 2000 e termine il 31 dicembre 2015. Il Periodo di monitoraggio analogamente inizia il 1° gennaio 2016 e termina il 31 dicembre 2019. Il frame annuale di rilevazione è quindi leggermente

disallineato da quello adottato per il monitoraggio del consumo di suolo a cura di SNPA che ha come mese centrale di riferimento quello di maggio ± 2 mesi, sulla base della disponibilità di immagini satellitari.

degradato sono Lazio (33,85%) e Umbria (32,75), seguite dalle Marche (28,32%)¹²⁰.

Tabella 143. Matrice di lettura delle transizioni tra i periodi di baseline e di reporting per l'assegnazione delle classi finali di degrado per il calcolo dell'indicatore SDG 15.3.1 secondo linee guida UNCCD e considerando le classi della carta nazionale del consumo di suolo e cambiamenti intercorsi per gli anni relativi. In giallo le transizioni classificate come stabili, in verde il miglioramento e in rosso il degrado combinato. In bianco sono considerate le transizioni non verosimili

		Progress Period (Reporting) 2004-2019					
		Stabile	Degrado	Miglioramento	Consumo di suolo	Ripristino	Consumato
Baseline 2000-2015	Stabile						
	Degrado						
	Miglioramento						
	Consumo di suolo						
	Ripristino						
	Consumato						

Tabella 144. SDG 15.3.1, risultati del calcolo dell'indicatore per il periodo di *Baseline*, del *progress period* e il valore combinato finale, come da linee guida di reporting UNCCD

	Degrado del suolo (ha)			Degrado del suolo (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)		
	Baseline 2000-2015	Progress Period 2004-2019	Combinato 2019	Baseline 2000-2015	Progress Period 2004-2019	Combinato 2019
Italia	5.320.736	3.935.132	6.319.586	18,5	13,7	17,4

¹²⁰ Nell'interpretazione di ISPRA alle linee guida UNCCD per il calcolo finale dell'indicatore è stato adottato lo schema di tabella 139, è interessante notare come il cambio di classe tra degradato e stabile in

condizione di degrado contribuisca per più del 5% al computo finale dell'indicatore SDG 15.3.1 che risulterebbe essere in tal caso del 12,9% per il 2019.

Tabella 145. Risultati calcolo indicatore SDG 15.3.1 per il livello nazionale e regionale

Regione	SDG 15.3.1 - 2019						
	Stabile	Degradato	Migliorato	Stabile	Degradato	Migliorato	SDG 15.3.1
	(ha)	(ha)	(ha)	(%)	(%)	(%)	(%)
Piemonte	1.793.724	517.688	117.999	71,3	20,6	4,7	15,9
Valle d'Aosta	266.866	24.260	11.160	82,6	7,5	3,5	4,1
Lombardia	1.552.157	469.207	133.302	65,7	19,8	5,6	14,2
Liguria	388.000	115.993	12.984	72,3	21,6	2,4	19,2
Friuli-Venezia Giulia	585.588	100.081	45.893	74,7	12,8	5,9	6,9
Trentino-Alto Adige	1.152.037	87.021	67.125	85,5	6,5	5,0	1,5
Emilia-Romagna	1.448.202	581.009	126.495	65,0	26,1	5,7	20,4
Veneto	1.167.662	284.291	186.412	64,3	15,7	10,3	5,4
Umbria	525.237	283.050	8.965	62,8	33,8	1,1	32,7
Marche	620.280	276.090	14.659	67,2	29,9	1,6	28,3
Toscana	1.614.514	537.991	76.094	70,9	23,6	3,3	20,3
Lazio	1.019.360	602.448	25.904	59,9	35,4	1,5	33,9
Basilicata	785.962	175.133	20.424	79,5	17,7	2,1	15,6
Molise	315.913	114.258	8.619	71,9	26,0	2,0	24,0
Abruzzo	753.436	293.920	14.998	70,5	27,5	1,4	26,1
Calabria	1.174.528	198.277	94.191	78,7	13,3	6,3	7,0
Puglia	1.516.125	255.637	55.582	79,1	13,3	2,9	10,4
Campania	909.751	334.769	32.831	67,6	24,9	2,4	22,4
Sardegna	1.675.921	641.606	20.085	70,2	26,9	0,8	26,0
Sicilia	1.970.169	426.856	65.542	77,4	16,8	2,6	14,2
Italia	21.278.374	6.319.586	1.139.264	71,3	21,2	3,8	17,4

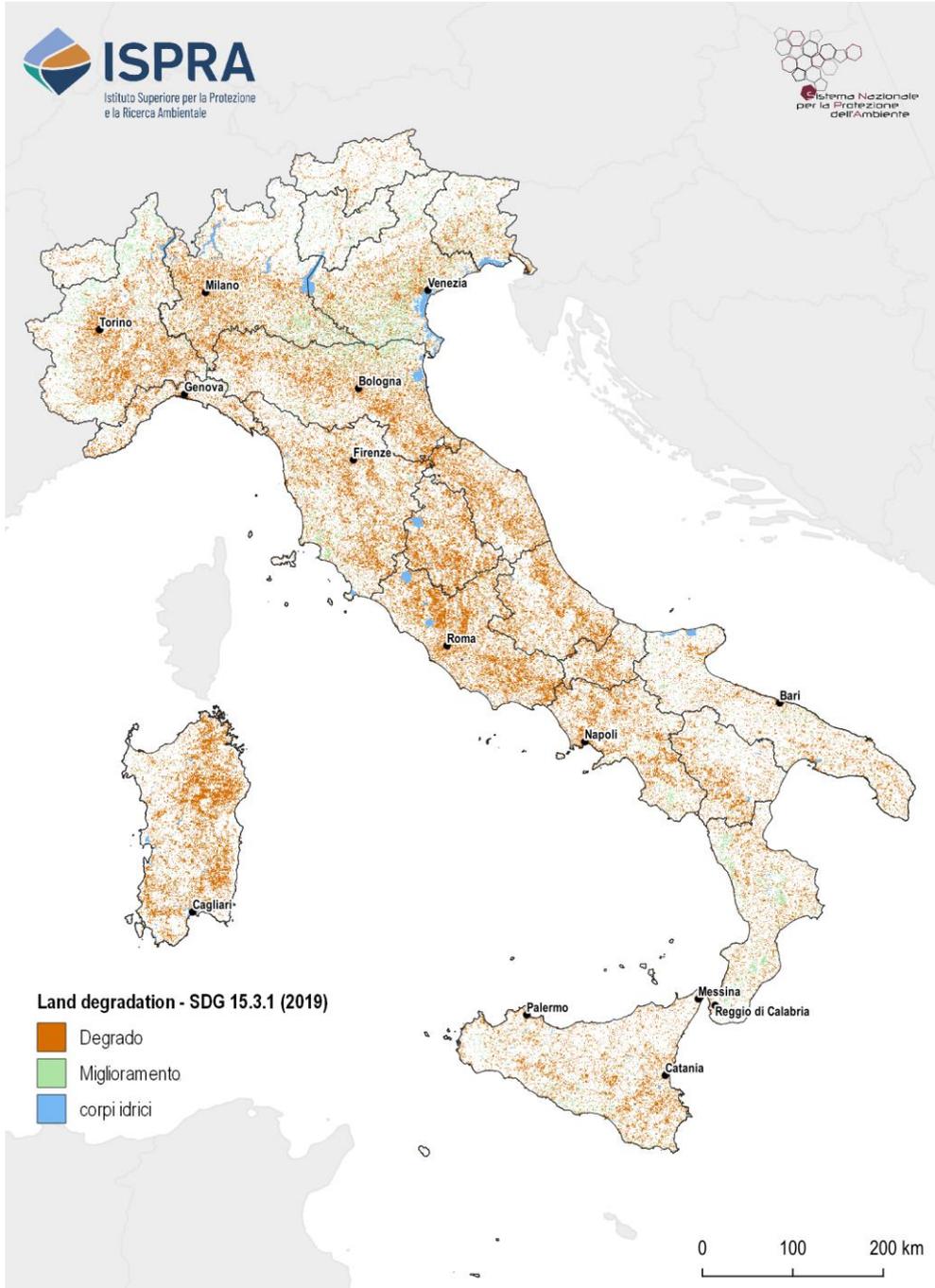


Figura 209. Aree degradate al 2019 secondo la metodologia di calcolo SDG 15.3.1

ALTRI FATTORI DI DEGRADO

Il degrado del suolo è causato da vari fattori oltre quelli precedentemente analizzati, ma legati ad attività antropiche e ad effetti indiretti del consumo di suolo, che quindi devono essere considerati per completare la stima della superficie degradata. In particolare, sono stati considerati i seguenti fattori:

- la frammentazione
- l'area di impatto potenziale del consumo di suolo
- le aree ad alta e media densità di coperture artificiali
- l'aumento di spazi non consumati di superficie inferiore a 1.000 m²
- la presenza di aree percorse dal fuoco negli ultimi anni.

Per la valutazione del degrado dovuto alla frammentazione (cfr. § *La frammentazione del territorio e del paesaggio*), è stata calcolata la differenza di *mesh density* tra le carte del 2006-2019 e 2019-2022. Quindi è stato definito il degrado come un aumento di *mesh density* maggiore di 10 (n° *meshes* per 1.000 km²) nel periodo di riferimento. Si è rilevato un aumento di 39.962 km² di superficie degradati a causa della frammentazione nel periodo 2006-2019 e circa 10.540 km² nel periodo 2019-2022 (Tabella 146).

Tabella 146. Degrado del suolo e del territorio a causa della frammentazione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2006-2019	38.962	12,91
Degrado del suolo 2019-2022	10.539	3,49

L'area di impatto potenziale (cfr. § *L'area di impatto potenziale*) è stata calcolata considerando un buffer di 60 m rispetto al suolo consumato nei periodi 2006-2019 e 2019-2022, quindi è stato calcolato l'incremento di superficie impattata in questi periodi (Tabella 147).

Tabella 147. Degrado del suolo e del territorio a causa dell'impatto potenziale del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2006-2019	1.166	0,39
Degrado del suolo 2019-2022	278	0,09

Un ulteriore fattore di degrado è relativo alla densità delle coperture artificiali, in particolare quelle ad alta e media densità (cfr. § *Le aree urbane*). Nella Tabella 148 si nota un aumento di superfici degradate di oltre 3.000 km² nel periodo 2006-2019 e 541 km² nel periodo 2019-2022.

Tabella 148. Degrado del suolo e del territorio a causa della densità delle coperture artificiali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2006-2019	3.090	1,02
Degrado del suolo 2019-2022	541	0,18

Un effetto del consumo di suolo è la frammentazione e la riduzione della dimensione degli spazi naturali e più in generale non artificiali, al di sotto di una soglia minima pari a 1.000 m², che quindi viene considerata superficie degradata. Nel periodo 2006-2019 è stato calcolato un aumento del suolo degradato di circa 45 km² e ulteriori 12 km² nel periodo 2019-2022 (Tabella 149).

Tabella 149. Degrado del suolo e del territorio a causa dell'incremento degli spazi non consumati inferiori a 1.000 m². Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2006-2019	45	0,015
Degrado del suolo 2019-2022	12	0,004

Un ulteriore fattore di degrado del suolo è legato agli incendi; pertanto, sono stati elaborati i dati relativi alle superfici percorse dal fuoco (cfr. § *Aree percorse dal fuoco*). Come si può notare in Tabella 150 risultano oltre 2.600 km² di superficie degradata a causa di incendi nel periodo 2006-2019 e circa 1.200 km² nel periodo 2019-2022.

Tabella 150. Degrado del suolo e del territorio a causa di aree percorse dal fuoco. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati CUTFAA

	km ²	% del terr. naz.
Degrado del suolo 2006-2019	2.612	0,87
Degrado del suolo 2019-2022	1.233	0,41

DEGRADO COMPLESSIVO

I fattori di degrado considerati nei paragrafi precedenti sono stati analizzati tramite una sovrapposizione spaziale per ottenere una stima totale della superficie in cui il degrado è aumentato per una o più cause nei periodi 2006-2019 (considerando i sub-indicatori SDG 15.3.1 e gli altri fattori di degrado) e 2019-2022 (considerando solo gli altri fattori di degrado). La cartografia complessiva del degrado del suolo e del territorio (Figura 210 e Figura 211) permette quindi di valutare se una o più cause di degrado insistono sulla stessa area. Circa 59.850 km² di suolo hanno subito un aumento di degrado dal 2006 al 2019 (Tabella 151), anche se la maggior parte del degrado è causato da un singolo fattore. La superficie di territorio raggiunta da 2 cause di degrado è

circa 3.500 km², e 423 km² sono aree colpite da 3 o più cause, costituendo quindi aree di elevata criticità ambientale. Nel periodo 2019-2022 (Tabella 152) la superficie di territorio raggiunta degradata è circa 12.340 km², di cui circa 12.100 km² sono aree colpite da 1 causa, 220 km² da 2 cause e 20 km² da più di 2 cause. Dal confronto tra i periodi 2006-2019 e 2019-2022 si nota come i fattori di degrado considerati influiscano sulle stime numeriche, e si può dedurre che nel periodo 2019-2022 le stime sarebbero più elevate se si considerassero anche i sub-indicatori SDG 15.3.1.

Il consumo di suolo influisce direttamente o indirettamente a molti fattori di degrado analizzati; tuttavia, è opportuno evidenziare che la metodologia qui descritta non è esaustiva in quanto sussistono ulteriori fattori che andrebbero considerati, come i processi di salinizzazione o la contaminazione dei suoli. Pertanto, le cifre riportate in questo paragrafo, seppure già molto elevate, sono comunque sottostimate rispetto alle superfici realmente degradate che si otterrebbero se si analizzassero tutti i fattori di degrado del suolo.

Tabella 151. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2006-2019. Fonte: elaborazioni ISPRA

Regione	1 causa di degrado (km ²)	2 cause di degrado (km ²)	3 o più cause di degrado (km ²)	Totale (km ²)
Piemonte	3.882,74	282,40	32,28	4.197,43
Valle d'Aosta	111,98	2,49	0,43	114,90
Lombardia	5.405,48	389,83	51,49	5.846,79
Liguria	723,03	22,06	0,92	746,01
Nord-Ovest	10.123	697	85	10.905
Friuli-Venezia Giulia	1.226,88	55,63	9,37	1.291,88
Trentino-Alto Adige	498,77	17,39	2,84	519,00
Emilia-Romagna	5.571,06	449,71	47,14	6.067,91
Veneto	5.104,30	296,68	50,08	5.451,06
Nord-Est	12.401	819	109	13.330
Umbria	1.657,25	89,12	9,50	1.755,87
Marche	1.793,18	120,22	15,01	1.928,41
Toscana	3.709,99	141,92	13,29	3.865,20
Lazio	5.173,15	398,42	40,89	5.612,46
Centro	12.334	750	79	13.162
Basilicata	1.105,74	61,29	7,74	1.174,77
Molise	735,72	32,95	2,14	770,81
Abruzzo	2.008,38	99,53	13,06	2.120,97
Calabria	3.037,33	228,63	15,94	3.281,90
Puglia	4.466,64	345,70	53,50	4.865,84
Campania	3.352,02	197,48	18,23	3.567,73
Sud	14.706	966	111	15.782
Sardegna	2.123,23	67,03	14,69	2.204,95
Sicilia	4.242,66	196,54	24,42	4.463,63
Isole	6.366	264	39	6.669
Italia	55.930	3.495	423	59.848

Tabella 152. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2019-2022. Fonte: elaborazioni ISPRA

Regione	1 causa di degrado (km ²)	2 cause di degrado (km ²)	3 o più cause di degrado (km ²)	Totale (km ²)
Piemonte	841,13	18,99	2,57	862,70
Valle d'Aosta	11,83	0,23	0,00	12,06
Lombardia	1.682,80	33,44	3,67	1.719,91
Liguria	79,57	0,29	0,00	79,86
Nord-Ovest	2.615	53	6	2.675
Friuli-Venezia Giulia	215,15	4,16	0,40	219,70
Trentino-Alto Adige	56,53	0,89	0,04	57,46
Emilia-Romagna	912,95	23,71	2,95	939,61
Veneto	1.552,19	27,36	2,82	1.582,37
Nord-Est	2.737	56	6	2.799
Umbria	139,73	2,26	0,07	142,05
Marche	254,64	8,54	1,27	264,46
Toscana	453,70	7,30	0,77	461,77
Lazio	1.010,67	12,66	0,63	1.023,95
Centro	1.859	31	3	1.892
Basilicata	104,64	1,44	0,02	106,10
Molise	97,84	1,65	0,07	99,55
Abruzzo	423,11	9,37	0,43	432,92
Calabria	467,33	1,80	0,12	469,25
Puglia	1.331,48	26,75	2,04	1.360,27
Campania	1.242,87	15,92	0,96	1.259,75
Sud	3.667	57	4	3.728
Sardegna	275,72	9,31	0,90	285,93
Sicilia	944,02	14,39	0,67	959,07
Isole	1.220	24	2	1.245
Italia	12.098	220	20	12.339

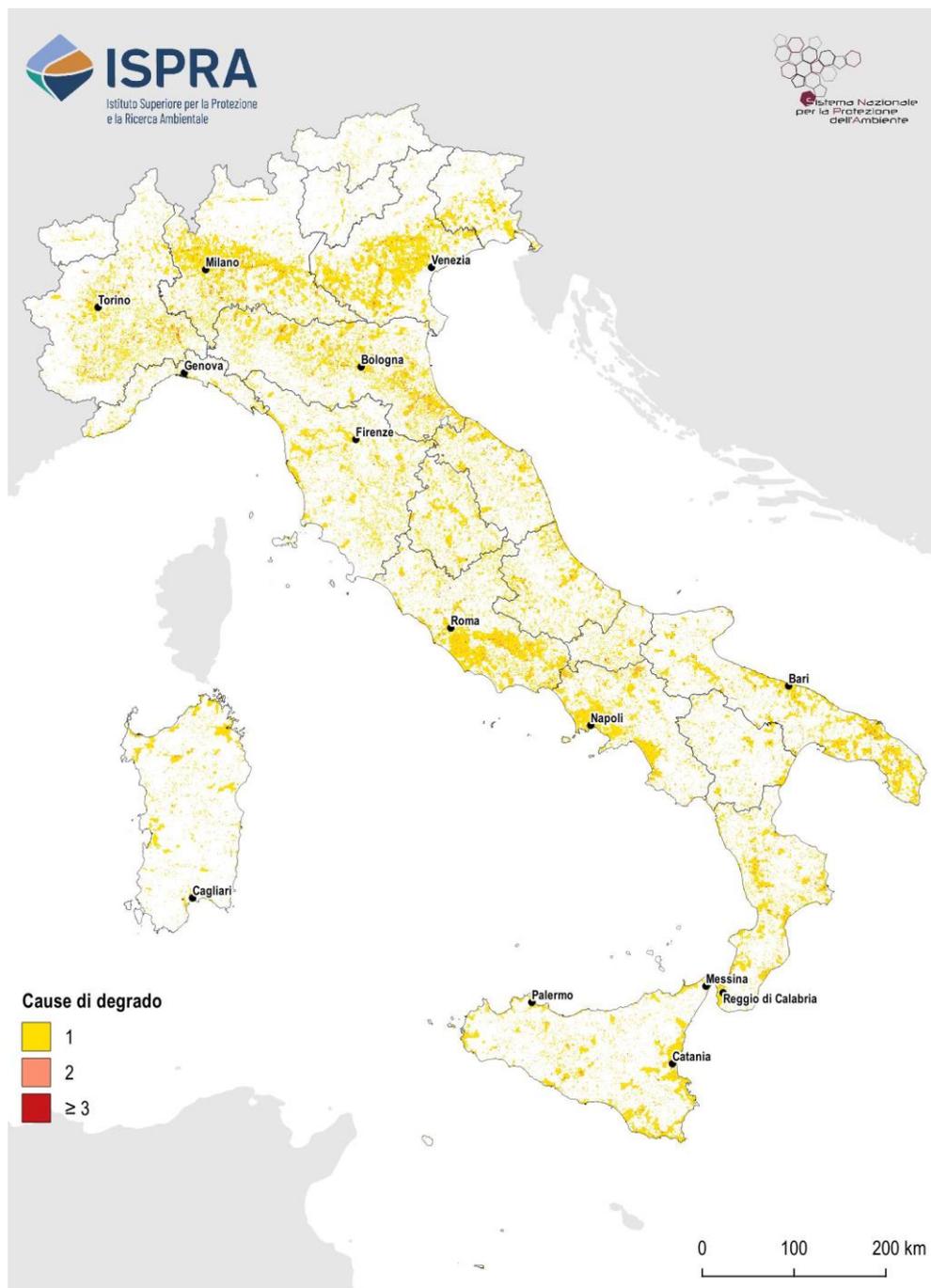


Figura 210. Aree in degrado tra il 2006 e il 2019 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA

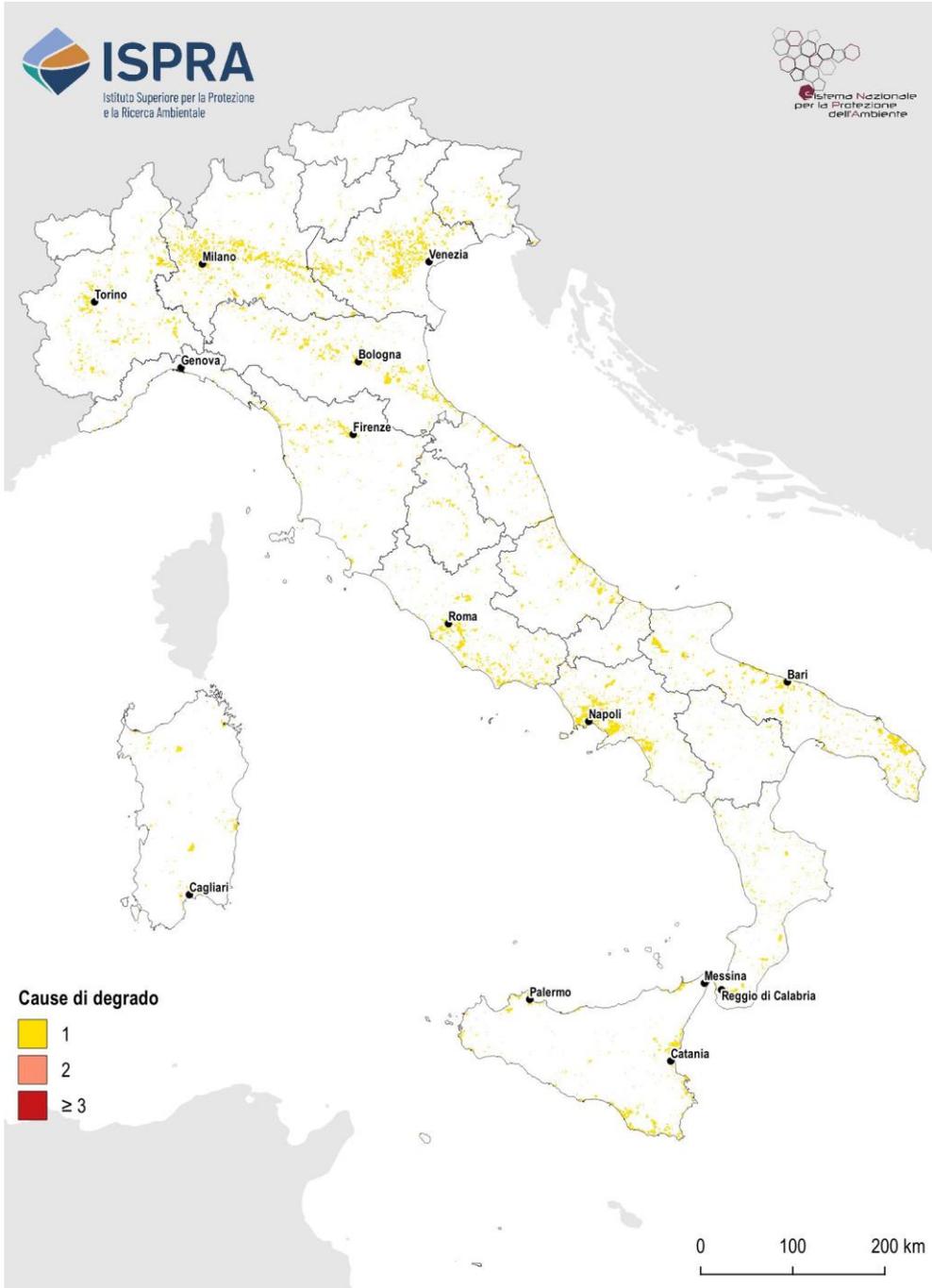


Figura 211. Aree in degrado tra il 2019 e il 2022 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA

CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO

INDICATORI DEL CONSUMO DI SUOLO (SDG 11.3.1). COLLAUDO DI APPLICABILITÀ NELLA PIANIFICAZIONE COMUNALE

Contributo a cura di Bernardino Romano (Università dell'Aquila)¹²¹

Nel 2015 l'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite ha definito gli obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) ed ha indicato alcuni target di particolare interesse per il territorio e per il suolo da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine e da raggiungere entro il 2030 (Barbier *et al.*, 2017; Leal Filho *et al.*, 2018). Si ritiene però che gli indicatori di marca internazionale debbano avere una loro applicabilità spazialmente flessibile, conservando i principi ispiratori di base anche in configurazioni amministrative e normative come quella italiana. In questo caso tutti gli indicatori proposti con finalità operative per ottenere esiti effettivi sugli scenari di pianificazione a breve e lungo termine dovranno, necessariamente, essere pensati per una gestione e applicazione da parte degli enti comunali. Questi, notoriamente, programmano e conducono, pressoché in totale autonomia, le azioni reali di conformazione insediativa, urbanistica ed edilizia dei territori tenuto conto della inessenzialità/ininfluenza della pianificazione sovraordinata di stampo strategico. Se le linee generali indubbiamente verranno dettate dalle normative regionali, gli indicatori diretti verso obiettivi tangibili, come appunto il consumo di suolo, dovranno essere comprensibili e maneggiabili da uffici tecnici comunali anche con organici ridotti all'essenziale, come accade solitamente per i piccoli e piccolissimi comuni delle aree interne o comunque con esigui carichi demografici. Del resto, il fenomeno della iperurbanizzazione non risulta auto-arginato in presenza di demotivazione produttiva, abbandoni di at-

tività e decrementi di popolazione in quanto i comuni tendono generalmente a mantenere comportamenti insediativamente incrementali anche in contrapposizione con le effettive credenziali economiche, sociali e demografiche delle comunità residenti (Romano *et al.*, 2019). Se una parte di queste aspirazioni sovradimensionate saranno poi contrastate dalle dinamiche "reali" di mercato ne resterà sempre una frazione che raccoglierà l'"istigazione" a concretizzare interventi edilizi ed urbanistici (di frequente lasciati incompiuti) solo per "valorizzare" e "bloccare" le rendite fondiarie comunque attribuite.

L'analisi condotta sui mosaici urbanistici elaborati su alcuni territori italiani (Fiorini *et al.*, 2021) mostra senza dubbio alcuno che, pur con qualche variazione, la maggior parte dei comuni è allineata su questo indirizzo.

Ne deriva pertanto che i comuni dovrebbero essere gli agenti decisivi di applicazione di eventuali algoritmi di regolazione tra espansioni edilizie e trend demografici, rispettando naturalmente le soglie e valori di *cut-off* inseriti nelle normative nazionali/regionali.

L'indicatore al quale il presente scritto fa riferimento è appunto quello formulato nell'ambito della Agenda Globale 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite. Un obiettivo riguarda il contenimento del consumo di suolo in relazione ai parametri di crescita demografica per cui è stato introdotto il parametro 11.3.1, *Ratio of Land Consumption Rate to Population Growth Rate* (LCRPGR), per il controllo dell'urbanizzazione nello scenario 2030, che certamente porrà rilevanti problemi tecnico-scientifici

¹²¹ Si ringraziano i colleghi Prof. Francesco Zullo e Ing. Cristina Montaldi dell'Università dell'Aquila per la proficua collaborazione sul tema trattato nel presente lavoro.

per la sua implementazione operativo-normativa (Colglazier, 2015; Bexell *et al.*, 2017; Hepp *et al.*, 2019; Arora *et al.*, 2019; Mudao *et al.*, 2020; Chaopeng *et al.*, 2021; Calka *et al.*, 2022).

Nel documento originale dell'Agenda 2030 l'indicatore è stato formulato come segue:

$$LCRPGR = \frac{LCR}{PGR} = \frac{\frac{V_{present} - V_{past}}{V_{past}} * \frac{1}{T}}{\frac{\ln \frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}}{y}}$$

Dove:

LCR (Land Consumption Rate)

V_{present} = Area urbanizzata totale nell'anno corrente

V_{past} = Area urbanizzata totale nell'anno iniziale di riferimento

T = Periodo considerato in anni tra *V_{present}* e *V_{past}*

Unità di misura = tasso di variazione medio annuo (approssimato) dell'incremento di urbanizzazione

PGR (Population Growth Rate)

ln = Logaritmo naturale

Pop_{t+n} = Totale della popolazione nell'area urbanizzata *V_{present}* nell'anno corrente

Pop_t = Totale della popolazione nell'area urbanizzata *V_{past}* nell'anno iniziale di riferimento

y = numero di anni intercorrenti tra i due periodi di misura

Unità di misura = tasso di demoltiplicazione medio annuo (approssimato) dell'incremento di popolazione

Le unità di misura sono in entrambi i casi adimensionali: per *LCR* si tratta di un valore approssimato del tasso medio annuo di variazione sul periodo considerato, in quanto il valore medio reale richiederebbe un calcolo diverso.

Nel caso di *PGR* si tratta sempre di un'approssimazione del tasso medio di demoltiplicazione della popolazione nel periodo considerato che viene corretto mediante l'uso del logaritmo naturale *ln*.

Oltre al *core indicator* *LCRPGR*, l'Agenda UN introduce anche altri indicatori secondari di cui si riportano le definizioni originali:

$$\text{Area urbanizzata pro-capite (m}^2\text{/abitante)} = \frac{UrBU_t}{Pop_t}$$

Dove:

UrBU_t = Area urbanizzata totale al tempo *t* (m²)

Pop_t = Popolazione nell'area urbanizzata al tempo *t*

Area urbanizzata pro capite - misura la quantità media di area edificata disponibile per ogni persona in un'area urbana durante ogni anno di analisi. Questo indicatore può aiutare a identificare quando le aree urbane diventano troppo dense e/o troppo scarsamente popolate. Si calcola dividendo l'area edificata totale per la popolazione urbana totale all'interno dell'area urbana/città in un determinato anno, utilizzando la formula seguente:

$$\text{Variazione totale dell'area urbanizzata} = \frac{UrBU_{t+n} - UrBU_t}{UrBU_t}$$

Dove:

UrBU_{t+n} = Area urbanizzata totale nell'anno corrente (m²)

UrBU_t = Area urbanizzata totale nell'anno iniziale di riferimento (m²)

Variazione totale dell'area urbanizzata - misura dell'aumento totale delle aree edificate all'interno dell'area urbana nel corso del tempo. Se applicato a una piccola parte di un'area urbana, come il nucleo della città (o la parte vecchia dell'area urbana), questo indicatore può essere utilizzato per comprendere le tendenze di densificazione delle aree urbane. Viene misurato utilizzando gli stessi input del tasso di consumo di suolo per i diversi anni di analisi

Dalle definizioni fornite nel metadato dell'indicatore¹²² si riscontra qualche ambiguità da sciogliere tra il significato di "area urbanizzata" e "area edificata" dovuta anche alle espressioni in lingua inglese (*built-up area*). Ciò perché nella accezione italiana si tende ad individuare come "area urbanizzata" quella interessata dai sedimi dei volumi edificati e da tutte le funzioni connesse (pertinenze pubbliche e private, viabilità, aree residuali e di risulta), e che quindi comprende anche l'"area edificata" intesa come superficie coperta dagli edifici.

¹²² <https://unstats.un.org/sdqs/metadatas/files/Metadatas-11-03-01.pdf>

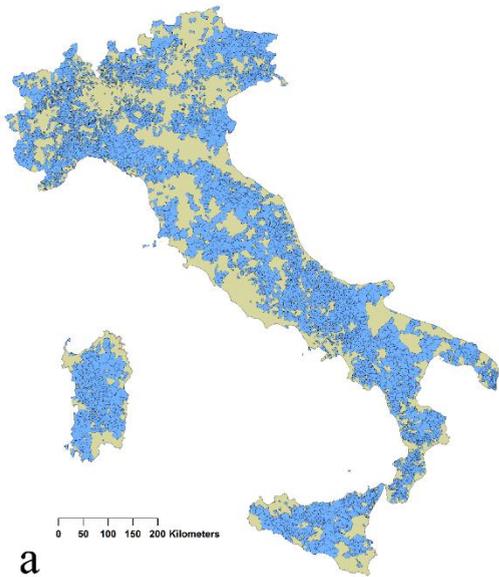
Al di là di questo particolare semantico, anche il meta-dato appena citato sottolinea come LCRPGR presenti diverse debolezze che richiedono interventi di taratura.

Come già accennato in precedenza nella situazione italiana attuale, ma certamente non solo, l'urbanizzato può solamente aumentare o restare inalterato per cui si può presupporre che il numeratore sarà sempre positivo. In tal caso la diminuzione dell'indice sarà da collegarsi solo al decremento demografico anche a numeratore costante ($\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t} < 1$). Pertanto, un campionamento del LCRPGR con questa fisionomia di formulazione, se l'obiettivo è quello di determinare soglie di controllo, ha senso esclusivamente nel campo dei valori positivi. Peraltro, se non è stata registrata alcuna variazione demografica, il rapporto al denominatore assume valore 1, il *ln* diventa pertanto uguale a 0 e l'indice in questo caso risulta oltretutto indeterminabile. L'indice è pari a zero se le aree urbanizzate non hanno subito incrementi, mentre è crescente quanto più l'incremento urbano si impone sulla variazione di popolazione. Si può pertanto dedurre che l'obiettivo primario di sostenibilità sia quello di mantenere inalterato nel tempo, e possibilmente ridurre, i valori dell'indice.

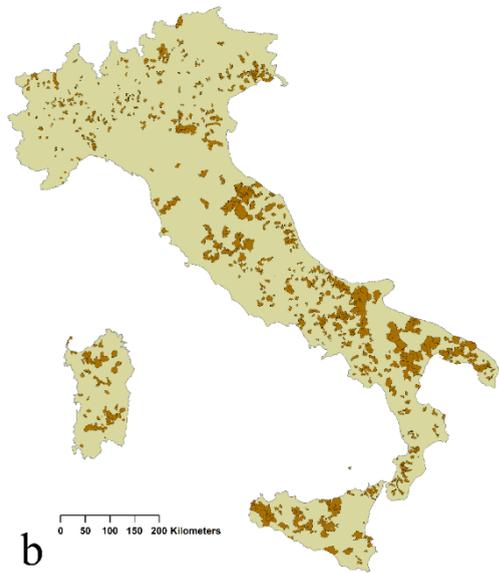
Per le ragioni poco sopra specificate pertanto l'indice LCRPGR, nella sua conformazione attuale, sarebbe inapplicabile nei 4.741 comuni (quasi il 60% del totale), che coprono 18,6 milioni di ettari (oltre il 60% dell'intero territorio nazionale) e coinvolgono 17,6 milioni di abitanti (il 30% del totale nazionale) che, nel periodo 2012-2016 denunciano un saldo demografico negativo (Figura 212a). La geografia distributiva di questi comuni è inoltre tale da costituire quasi la "normalità" per il Paese, considerando che interessa l'intero arco peninsulare e zone sia interne che costiere. Di converso l'urbanizzazione analizzata nello stesso periodo 2012-2016 tramite i dati ISPRA (Munafò *et al.*, 2018; Munafò, 2021) è sostanzialmente sempre incrementale e, in molti casi, anche consistente considerando il range cronologico ristretto di 4 anni: infatti (Figura 212b) sono ben 878 i comuni italiani con 4,7 milioni di abitanti e con saldo demografico 2012-2016 negativo, ma con un incremento di copertura urbana che ha superato l'1%. Si deve notare che, nei comuni italiani che hanno saldo demografico negativo 2012-2016 si sono registrati consumi di suolo pari a poco meno di 8.000 (7.878) ettari ovvero un quadrato di circa 9 km di

lato in 4 anni, corrispondenti a quasi 6 città come Treviso (quasi 6 ha/giorno).

Come commento ulteriore si deve inoltre considerare come, sia LCRPGR, sia gli indicatori secondari, sono solo quantitativi e non configurativi, e pertanto non tengono conto della distribuzione spaziale delle parti urbanizzate a parità di estensione, che, come ormai noto, rappresenta un attributo talvolta più importante della quantità stessa (Filpa *et al.*, 2003; Lv *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2014; Ewing *et al.*, 2015; Salata *et al.* 2017; Manganelli *et al.*, 2020; Ronchi *et al.*, 2020; Saganeiti *et al.*, 2021; Cutini *et al.*, 2019; Fiorini *et al.*, 2019).



a



b

Figura 212. Comuni con saldo demografico negativo 2012-2016 e con incremento di urbanizzazione nello stesso periodo pari a: a) >0 , b) $>1\%$ (fonti: ISTAT, ISPRA)

È già stato osservato come, sia al numeratore che al denominatore, si sia in presenza di due tassi di variazione

approssimativamente medi per anno su una base cronologica predefinita, optando al denominatore per una espressione logaritmica della demoltiplicazione della popolazione nel periodo considerato, scegliendo quindi di utilizzare una forma non omogenea con il numeratore che avrebbe avuto l'espressione seguente:

$$PGR = \frac{Pop_{t+n} - Pop_t}{\frac{Pop_t}{y}}$$

In verità il valore finale dell'indicatore LCRPGR è sostanzialmente analogo in entrambe le modalità in quanto, noto che lo sviluppo in serie di Taylor di $\ln(1+x)$ è:

$$\ln(1+x) = x - \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{3} + \dots (-1)^{n+1} \frac{x^n}{n} + o(x^n)$$

Considerando il rapporto b/a , se $b \geq a$,

$$\ln\left(\frac{b}{a}\right) = \ln\left(\frac{b-a}{a}\right) = \ln\left(1 + \frac{b-a}{a}\right) = \frac{b-a}{a} + \dots$$

Quindi, $\ln(b/a)$ è approssimato da $(b-a)/a$, fermandosi al termine lineare, e l'approssimazione è tanto migliore quanto più $(b-a)/a$ è piccolo: pertanto nei calcoli si ottiene "quasi sempre" l'uguaglianza.

L'uso del \ln produce però un effetto di "schiacciamento" via via che b cresce rispetto ad a : significa che nell'indice proposto da UN a parità di numeratore (rate dell'urbanizzato), il denominatore calcolato con il \ln è più piccolo rispetto al denominatore uguale a $(b-a)/a$, e quindi l'indice è maggiore. Questo effetto è tanto più evidente quanto più grande è il rapporto $(b-a)/a$: ne deriva una sorta di "penalizzazione" dell'incremento di popolazione a parità di incremento di superficie urbanizzata, cosa che sembra contraddittoria con le finalità intrinseche dell'indice.

Tale particolarità è meglio evidenziabile con il seguente esempio che prende come riferimento due ambiti territoriali di analisi A e B e lo stesso arco cronologico di riferimento:

In A all'inizio del periodo di misura ci sono U^*pA' m² di urbanizzato, dove pA' è il numero di abitanti. Alla fine del periodo si riscontrano U^*pA'' m² di urbanizzato e pA'' abitanti.

In B all'inizio del periodo di misura ci sono $U \cdot pB'$ m² di urbanizzato, dove pB' è il numero di abitanti. Alla fine del periodo si riscontrano $U \cdot pB''$ m² di urbanizzato e pB'' abitanti.

Mantenendo U lo stesso valore, i due ambiti si sono comportati esattamente nello stesso modo (l'urbanizzato è proporzionale agli abitanti sia all'inizio che alla fine del periodo). Se ne deduce intuitivamente che anche l'indice LCRPGR dovrebbe assumere lo stesso valore nei due casi.

Ponendo ad esempio $U = 100 \text{ m}^2/\text{abit}$, $pA' = pB' = 1000$ e due incrementi in A e B rispettivamente di 100 e 1000 abitanti si avrà:

$$\begin{aligned} pA' &= 1000, pA'' = 1100 \\ pB' &= 1000, pB'' = 2000 \end{aligned}$$

Di conseguenza per l'ambito A si ottiene al numeratore $((U \cdot pA'' - U \cdot pA') / U \cdot pA') = 0,1$ e al denominatore $\ln(1,1) = 0,0953$ e quindi:

$$\text{LCRPGR} = 1,049$$

Nel caso dell'ambito B si ottiene al numeratore $((U \cdot pB'' - U \cdot pB') / U \cdot pB') = 1$ e al denominatore $\ln(2) = 0,693$ e quindi:

$$\text{LCRPGR} = 1,443$$

In conseguenza di ciò sembra quindi che nell'ambito B ci sia stato un comportamento insediativo peggiore che non in A. Infatti, per ottenere lo stesso indice di A, mantenendo invariate le popolazioni, l'urbanizzato di B sarebbe dovuto crescere meno. Se si calcolasse l'indice con la stessa formula di variazione al numeratore e al denominatore si otterrebbe per entrambi gli ambiti A e B il valore LCRPGR=1 in quanto la superficie urbanizzata si mantiene proporzionale alla popolazione.

Sulla scorta delle considerazioni espresse sembra che l'uso del \ln comporti anche una perdita di immediatezza interpretativa dell'indicatore LCRPGR, richiamando appunto la necessità che i valori di parametri come questo debbano poi giocare il loro ruolo in contesti tecnici non strettamente specialistici. Nel complesso appare infatti

molto più facile comprendere, anche da parte di soggetti non esperti, un fenomeno che vede la variazione di superficie urbanizzata, anche espressa mediante un tasso approssimato a quello medio rigoroso, che, nell'arco di tempo considerato, moltiplica per 5 o 10 volte il tasso di dinamica demografica che non lo stesso indicatore smorzato con l'uso del \ln , che restituisce un fenomeno meno direttamente fisicizzabile e riconducibile a simulazioni campionate. Considerando la stessa base temporale di rilevamento delle dinamiche demografiche e di urbanizzazione la formulazione dell'indice che sembra più idonea agli scopi pratici è quella seguente, omologando anche gli intervalli cronologici di riferimento:

$$\text{LCRPGR} = \frac{\frac{\bar{S}_u - \check{S}_u}{\bar{S}_u}}{\frac{p - \check{p}}{\check{p}}}$$

Dove:

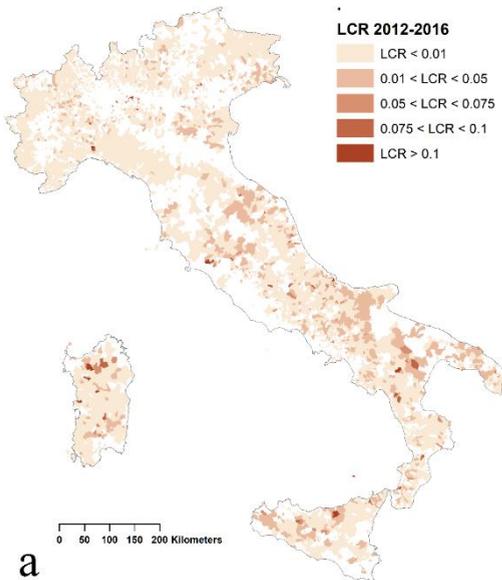
\bar{S}_u = Superficie urbanizzata al tempo t_2

\check{S}_u = Superficie urbanizzata al tempo t_1

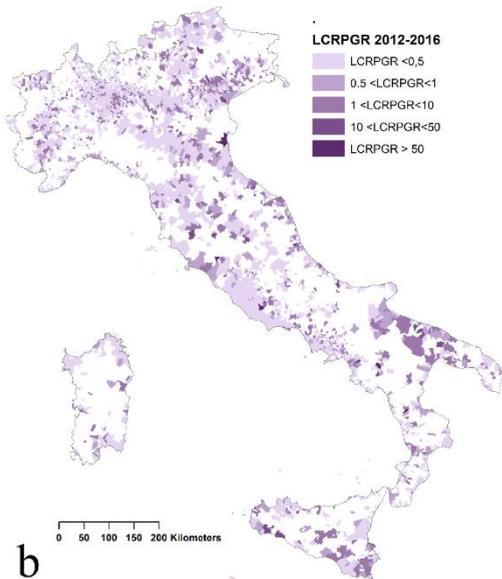
p = popolazione (n. abitanti) al tempo t_2

\check{p} = popolazione (n. abitanti) al tempo t_1

Nelle mappe riportate in Figura 213 si propongono due classificazioni, riportate al periodo 2012-2016, ritenute di interpretazione piuttosto immediata. In Figura 213a viene evidenziato il tasso di variazione espresso da LCR per tutti quei comuni che nell'arco cronologico di misura hanno perso popolazione e si può constatare come, soprattutto nell'area centro-meridionale, non sono rari i territori che hanno raggiunto e superato punte del 7% mostrando quindi caratteri di marcata contraddizione indagabile anche con indicatori di impronta diversa, peraltro già presenti in letteratura (Vittorini, 2001). La Figura 213b riporta invece la fisionomia classificata di LCRPGR secondo l'ultima formulazione proposta e che in sostanza restituisce il livello di demoltiplicazione di LCR rispetto a PGR dando modo di verificare come in numerosi distretti comunali italiani, pur con aumenti demografici, si sia assistito, solo tra il 2012 e il 2016, a tassi incrementali dell'urbanizzato fino a 10 volte e oltre i corrispondenti tassi di variazione demografica.



a



b

Figura 213. a) Classi di variazione del tasso di urbanizzazione 2012-2016 (LCR) nei comuni con decremento demografico nello stesso periodo. b) Classi di variazione dell'indicatore LCRPGR nei comuni con incremento demografico 2012-2016

Queste due ultime elaborazioni richiamano il tema delle soglie di controllo (*cut-off*), tutt'ora inevaso, che dovrebbero confluire nelle normative, nazionali e regionali, di regolazione del consumo di suolo. In qualche lavoro recente è emerso, a titolo esclusivamente sperimentale e preliminare, come valori di LCRPGR intorno a 10 risulterebbero collegabili a buoni livelli di qualità della vita prendendo a riferimento gli indicatori annualmente prodotti dal Sole24Ore, ma si tratta di risultati ancora troppo grossolani per potergli attribuire una robusta significatività scientifica e applicativa (Romano *et al.*, 2023).

Nella identificazione di obiettivi di azione dei comuni condizionati dai valori del LCRPGR vanno naturalmente distinti i due macro-casi corrispondenti alle dinamiche demografiche positive e negative. Nel secondo caso, soprattutto quando i dati denunciano un consolidamento pluridecennale del trend, risulterebbe opportuno evitare l'inserimento di zone di espansione edilizia residenziale (zone C ex D.M. 1444/68) demandando l'assorbimento della eventuale, ancorché ridotta, domanda di nuove costruzioni private alle sole zone già parzialmente edificate (zone B) ottimizzando spazi, volumi e ingombri mediante accurate progettazioni urbanistiche.

Nell'altro macro-caso, con dinamica demografica positiva, gli indirizzi di programmazione dovranno evidentemente tener conto della entità e della inferenza statistica del fenomeno, ma, in ogni caso, esiste l'esigenza di elaborare margini di manovra normativa stringenti per interventi di "pronto effetto", in grado di ridurre notevolmente il consumo di suolo senza introdurre regimi transitori di lunghezza eccessiva che vanificherebbero ogni esito. Fermo restando che gli indicatori così conformati, se non corredati di un "manuale" di uso, rischiano di essere applicati in forma disomogenea e discrezionale tale da renderli poco più che simbolici nel loro effetto, le azioni praticabili riguardano i piani già vigenti e quelli di nuova formazione per i quali soluzioni valutabili comprenderebbero i punti sintetizzati in Tabella 153.

Tabella 153. Quadro schematico di azioni finalizzate su strumenti di pianificazione comunale vigenti e in corso di formazione

Azione sui piani vigenti	Riduzione di frazioni consistenti di superfici urbanizzabili per residenza, produzione, servizi con compensazione volumetrica	Le economie del settore immobiliare sono fondate prevalentemente sulle dimensioni dei corpi edilizi (volumi/superfici utili) più che sulle superfici fondiarie che potrebbe consentire, negli articolati normativi regionali, l'uso di locuzioni del tipo "l'attuazione di quanto volumetricamente previsto nel piano è consentita solo in presenza di una contrazione dell'yy% delle superfici destinate alla espansione rispetto alla programmazione iniziale". Ciò potrebbe portare ad una riduzione di suolo impegnato in modo abbastanza rapido evitando i classici, lunghissimi e concessivi archi transitori. Il criterio si proietta verso la densificazione urbana, indubbiamente argomento di grande complessità (Filpa <i>et al.</i> , 2013; Vergnes <i>et al.</i> , 2014; Lin <i>et al.</i> , 2015; Dembski <i>et al.</i> , 2020).
	Assunzione di responsabilità pubblica nella riduzione del consumo di suolo	Il soddisfacimento di tutti gli interventi di pubblica utilità dovrebbe avvalersi sistematicamente di sedimi già compromessi o, ove non possibile, compensando il nuovo consumo di suolo con ripristini di aree pubbliche di estensione equivalente o superiore. In altre parole, l'interesse comune deve diventare vettore di risparmio di suolo, non un privilegio per deroghe di segno contrario.
	Uso di risorse pubbliche attinenti per progetti di riduzione del consumo di suolo	Programmi finalizzati, come il PNRR, con il 30% di risorse destinato alla Rivoluzione verde e transizione ecologica, dovrebbero consentire azioni decise di acquisizioni di aree/edifici dismessi e liberazione di aree edificate in degrado per riconversioni di edilizia pubblica, operazioni di riqualificazione, deimpermeabilizzazione e rewilding.
Azione sui piani di nuova formazione	Controllo sui parametri urbanistici legati al consumo di suolo	Nei piani attenzioni specifiche andrebbero prestate ai Rapporti di Copertura e alle superfici pertinenziali fondiarie. In Italia questo ultimo valore medio è stimato in 940 m ² /edificio, e lavori recenti dimostrano come diminuzioni anche lievi porterebbero a risparmi di suolo artificializzato molto consistenti (Romano <i>et al.</i> , 2023).
	Controllo della urbanizzazione procapite	Un parametro che i nuovi piani dovrebbero attenzionare è l'urbanizzazione procapite (UPC – m ² /abitante), anche individuata da UN come indicatore ancillare del LCRPGR, per la quale dovrebbero conseguirsi risultati di contenimento rapportati ai valori medi nazionali o regionali. L'indice è pari a 350 m ² /ab medi per l'Italia e si tratta di un parametro molto complesso nella sua genesi, essendo influenzato dalla estensione delle aree oltre che residenziali (UPCr), anche produttive (UPCp) e di servizio (UPCs), e che quindi andrebbe controllato anche agendo sui singoli valori per modulare gli scenari di piano.
	Implementazione di "Accordi di suolo"	Procedure negoziali a carattere pubblico-pubblico o pubblico-privato finalizzate a scambi di superfici e funzioni sempre con l'obiettivo di recuperare sedimi già utilizzati per nuove esigenze edilizie/urbanistiche anche avvalendosi della pianificazione intercomunale.
	Razionalizzazione degli spazi accessori e pertinenze	Nelle possibilità dei piani comunali rientrano altre essenziali e decisive azioni quali la collocazione sistematica dei parcheggi privati sotto il sedime degli edifici, i parcheggi pubblici in volumi multipiano, l'applicazione di azioni di progetto urbano coordinato, soprattutto nelle zone B, per ottimizzare la disponibilità di pertinenze per più edifici. Si tratta di obiettivi conseguibili intervenendo su contenuti e struttura delle Norme Tecniche di Attuazione e dei Regolamenti Edilizi, nonché sui dispositivi di accordo, partecipazione e perequazione fondiaria già utilizzati in forma consolidata nelle procedure operative dei piani (Micelli, 2012; Camagni <i>et al.</i> , 2014).

GREEN HYDROGEN INFRASTRUCTURE: VALUTAZIONE DELL'IDONEITÀ DEI SUOLI

Contributo a cura di Beniamino Murgante, Rossella Scorzelli, Shiva Rahmani (Università degli Studi della Basilicata)

Il settore energetico è un elemento chiave nell'economia di un Paese. La sua efficienza e la sua sostenibilità hanno difatti un impatto significativo sulle attività economiche, sociali ed ambientali. La resilienza energetica è un tema centrale nel dibattito pubblico odierno, poiché le Nazioni si trovano ad affrontare sfide importanti dovute principalmente alla crisi economica, ambientale e sociale. Gli effetti sempre più preoccupanti dei cambiamenti climatici impongono difatti l'adozione di misure ponderate ed urgenti. In questo contesto, l'importanza di una pianificazione ambientale e urbana razionale, radicata nei principi dello sviluppo sostenibile (Murgante *et al.*, 2011), non può essere sopravvalutata (Hoelzen *et al.*, 2022; Las Casas *et al.*, 2019). In tal senso si manifesta una crescente domanda nel campo delle energie rinnovabili, tra cui emerge l'interesse per la produzione e l'utilizzo dell'idrogeno verde che rappresenta una soluzione sostenibile ed innovativa per affrontare le sfide climatiche attuali.

Il presente contributo intende esaminare i criteri che contribuiscono ad individuare i siti maggiormente idonei alla collocazione di impianti, strutture e reti necessarie per produrre, immagazzinare e distribuire l'idrogeno verde, con particolare attenzione a limitare il consumo di suolo. La metodologia implementata è un'analisi spaziale multicriteri che integra il metodo *Analytic Hierarchy Process* (AHP) nell'ambiente *Geographic Information System* (GIS). Tutte le operazioni di analisi spaziale sono state effettuate mediante i software QGIS ed ArcGIS, consentendo la visualizzazione delle relazioni che intercorrono tra l'individuazione dei siti ed i criteri analizzati. L'approccio già analizzato in altri studi (Ali *et al.*, 2022; Alqaderi *et al.*, 2018; Dagdougui *et al.*, 2011; Scorzelli *et al.*, 2023) è stato testato su un caso studio reale ovvero l'industria energivora "Cementeria Costantinopoli" collocata nel Comune di Barile (Basilicata). Fondamentale è l'individuazione dei tre principali criteri (tecnico, economico ed ambientale) e relativi sottocriteri. In seguito alle elaborazioni effettuate è stata prodotta una *land suitability map*. Successivamente è stato analizzato un ulteriore scenario enfatizzando il criterio ambientale. Il risultato finale ha visto il confronto tra due diverse *land suitability map* in cui è possibile individuare i siti migliori per la collocazione degli

impianti e valutare così il minimo impatto derivante da tale collocazione.

Applicazione della metodologia

Il caso studio analizzato riguarda l'industria energivora "Cementeria Costantinopoli" collocata nel comune di Barile in Basilicata. Tale industria rientra tra le imprese energivore, ovvero le imprese che consumano ingenti quantitativi di corrente elettrica o gas per svolgere le proprie attività e che troverebbe nell'installazione di un impianto di produzione di idrogeno verde un significativo contributo energetico, economico ed ambientale. L'area considerata nella valutazione di idoneità dei suoli comprende non solo il comune di Barile in cui è collocata l'industria, bensì anche i comuni limitrofi quali Melfi, Rapolla Venosa, Ginestra, Ripacandida, Atella e Rionero in Vulture, per un'estensione totale di 584 kmq.

Il primo step dell'analisi è stato individuare tutte le aree non idonee a localizzare il sistema di produzione di idrogeno verde, cioè:

- le aree tutelate per legge in riferimento al quadro normativo per la pianificazione paesaggistica regionale, costituito dalla Convenzione europea del paesaggio (CEP) sottoscritta a Firenze nel 2000, ratificata dall'Italia con L. 14/2006 e dal Codice dei beni culturali e del paesaggio D.Lgs. n. 42/2004 che impongono una struttura di piano paesaggistico evoluta e diversa dai piani paesistici approvati in attuazione della L. 431/85 negli anni Novanta: beni culturali (artt. 10 e 45), beni paesaggistici (artt. 136 e 142), beni per la delimitazione di ulteriori contesti art 143;
- le aree di pericolosità dei PAI, redatti dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome le quali rappresentano uno strumento fondamentale per la corretta pianificazione territoriale e considerano sia le aree già soggette ad eventi che quelle potenzialmente suscettibili a nuovi fenomeni franosi.

In riferimento al rischio frana e al rischio alluvioni sono stati considerati i diversi versanti ricadenti nell'area della Regione Basilicata;

- le aree altamente urbanizzate: centri urbani e zone rurali, con riferimento ai dati ISTAT relativi alle località nazionali.

La selezione dei criteri e dei sottocriteri (Tabella 154) rappresenta altresì un passo fondamentale e decisivo per l'elaborazione dei risultati finali ed è il risultato di una revisione della letteratura e di discussioni con esperti del settore.

Tabella 154. Individuazione dei criteri principali e dei relativi sottocriteri

Criteri	Sottocriteri
Tecnici	C ₁ : Pendenza C ₂ : Radiazione Solare
Economici	C ₃ : Accessibilità alle strade C ₄ : Accessibilità all'industria C ₅ : Distanza dalle RES C ₆ : Distanza dalla rete di trasmissione del GAS
Ambientali	C ₇ : Uso del suolo

Per ogni criterio identificato, mediante l'AHP sono stati calcolati i pesi attraverso la costruzione di una matrice dei confronti a coppie mostrata in Tabella 155. L'ultima colonna rappresenta il vettore dei pesi espresso in termini percentuali. Il sottocriterio maggiormente influente in termini di peso percentuale risulta essere l'accessibilità all'industria.

Tabella 155. Matrice dei confronti a coppie e vettore dei pesi dei relativi sottocriteri

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	W _i (%)
C ₁	1,00	2,00	5,00	0,50	5,00	6,00	3,00	24
C ₂	0,50	1,00	5,00	0,33	0,25	5,00	2,00	13
C ₃	0,20	0,20	1,00	0,17	0,50	0,50	0,25	4
C ₄	2,00	3,00	6,00	1,00	5,00	7,00	4,00	34
C ₅	0,20	4,00	2,00	0,20	1,00	2,00	0,50	11
C ₆	0,17	0,20	2,00	0,14	0,50	1,00	0,33	4
C ₇	0,33	0,50	4,00	0,25	2,00	3,00	1,00	10

Dopo aver analizzato i singoli *layer* mediante ArcGis è stata eseguita una riclassificazione di tutti i sottocriteri in formato *raster*. Tale riclassificazione è stata elaborata rispetto alle aree libere risultate dall'analisi dei vincoli effettuata precedentemente, ognuna mediante una scala da uno a cinque dove:

1 = aree con idoneità alta

2 = aree con idoneità mediamente alta

3 = aree con idoneità media

4 = aree con idoneità mediamente bassa

5 = aree con idoneità bassa

Il primo *layer* ad essere analizzato è stato la radiazione solare che si basa sul modello DEM a 5 metri dell'area di studio. La conformazione morfologica particolarmente pianeggiante permette la ricezione di una maggiore quantità di radiazione solare e di conseguenza una maggiore ricezione di energia. Nello studio effettuato, infatti, i pannelli solari sono stati scelti come principale fonte di energia elettrica necessaria nel processo di produzione di idrogeno verde attraverso elettrolisi, ovvero mediante scissione della molecola d'acqua in ossigeno ed idrogeno gassoso. Rispetto a tale considerazione anche l'analisi delle pendenze diventa necessaria. Nel caso studio implementato una parte significativa dei terreni presenta pendenze da moderate a moderatamente basse, rendendoli ideali per la realizzazione di possibili impianti fotovoltaici.

Nella sfera economica, la vicinanza ad una via di trasporto dell'idrogeno diventa un fattore cruciale. Per determinare la distanza tra l'area libera e il cementificio di Costantinopoli è stato utilizzato lo strumento ORS. Utilizzando questo strumento si è potuto calcolare la distanza in base al tempo, che varia da 5 a 25 minuti di viaggio per un veicolo pesante. Il calcolo è partito dai nodi primari situati lungo le strade principali. La mappa dell'accessibilità stradale rivela che l'area è facilmente accessibile per i veicoli pesanti, poiché una parte significativa della regione può essere raggiunta in soli 5 minuti. Mostra inoltre che la vicinanza al sito industriale è di livello medio-alto, il che significa che il cementificio può essere raggiunto in circa 15 minuti. Per garantire un'efficienza ottimale, è fondamentale ridurre al minimo la distanza tra le fonti di energia rinnovabile (in questo caso impianti fotovoltaici) e l'impianto di produzione di idrogeno. Riducendo la distanza, le perdite di trasmissione possono essere minimizzate. Inoltre, la produzione di idrogeno verde può essere un processo ad alta intensità di costi, soprattutto a causa dell'elevato fabbisogno di elettricità per l'elettrolisi. Localizzando l'infrastruttura per l'idrogeno più vicino alle fonti di energia rinnovabile, diventa più conveniente trasportare l'elettricità all'impianto di produzione. In questo caso è stato utilizzato lo strumento

NEAR di GIS per calcolare la distanza dei nodi degli impianti fotovoltaici dalle aree libere di studio. L'area è altamente coperta da queste specifiche fonti di energia rinnovabile.

Negli scenari in cui le località remote sono distanti dalle reti stradali, la fattibilità del trasporto dell'idrogeno tramite gasdotti diventa un'opzione praticabile. Pertanto, è indispensabile effettuare il calcolo della distanza per determinare l'idoneità dell'utilizzo dei gasdotti per il trasporto dell'idrogeno. In questo contesto, la funzione NEAR viene utilizzata per valutare il potenziale di integrazione dell'idrogeno nell'infrastruttura del gas esistente. Valutando i dati cartografici che indicano una copertura sostanziale di gasdotti nella regione specificata, si può dedurre che il trasporto dell'idrogeno non porrebbe sfide logistiche significative.

Il suolo è una risorsa limitata e diversi settori competono per il suo utilizzo. Valutare la disponibilità e i potenziali conflitti con gli usi del suolo esistenti (ad esempio, agricoltura, aree di conservazione) assicura che lo sviluppo dell'infrastruttura verde per l'idrogeno non abbia un impatto negativo su altre attività essenziali. Una pianificazione adeguata può aiutare a evitare i conflitti e a promuovere una coesistenza sostenibile. Per quanto riguarda l'analisi e classificazione del *raster* ne risulta che la maggior parte dell'area è di livello medio-alto per l'implementazione dell'infrastruttura dell'idrogeno.

Successivamente all'analisi dei singoli *layer* attraverso il *tool overlay* di *map-algebra* sono state sovrapposte le mappe l'una sull'altra, ognuna moltiplicata per il proprio peso risultato dall'AHP, ottenendo così la mappa finale della *land suitability*.

La mappa della *land suitability* mostrata nella Figura 214 illustra il risultato principale di questa indagine, che mira a determinare la posizione ottimale per l'implementazione dell'infrastruttura a idrogeno verde. La mappa mostra che durante la valutazione non sono stati identificati siti altamente idonei. Al contrario, rivela che circa il 69% dell'area studiata rientra nella categoria di moderata idoneità per la creazione di infrastrutture verdi per l'idrogeno.

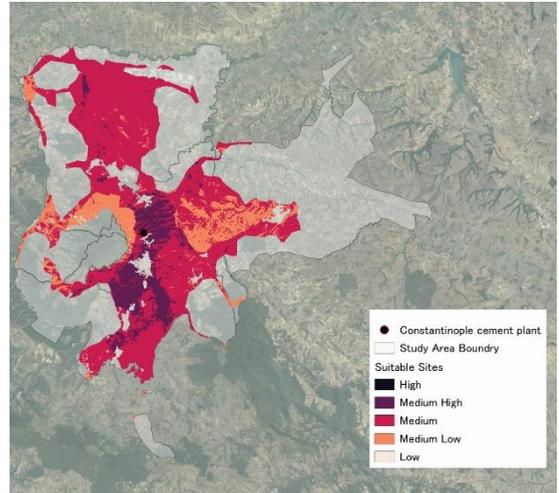


Figura 214. Mappa della *land suitability*

Successivamente al fine di valutare uno scenario alternativo al risultato finale precedentemente ottenuto ed enfatizzare maggiormente il criterio ambientale, ovvero l'uso del suolo, è stato attribuito a quest'ultimo un maggiore peso (50%). La mappa di *land suitability* di tale scenario mostrata in Figura 215 evidenzia un'idoneità dei terreni equamente distribuita tra le classi medie che predominano rappresentando il 36% delle aree totali.

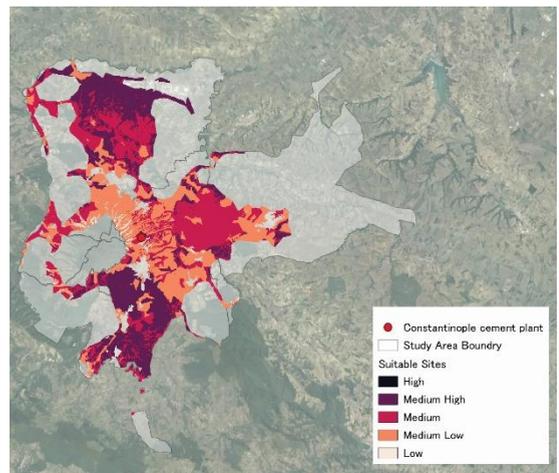


Figura 215. Mappa della *land suitability* dello scenario ottenuto enfatizzando il criterio ambientale

Conclusioni

In conclusione, il presente studio mette in luce l'importanza fondamentale di valutare attentamente il consumo di suolo nel settore energetico, in particolare quando si tratta di implementare infrastrutture per la produzione e distribuzione di idrogeno verde. Considerando l'efficienza e la sostenibilità del settore energetico, nonché la crescente necessità di affrontare le sfide climatiche attuali, la ricerca di siti idonei per tali infrastrutture diventa di vitale importanza. Attraverso l'analisi spaziale multicriteri, che integra il metodo *Analytic Hierarchy Process* (AHP) nell'ambiente *Geographic Information System* (GIS), il lavoro ha individuato i criteri tecnici, economici ed ambientali che concorrono a determinare i siti più adatti per l'implementazione dell'infrastruttura dell'idrogeno verde. Particolare rilevanza è stata data all'uso del suolo considerando proprio la limitatezza di questa risorsa e la necessità di evitare conflitti con altre attività essenziali. Il caso studio della "Cementeria Costantinopoli" ha dimostrato l'applicabilità della metodologia proposta e ha permesso di individuare aree idonee per l'installazione degli impianti. Inoltre, è stato evidenziato come la vicinanza alle fonti di energia rinnovabile, come i pannelli fotovoltaici, possa aumentare l'efficienza del

processo di produzione dell'idrogeno verde. Allo stesso tempo, la disponibilità di gasdotti nella regione ha indicato la possibilità di utilizzare queste infrastrutture esistenti per il trasporto dell'idrogeno, riducendo così i potenziali ostacoli logistici.

La mappa finale della *land suitability* ha mostrato che la maggior parte dell'area studiata ha un'idoneità moderata per l'implementazione dell'infrastruttura dell'idrogeno verde, sottolineando la necessità di bilanciare attentamente i criteri e le esigenze ambientali. Inoltre, l'analisi di uno scenario alternativo, in cui il criterio ambientale è stato enfatizzato, ha confermato l'importanza di considerare attentamente l'uso del suolo per massimizzare l'impatto positivo dell'infrastruttura dell'idrogeno verde sull'ambiente.

In sintesi, questo studio ha dimostrato l'urgenza di adottare approcci ponderati ed innovativi nell'individuare e valutare i siti più idonei per l'infrastruttura dell'idrogeno verde, garantendo così un futuro energetico sostenibile ed efficiente per il Paese. La consapevolezza dell'importanza di limitare il consumo di suolo è un passo cruciale verso un'economia energetica più resiliente, in grado di affrontare le sfide climatiche e sociali attuali e future.

VALUTAZIONE DELL'EFFETTO DELLA COSTRUZIONE DI UN'AUTOSTRADA SULLA LAND SURFACE TEMPERATURE DA DATI TERMICI DI LANDSAT: UN CASO DI STUDIO NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI MILANO

Contributo a cura di Alberto Vavassori e Maria Antonia Brovelli (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano)

Le città sono state identificate come un punto di riferimento del cambiamento climatico, essendo tra i bersagli più diretti dei suoi effetti negativi. Il cambiamento climatico e la crescente urbanizzazione stanno esacerbando il fenomeno dell'isola di calore urbana in tutto il mondo (Heaviside *et al.*, 2017). La crescente disponibilità di molteplici fonti di dati geografici, tra cui i prodotti di Osservazione della Terra, permette di investigare e quantificare i fattori determinanti di tale fenomeno. Questo costituisce un punto di partenza fondamentale per l'implementazione delle strategie di mitigazione e adattamento necessarie ad affrontare le sfide climatiche attuali e future. Diversi studi di letteratura hanno indagato l'influenza dell'urbanizzazione sull'isola di calore analizzando la relazione tra l'uso del suolo e la copertura del suolo e alcune variabili climatiche rilevanti, principalmente temperatura dell'aria e temperatura superficiale o *Land Surface Temperature* (LST) (Weng *et al.*, 2008; Bokaie *et al.*, 2016).

Questo studio mira alla valutazione dell'effetto della costruzione di un'autostrada sulla distribuzione spaziale e temporale della LST. A tale scopo sono stati utilizzati i dati termici rilevati dai sensori di Landsat 5 e Landsat 8 per il periodo temporale dal 2006 al 2022. L'area di studio si trova attorno all'autostrada A58 "Tangenziale Est Esterna di Milano", costruita nel 2012 nella Città Metropolitana di Milano (Figura 216). I pattern di LST sono stati valutati lungo il percorso dell'autostrada e nei buffer circostanti, prima e dopo la costruzione della strada, sia durante la stagione fredda che durante quella calda. L'indagine è stata pensata con l'obiettivo di quantificare la differenza di temperatura tra il tracciato stradale e le aree circostanti caratterizzate da una composizione di suolo mista (naturale e artificiale).

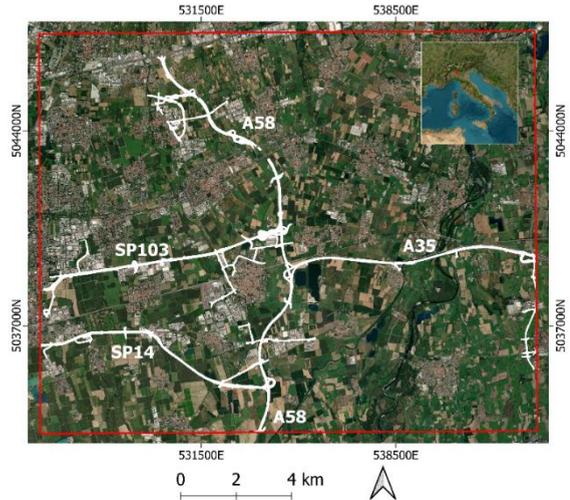


Figura 216. Posizione dell'Autostrada A58 e delle autostrade e strade provinciali connesse nell'area di studio. Sistema di riferimento: WGS84/UTM zona 32N

Dati e metodi

I dati di LST sono stati estratti dalle bande termiche dei satelliti Landsat 5 e Landsat 8 per garantire una copertura omogenea di acquisizioni satellitari su tutto il periodo in esame (ossia dal 2006 al 2022). Sono state utilizzate diverse immagini estive e invernali, a seconda della disponibilità di acquisizioni con limitata copertura nuvolosa sull'area di studio. In particolare, sono stati utilizzati i prodotti della Collection 2 al Livello 2, che forniscono valori di temperatura superficiale al livello *Bottom-of-Atmosphere*. I dati utilizzati hanno risoluzione spaziale di 30 m.

Complessivamente, sono state ottenute 13 mappe estive (5 prima e 8 dopo la costruzione dell'autostrada) e 9 mappe invernali (2 prima e 7 dopo la costruzione della strada) di LST, corrispondenti ad altrettante immagini satellitari. L'elaborazione dei dati è stata automatizzata attraverso un codice *Python* che utilizza librerie di analisi di dati, tra cui *Pandas*, *GeoPandas*, e *Rasterio*. Sono

state sviluppate funzioni ad hoc per il ritaglio delle immagini satellitari, il calcolo delle statistiche e la visualizzazione dei risultati.

Le mappe ottenute per ogni data di acquisizione sono state mediate per ottenere la distribuzione media stagionale (invernale ed estiva) per periodo temporale (prima e dopo la costruzione della strada) della LST. Le statistiche relative all'intera area di studio, al tracciato stradale e ai buffer circostanti (di larghezza pari a 30 m e 120 m) sono state riassunte e confrontate mediante *boxplot*. Inoltre, è stata calcolata la differenza in termini di LST tra il periodo successivo e antecedente la costruzione dell'autostrada, sia per l'estate che per l'inverno. Questo ha permesso di quantificare la variazione di LST causata dalla costruzione della strada, indipendentemente dalla differenza di temperatura rilevata sui due periodi, legata, ad esempio, a diverse condizioni climatiche.

Risultati e conclusioni

I risultati mostrano che l'autostrada presenta valori di LST molto più elevati rispetto all'intera area di interesse durante l'estate. I buffer circostanti sono parzialmente influenzati dall'effetto di riscaldamento legato alla presenza dell'autostrada, con valori di temperatura che diminuiscono all'aumentare della distanza dall'infrastruttura. Le distribuzioni invernali di LST non mostrano lo stesso pattern. Al contrario, l'effetto della strada sulla LST è attenuato e l'escursione termica nell'area di studio è più limitata. Questi risultati sono confermati anche dalla differenza di temperatura tra il periodo successivo e antecedente alla costruzione dell'autostrada (Figura 217). La differenza mediana di LST lungo la strada è di 5,1°C in estate, ovvero 2,4°C superiore rispetto all'intera area

di interesse. Si registra anche una differenza significativa lungo i buffer di larghezza 30 m e 120 m (+1,9°C e +0,7°C rispettivamente rispetto all'intera area).

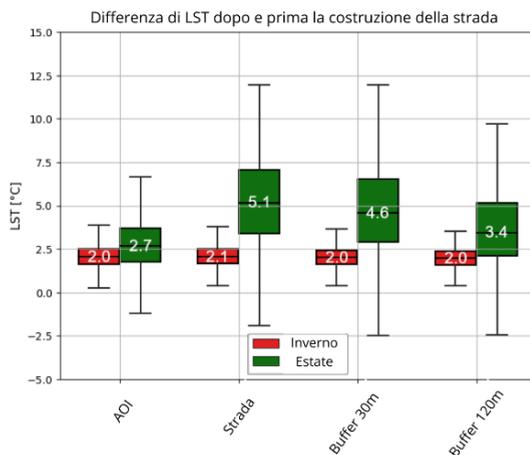


Figura 217. *Boxplot* riassuntivi della differenza media di LST tra il periodo successivo e antecedente la costruzione dell'autostrada; si distinguono l'intera area di interesse (AOI), il tracciato stradale e i buffer di 30 m e di 120 m attorno all'autostrada

Questi risultati forniscono evidenze sull'effetto delle superfici antropizzate sulle condizioni climatiche locali e forniscono informazioni utili all'implementazione di strategie di mitigazione dell'isola di calore urbana. Infatti, le metriche ottenute in questo studio possono essere sfruttate dai pianificatori urbani come uno strumento prezioso per l'implementazione di politiche connesse, ad esempio, all'uso di vegetazione lungo le strade per attenuare valori estremi di temperatura nelle aree urbane.

LEAF AREA INDEX PER L'ANALISI DEI SERVIZI ECOSISTEMICI E RELAZIONE CON IL CONSUMO DI SUOLO

Contributo a cura di Fausto Manes (Dipartimento di Biologia Ambientale, Sapienza Università di Roma), Alessandro Sebastiani (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri), Lina Fusaro (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia), Lorenza Nardella (Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università Parthenope di Napoli).

Il Parlamento europeo ha recentemente approvato la “*Nature Restoration Law*”, un elemento chiave della Strategia europea per la Biodiversità al 2030 (EC, 2021a), con l’obiettivo di ripristinare gli ecosistemi, gli habitat e le specie nel territorio europeo e di consentire il recupero della biodiversità per raggiungere i target europei in materia di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici in atto. Questa legge, che costituisce un importante strumento per la gestione sostenibile del Capitale Naturale, si prefigge, tra gli altri obiettivi, quello di arrestare la perdita netta di aree verdi urbane entro il 2030 e di incrementare le superfici totali ricoperte dalla vegetazione, tra cui le foreste urbane e periurbane, entro il 2050. Tali sforzi sono inoltre in sinergia con il *Green Deal* europeo adottato a fine 2019, il quale si pone l’ambizioso obiettivo di portare l’Europa alla neutralità climatica entro 2050.

In tale contesto assumono notevole rilevanza le azioni che verranno intraprese all’interno delle aree urbane, *hotspot* di presenza ed attività antropiche spesso caratterizzati da scarsa qualità ambientale, tanto che, nella maggior parte di esse, i valori guida dell’Organizzazione Mondiale della Sanità su inquinamento atmosferico e condizioni ambientali favorevoli ad una vita sana non vengono soddisfatti. A tal proposito, vi è ormai largo consenso sulle capacità dei Servizi Ecosistemici (SE) di mitigare numerosi fenomeni avversi quali l’inquinamento atmosferico, le ondate di calore e le alluvioni (Manes *et al.*, 2012, 2016; Marando *et al.* 2019; Petsch *et al.*, 2023).

In Italia, gli obiettivi politici previsti dall’agenda UE in materia ambientale hanno trovato convergenza nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR; Italia Domani, 2020), che in ambito urbano prevede finanziamento per la realizzazione di piani di forestazione urbana ed extra-urbana che avranno come focus le 14 Città Metropolitane (MiTE, 2021). Le foreste urbane e peri-urbane svolgono un ruolo fondamentale nel mantenimento della sostenibilità urbana attraverso la fornitura di numerosi SE, favorendo il miglioramento della qualità ambientale. Le nuove foreste urbane svolgeranno inoltre la funzione di preservare la risorsa suolo, che grazie alla biodiversità che

ospita, alla regolazione del ciclo idrologico e allo stoccaggio del carbonio, gioca un ruolo chiave nel raggiungimento degli obiettivi internazionali in materia ambientale e climatica (*Sustainable Development Goals, Aichi Targets*, Accordo di Parigi sui Cambiamenti Climatici).

Per il Comune di Roma (Sebastiani *et al.*, 2021) è stato mostrato come le Zone Urbanistiche che presentano un *mismatch* per SE di regolazione sono quelle in cui vi è consumo di suolo legato ad un elevato grado di urbanizzazione. Tale condizione ricorre in diversi centri urbani a scala nazionale ed europea, a testimoniare come, al di là delle specificità urbanistiche e ambientali dei singoli centri urbani, il consumo di suolo sia un processo che deve essere monitorato e contenuto per adempiere agli obiettivi europei in materia di sostenibilità (García-Nieto *et al.*, 2018; Vignoli *et al.*, 2021; EC, 2021b).

Data la complessità ecologica degli ecosistemi urbani, per arrivare ad una stima spazialmente esplicita di SE di regolazione, è necessario mettere a sistema diverse tipologie di osservazioni del territorio per individuare pattern di distribuzione della fornitura dei SE e delle caratteristiche dell’urbanizzato che la influenzano. Questo tipo di approccio, favorito dalla disponibilità di un numero crescente di satelliti e sensori accessibili, nonché di dati a differente scala spaziale e temporale, permette di migliorare la stima e l’accuratezza di tali analisi. Ad esempio, i satelliti delle missioni *Sentinel* dell’Agenzia Spaziale Europea (ESA), forniscono immagini ad elevata risoluzione spaziale, temporale e spettrale, consentendo una caratterizzazione accurata della vegetazione e configurandosi come un riferimento e una possibile linea di partenza per una standardizzazione del processo di mappatura e quantificazione dei SE per le differenti Città Metropolitane (Nardella *et al.*, 2023). Un ulteriore passaggio per rappresentare la fornitura di SE in una data area è dato dalla valutazione delle proprietà e delle condizioni di un ecosistema. Le proprietà descrivono le caratteristiche, la struttura e i processi di un ecosistema, mentre le condizioni ne rappresentano l’integrità e lo stato di salute che influenza la capacità di fornire SE, e sono solitamente mappati utilizzando modelli biofisici. I processi ecologici

risultanti possono essere utilizzati quindi per ricavare informazioni utili alla stima dei SE di regolazione. La possibilità di stimare gli attributi strutturali e funzionali della vegetazione attraverso dati telerilevati da satellite, rende tale approccio fondamentale nella valutazione dei SE.

Tra gli indici strutturali e funzionali della vegetazione naturale e coltivata che meglio caratterizzano l'uso e la copertura del suolo ricordiamo la *Leaf Area Index* (LAI), definito come l'area fogliare verde per unità di superficie di suolo (mq di area di superficie fogliare/mq di superficie di suolo). Esso risulta essere un indicatore chiave per la valutazione dei SE, e in particolare per quelli di Regolazione, come la rimozione degli inquinanti atmosferici, la mitigazione del clima, il deflusso dell'acqua, etc. (Sebastiani *et al.*, 2023). Il LAI è infatti correlato all'aumento della superficie di assorbimento/deposizione di inquinanti atmosferici quali l'ozono troposferico e il PM, ed è uno dei più efficaci indicatori del beneficio termico prodotto dalla vegetazione, proporzionale alla superficie traspirante e al potenziale di ombreggiamento delle superfici (Morakynio *et al.*, 2017). Il LAI, che rappresenta le caratteristiche strutturali delle fitocenosi, necessita di approfondite valutazioni dato che è molto variabile nello spazio e nel tempo: dipende, tra l'altro, dalla composizione di specie, dal loro stadio di sviluppo, dalla stagione,

dalle condizioni del sito, da fattori di stress e di disturbo e dalle pratiche di gestione. Un'analisi spaziale capace di considerare e discernere la complessità degli ecosistemi urbani in chiave di fornitura di SE può supportare una progettazione sostenibile delle aree urbane, individuando aree di priorità di intervento. In questo contesto si riporta lo studio condotto nella Città Metropolitana di Roma (CMdR), per il quale sono considerate le variazioni spaziali e stagionali di LAI, valutando le implicazioni per il SE di mitigazione climatica anche in relazione alla diversità funzionale della vegetazione.

Partendo da un'analisi del territorio che permetta di classificarlo e conoscerne le caratteristiche, la Figura 218 rappresenta le principali classi di uso e copertura del suolo per la CMdR, ottenute mediante l'elaborazione di immagini satellitari *Sentinel-2* del 2016 (modificato da Fusaro *et al.*, 2017). La CMdR si estende per una superficie di 536.322 ettari. Il territorio preserva una marcata vocazione agricola; la classe dei territori con presenza di vegetazione naturale e degli ambienti semi-naturali occupa il 27% circa della superficie totale, in quanto permangono vaste aree caratterizzate da boschi di caducifoglie. Il 13% del territorio ricade nella classe del suolo consumato, concentrato soprattutto nell'area del comune di Roma.

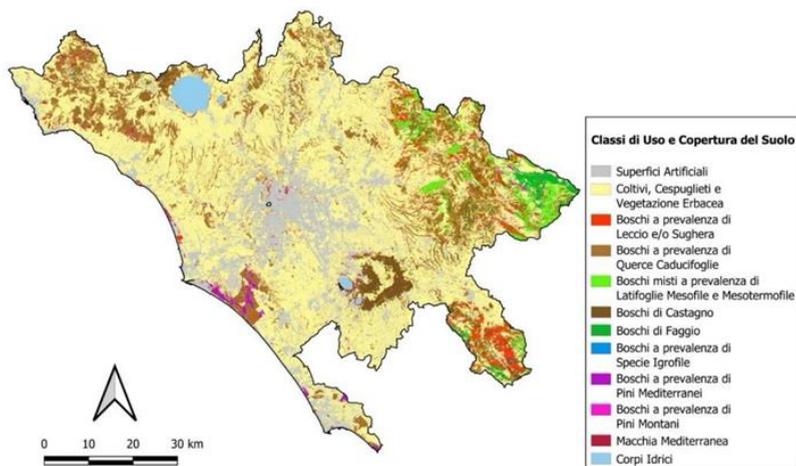


Figura 218. Classificazione di uso e copertura del suolo della Città Metropolitana di Roma, ottenuta mediante elaborazione di immagini *Sentinel-2* del 2016 (modificato da Fusaro *et al.*, 2017)

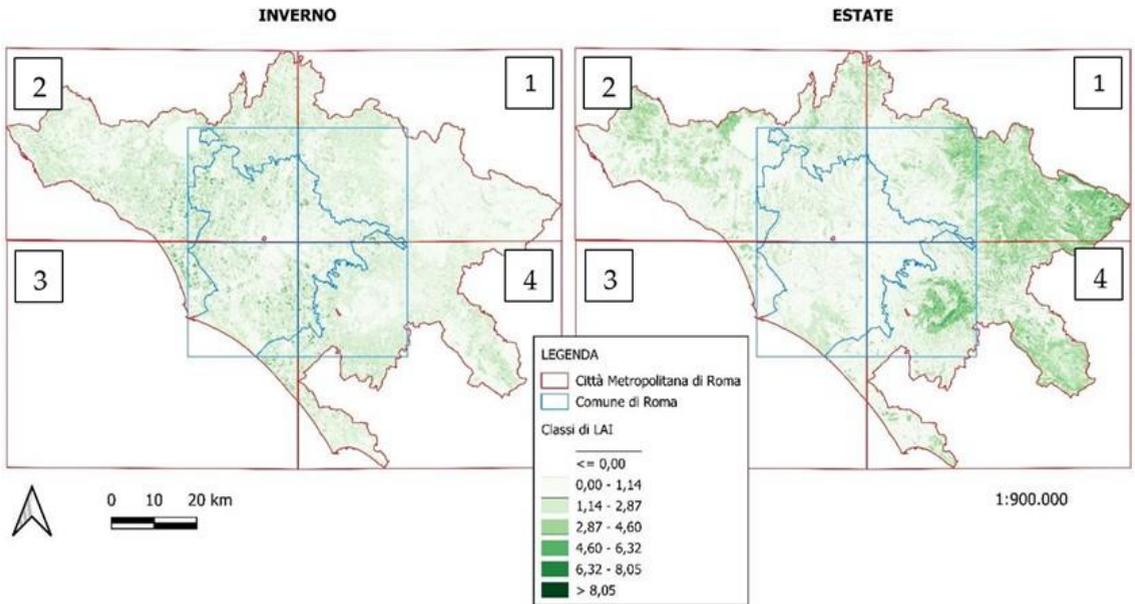


Figura 219. Rappresentazione cartografica dei valori di LAI medio invernale ed estivo per quadrante della Città Metropolitana di Roma, stimati mediante dati *Sentinel-2* del 2021 (valori riportati in Tabella 156); risoluzione spaziale di 10 m

Proprio l'impermeabilizzazione delle superfici e l'alterazione antropogenica dell'ambiente naturale contribuiscono al fenomeno denominato *Urban Heat Island* (UHI, o Isola di Calore Urbana). Tale fenomeno può essere descritto come un clima distinto, caratterizzato da temperature più elevate (sia diurne che notturne) rispetto all'ambiente naturale circostante, ed interessa attualmente circa il 70% della popolazione europea. L'UHI è un fenomeno complesso, dipendente prevalentemente dalle caratteristiche fisiche dei materiali che compongono le aree urbane, le quali alterano il budget energetico dato dall'irraggiamento solare.

La Figura 219 riporta le mappe di LAI medio invernale ed estivo ottenute mediante elaborazione di dati satellitari *Sentinel-2* per l'anno 2021. Sono stati rappresentati anche i quadranti circoscritti ai limiti amministrativi della CMdR. I valori di LAI medio invernale ed estivo riportati in Tabella 156 si riferiscono dunque al solo territorio dei quadranti contenuto entro tali confini.

Tabella 156. Valori medi dai LAI invernale ed estivo per quadrante della Città Metropolitana di Roma, ottenuti mediante elaborazione di dati *Sentinel-2* del 2021

Quadrante	Inverno	Estate
1	0,91	1,85
2	1,21	1,03
3	1,16	0,72
4	1,12	1,52

A livello di CMdR, è possibile osservare come i valori di LAI medio massimo estivo e medio minimo invernale vengano registrati entrambi nel quadrante di Nord-Est (1). Tale risultato è dovuto alla rilevante presenza dei boschi di latifoglie decidue che, in seguito alla perdita delle foglie nel periodo autunnale ed invernale, risultano caratterizzati da una notevole riduzione dei valori di riflettanza. Un simile risultato si ha anche in corrispondenza del quadrante di Sud-Est (4), sebbene tale effetto, nella stagione invernale, venga attenuato dalla presenza di boschi sempreverdi a *Quercus ilex* L. prevalente. Nei quadranti 2 e 3, la notevole estensione dei terreni occupati da colture di interesse agrario determina valori di LAI medio più alti d'inverno che d'estate.

Per valutare in modo comparativo il ruolo che le aree verdi hanno nel servizio di mitigazione climatica, in Figura 220 è stato rappresentato un transetto che attraversa il territorio del Comune di Roma in direzione NO-SE, passando per il Parco Urbano di Villa Ada. Tale transetto è stato poi utilizzato come riferimento territoriale per il campionamento della Land Surface Temperature (LST). La Figura 221 riporta dunque l'andamento di tale

parametro lungo un gradiente rurale-urbano-rurale che interessa, come si può osservare in Figura 3, una notevole varietà di classi di Uso e Copertura del suolo. Da questa analisi è evidente che l'impermeabilizzazione ed il consumo di suolo tipici delle aree urbanizzate, oltre a rappresentare una perdita netta di Biodiversità e dei relativi SE, contribuiscono attivamente ad esacerbare il fenomeno della UHI.

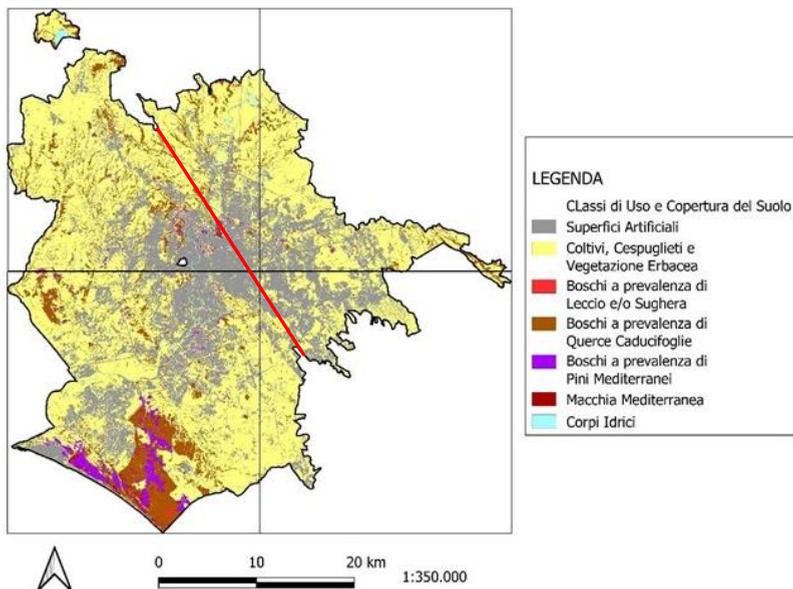


Figura 220. Classificazione di uso e copertura del suolo per il Comune di Roma, e rappresentazione cartografica del transetto rurale-urbano-rurale (in rosso) usato come riferimento per il campionamento della *Land Surface Temperature*

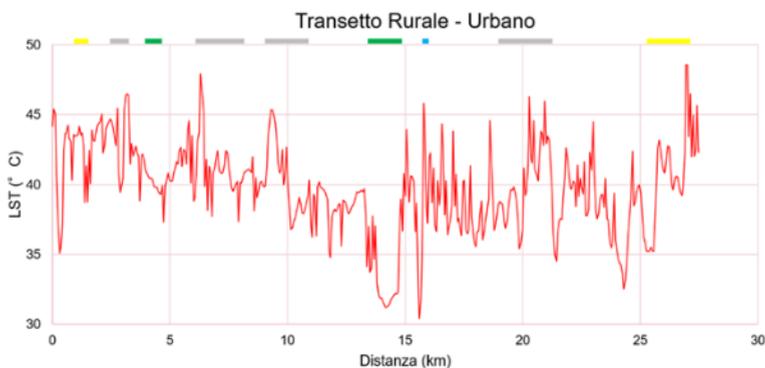


Figura 221. Andamento della *Land Surface Temperature* lungo il transetto NO-SE rappresentato in Figura 220. In giallo la classe dei coltivi, cespuglieti e vegetazione erbacea, in grigio le superfici artificiali, in verde le foreste urbane e periurbane, in azzurro i corpi idrici

Come emerso da numerosi casi di studio a scala locale, regionale e continentale (Marando *et al.*, 2022), le Infrastrutture Verdi (IV) sono una delle più efficaci strategie di mitigazione della UHI, in quanto svolgono un'azione di ombreggiamento grazie all'intercettazione della radiazione solare da parte delle foglie, e un raffreddamento legato al processo di traspirazione. Tuttavia, questa capacità delle IV può variare notevolmente in base alla tipologia di infrastruttura e anche ai gruppi funzionali di vegetazione di appartenenza (i.e. latifoglie sempreverdi, latifoglie decidue, conifere).

Per meglio evidenziare l'effetto della vegetazione, in Figura 222 si riporta la relazione tra il LAI estivo stimato a partire da dati satellitari *Sentinel-2* e *Land Surface Temperature* (LST, un proxy ampiamente utilizzato per rappresentare la temperatura dell'aria) estiva stimata a partire da dati *Landsat 8*, secondo la metodologia proposta da Marando *et al.* (2019). Questa relazione ci permette di apprezzare il contributo che i diversi gruppi funzionali possono dare al *thermal comfort* in ambito urbano, abbassando la LST.

Infatti, la relazione negativa suggerisce come, al crescere del LAI, la temperatura tenda a diminuire. L'abbattimento della temperatura da parte delle foreste urbane

e periurbane è da ascrivere in prevalenza ai processi di evapotraspirazione ed ombreggiamento, che riducono la quantità di energia che viene riemessa sotto forma di calore; al contrario, nelle aree urbane la ridotta circolazione dell'aria, l'emissione di calore da attività antropiche e le proprietà termiche dei materiali portano ad un innalzamento della temperatura rispetto alle aree circostanti.

Le foreste urbane e periurbane hanno evidenziato una LST inferiore rispetto alle superfici urbanizzate e al suolo agricolo nudo; in particolar modo sembrano più efficienti nel fornire il servizio ecosistemico di mitigazione della temperatura le cenosi costituite prevalentemente da querce caducifoglie che risultano presenti nel territorio da noi analizzato, in quanto la loro copertura fogliare supera per abbondanza e densità quella delle conifere e delle leccete durante l'estate.

Ne consegue che la realizzazione di "Isole di naturalità" all'interno delle città costituisce una strategia importante di adattamento in relazione ai cambiamenti climatici in atto e al continuo aumento della popolazione residente nelle aree urbane.

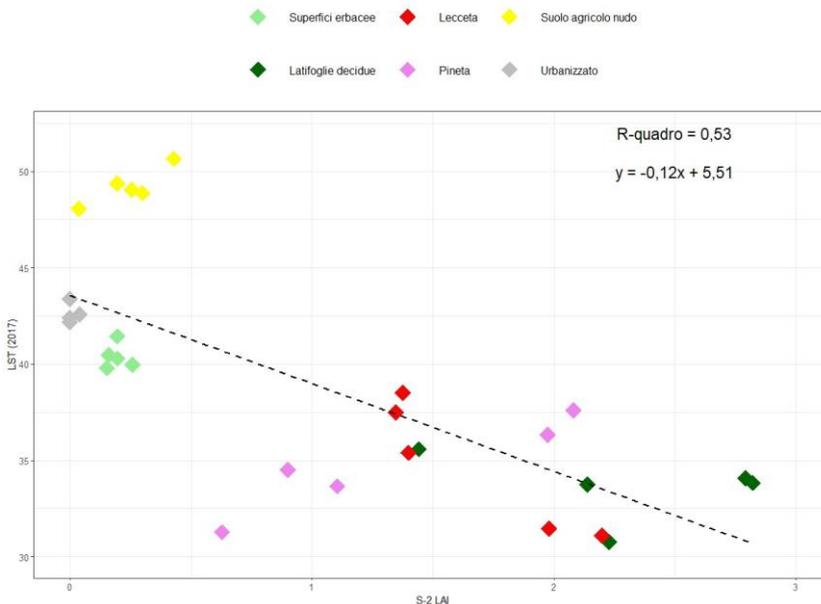


Figura 222. Relazione tra *Leaf Area Index* stimato da dati satellitari *Sentinel-2* e *Land Surface Temperature* stimata a partire da dati *Landsat 8*

RIGENERAZIONE URBANA, UN PUNTO DI SVOLTA

Contributo a cura di Patrizia Colletta (Architetto, già Presidente Comitato qualità urbana ed edilizia di Roma Capitale)

In tema di rigenerazione urbana e di contrasto al consumo del suolo dalla riapertura della Legislatura in corso sono state presentate varie proposte di legge: al Senato, il n. S29 a firma del Senatore Mirabelli “Misure per la rigenerazione urbana”, il n. S42 a firma della Senatrice Rossomando e altri “Disposizioni per il contrasto al consumo di suolo e per promuovere il riuso e la rigenerazione urbana”, il n. S761 a firma del Senatore Gasparri e altri “Disposizioni in materia di rigenerazione urbana”; alla Camera, il n. C171 a firma dell’Onorevole Benvenuto e altri “Disposizioni per la realizzazione di interventi di rigenerazione urbana e ambientale”, il n. C219 a firma dell’Onorevole Laus “Disposizioni in materia di rigenerazione urbana e delega per l’adozione di un testo unico delle leggi in materia edilizia”, il n. C283 a firma dell’Onorevole Morassut “Principi generali in materia di rigenerazione urbana nonché di perequazione, compensazione e incentivazioni urbanistiche”, il n. C1179 a firma della Onorevole Braga “Disposizioni per il contenimento del consumo del suolo e la rigenerazione urbana”. Come ricorderete, la scorsa Legislatura si è conclusa con la predisposizione di un DDL, il 1131, non approvato, che metteva insieme posizioni differenti delle diverse compagini politiche, con una mediazione poco convincente. Una volta deciso da quale ramo del Parlamento si intenda partire, attendiamo che si riapra un nuovo dibattito su queste tematiche che, a ben vedere, ci accompagna ormai da circa 60 anni, cioè dalla presentazione del famoso disegno di legge “Sullo”, ma che ad oggi trova la legge 1150 del 1942 ancora inossidabile riferimento legislativo e giurisprudenziale nazionale.

L’Italia, viceversa, è cambiata completamente, soffre - come altri Paesi europei ed extraeuropei - di una crisi ambientale determinata da rilevanti fattori climalteranti, ha subito e subirà catastrofi sismiche e idrogeologiche severe, come quella occorsa in Emilia-Romagna, sarà soggetta a fenomeni di siccità tali da modificare anche la produzione agroalimentare, con l’impoverimento del terreno, la progressiva infertilità irreversibile e condizioni favorevoli ad incendi sempre più rilevanti.

Mentre dobbiamo registrare un “nulla di fatto” rispetto alla ridefinizione di una normativa “urbanistica” nazionale e risulta difficile, oggi, utilizzare questo termine nell’accezione più ampia che poteva avere solo qualche decennio

fa, non resta che guardare a quanto di positivo è stato prodotto e sperimentato, soprattutto a livello regionale e comunale, per promuovere il riuso e la rigenerazione di immobili, per evitare di consumare ulteriore suolo non edificato, cercando di capitalizzare e promuovere una nuova cultura che modifichi radicalmente l’approccio al governo del territorio e alla pianificazione delle città, alla manutenzione alla messa in sicurezza e al contenimento dell’uso del suolo.

Il Rapporto ISPRA sul consumo del suolo non solo conferma che questo fenomeno non si è fermato, ma che in alcune realtà - nelle quali, peraltro, coincidono le criticità di cui si è detto - si è ulteriormente incrementato con delle particolari condizioni che sono ampiamente descritte nel Rapporto.

Di fatto, possibili detrattori efficaci al consumo del suolo appaiono essere le crisi economiche, in alcuni casi la correlazione è quasi manifesta, mentre suscita perplessità che la stabilità demografica non incida in modo significativo sul fenomeno e ancor di più preoccupante è la pervicace inconsapevolezza di distruggere un bene non rinnovabile.

Appare di tutta evidenza, quindi, il punto di svolta in cui ci troviamo, che non lascia più tempo alle discussioni, ma ci impone di operare rapidamente con un cambio di paradigma volto alla revisione dei valori che sottendono lo sviluppo dell’ambiente antropizzato.

Qualche elemento di novità, che potrebbe stimolare un ripensamento profondo sulla modalità di operare per la rigenerazione urbana e per il recupero del degrado economico, sociale e ambientale che caratterizza molti tessuti urbani italiani, ci sono e vanno evidenziati. Intanto si deve registrare che 19 Regioni e le 2 Province autonome di Bolzano e Trento, con declinazioni diverse e strumenti articolati, hanno approcciato al tema della rigenerazione urbana, al consumo di suolo e alla sostenibilità ambientale delle trasformazioni in attesa che una legge di principi sul governo del territorio possa definire con semplicità e adeguatezza un quadro coerente con le competenze ripartite determinate dalla legislazione concorrente, fornendo gli elementi di legittimazione necessari al quadro reale che si è conformato.

Per costruire questa cornice nazionale, a mio avviso, ci sono almeno tre fatti importanti che vanno considerati e sui quali riflettere.

Il primo, con la Legge costituzionale n. 1/2022 l'ambiente è entrato tra i valori protetti e rilevanti nell'ambito dell'articolo 9; infatti, oggi la Repubblica "*Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni*". Ma ancora più rilevante, per modificare il paradigma alla base della rigenerazione urbana è la variazione introdotta all'articolo 41, che regola l'iniziativa economica privata. Da una parte, nel secondo comma sono introdotte la salute e l'ambiente come limite all'esercizio delle attività economiche, associate all'utilità sociale; dall'altra, nel terzo comma, viene indicato che la legge deve determinare le modalità con le quali l'attività economica pubblica e privata possa essere indirizzata e coordinata a fini sociali e ambientali. Una disposizione del genere potrebbe essere l'incipit e il riferimento principale proprio per una disciplina che guarda il territorio e la città con una cultura diversa, molto lontana dal "semplice" obiettivo di regolare la rendita fondiaria o di definire destinazioni d'uso e limiti edificatori che solo apparentemente regolano la trasformazione e lo sviluppo del territorio.

Il secondo, con il "New Green Deal" e con tutte le misure conseguenti alla crisi determinata dalla pandemia, comprese quelle straordinarie previste dal PNRR, dal Fondo Complementare e dal *Repower* UE, l'Europa ha aperto una stagione importante di investimento infrastrutturale e produttivo nonché di rinnovamento degli obiettivi di coesione che probabilmente diventeranno strutturali nei prossimi Quadri Comunitari di Sostegno. Certo, sono sotto gli occhi di tutti le criticità, le contraddizioni e le difficoltà di applicare questi programmi, sia in ambito nazionale che in quello europeo; sono sicuramente controverse le posizioni, ad esempio, sull'applicazione della cosiddetta direttiva "*Fit for 55%*" che prevede, tra l'altro, per gli Stati membri di far raggiungere al patrimonio immobiliare residenziale almeno la classe energetica E, nel 2030 e, dopo ulteriori tre anni, la classe D.

Un obbligo che riguarda una parte molto consistente degli immobili presenti in Italia, con stime che arrivano a contabilizzare quasi il 70% dello stock e che ha, palesemente, tempi troppo brevi per la sua applicazione, ma sicuramente viene posta una questione "pubblica" sulla necessità di un intervento sistematico, non episodico,

che riqualifichi ampie parti del patrimonio immobiliare, a partire da quello pubblico, con un rilevante impegno economico, tecnico, amministrativo e programmatico che vada ben oltre il Governo in carica e coinvolga tutti i soggetti istituzionali, le imprese, il sistema bancario, i cittadini e la società civile.

Il terzo elemento da considerare – che sarà sempre più rilevante per gli investimenti – è l'ingresso dei criteri ESG (*Environment, Social, Governance*) nell'ambito del sistema economico-finanziario europeo e internazionale come elementi che condizionano la finanziabilità dei progetti, primi fra tutti quelli che comportano una trasformazione urbana o il coinvolgimento del territorio come, ad esempio, le infrastrutture per la logistica. A queste è necessario dedicare particolare attenzione in quanto, tali infrastrutture, risultano essere importanti consumatrici di suolo, in particolare agricolo e periurbano, anche grazie allo sviluppo dell'e-commerce, per la produzione di FER, per la mobilità connessa, etc. Questo significa che gli imprenditori, il sistema bancario, la produzione in generale e, soprattutto, la Pubblica amministrazione dovranno fare attenzione, nei progetti di trasformazione territoriale e urbana e nella loro esecuzione, ad elementi di qualità ambientale, sociale e di governance, verificando con strumenti oggettivi – ultimo dei quali, dopo la VAS e la VIA, sono le matrici DNSH – che consentano una "contabilizzazione" e l'esposizione dei fattori di miglioramento dei progetti e una "comparabilità" degli stessi in ambiti più ampi di quello nazionale.

Sembrano tre questioni lontane che possono apparire teoriche, che, invece, possono avere un punto di caduta operativo molto interessante, se si coglie l'opportunità di ripartire nel dibattito, da punti di vista del tutto diversi da quelli del passato, specie se si mettono a confronto con le tematiche sviluppate nel dibattito parlamentare.

Rivedere con queste chiavi di lettura la rigenerazione urbana e il contrasto al consumo del suolo può consentire di avviare una nuova stagione di dialogo tra lo Stato e le Autonomie locali sulla "manutenzione" e il rinnovo delle città, immaginando di operare in forma sussidiaria laddove vi sia la necessità di un supporto economico, tecnico, strumentale e operativo in territori o ambiti sociali dove occorre intervenire con aiuti pubblici.

Su tali presupposti si può avviare una stagione di rinnovamento della macchina istituzionale ed amministrativa, basti pensare all'enorme sforzo che le amministrazioni

stanno compiendo per adeguarsi e perseguire gli obiettivi dei finanziamenti messi a disposizione dalla UE e nello stesso tempo avviare una importante mobilitazione delle comunità, attraverso aggregazioni del Terzo settore o altre forme di partecipazione e di coinvolgimento della collettività per il contrasto al degrado sociale ed economico. Si tratta di rendere possibile una integrazione concreta tra quello che si considera all'interno della rigenerazione urbana, di norma, l'intervento fisico sugli immobili, la messa in sicurezza sismica, idrogeologica e l'adeguamento energetico e quello che viene ritenuto "fuori" cioè lo sviluppo del lavoro, la lotta alla dispersione scolastica e alle disuguaglianze culturali, l'equità energetica e informativa, il welfare, etc.

Tale nuovo approccio può essere il vero punto di svolta per superare un dibattito stanco e ripetitivo che viene ancora proposto dal "mondo dei tecnici" e dalla politica quando tratta di rigenerazione urbana e di contrasto al consumo del suolo, in un'epoca che sta vedendo l'alba di un mondo post-pandemia e la fine della stabilità geopolitica europea e mondiale.

Il tema non sarà più quantificare con un piano regolatore le densità edilizie e misurare con uno standard urbanistico la qualità della trasformazione, ma mettere in atto pochi principi imprescindibili di buon governo del territorio e della città, primo fra tutti il contenimento dell'uso del suolo periurbano, l'azzeramento del consumo di suolo

agricolo destinato alla produzione e soprattutto il riutilizzo dei suoli degradati, "consumati" da modelli socio-economici ormai superati e inesorabilmente abbandonati al degrado. Se a questi principi aggiungessimo la vulnerabilità dei territori agli eventi atmosferici e naturali e la tutela del patrimonio storico archeologico e paesaggistico? Se provassimo a definire regole e riferimenti di pianificazione, basandoci sulle tre categorie citate si potrebbe concentrare ogni sforzo nel comporre un "piano delle opportunità" per la trasformazione urbanistica ed edilizia delle città, avendo come obiettivo prioritario il "riuso" di quanto non più utilizzato, di tutelare il territorio non ancora consumato, pervenendo a realizzare la qualità diffusa dell'ambiente urbano.

Il dibattito sulle regole urbanistiche non può più prescindere dalla visione della città – e della civiltà - del futuro, se sappiamo ancora immaginare un futuro e, quindi, non ci si può permettere più il "lusso" di navigare fra commi e articoli che dichiarano di cambiare per non cambiare nulla. Sarebbe un importante risultato che la sostenibilità, concreta e non solo annunciata, possa diventare il principio ispiratore di ogni programmazione economica e territoriale, della pianificazione urbanistica e della trasformazione edilizia e non il grande contenitore di ogni azione di *green washing* nel quale sono annegati molti dei programmi e gli interventi urbanistici degli ultimi anni.

CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI E DEI TAVOLI TECNICI DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

OSSERVATORI/TAVOLI TECNICI A SUPPORTO DELLE ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO E DELLA PIANIFICAZIONE SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

Con riferimento al mandato istituzionale del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) in tema di consumo di suolo, che, ai sensi della legge 132 del 2016, ha tra i suoi compiti il monitoraggio (art. 3) e il concorso al perseguimento della riduzione del consumo di suolo (art. 1), l'ISPRA ha promosso un tavolo di consultazione permanente degli enti coinvolti nella governance del suolo a livello nazionale e l'attivazione di 21 Osservatori a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio nelle Regioni e Province Autonome, con l'avvio di tavoli tecnici di confronto tra le varie competenze regionali.

L'attivazione degli Osservatori regionali per monitorare il consumo di suolo e del Tavolo Nazionale ha portato, nel 2021, alla stesura di un Libro Bianco destinato a Governo e Ministeri competenti e alla Carta dei principi per l'uso sostenibile del suolo per le amministrazioni locali.

Gli obiettivi degli Osservatori sono i seguenti:

- analisi della normativa vigente e delle competenze istituzionali per il monitoraggio e la riduzione del consumo di suolo a livello nazionale e regionale;
- condivisione di dati, strumenti e metodologie per la verifica e la mappatura del consumo di suolo;

- promozione e diffusione degli strumenti di valutazione degli impatti ambientali ed economici del consumo di suolo integrando anche le conoscenze pedologiche a supporto della pianificazione;
- analisi e miglioramento del flusso di informazioni verso il pubblico e le amministrazioni locali.

L'attivazione degli Osservatori ha consentito di attivare tavoli di coordinamento regionale e la possibilità di confronto a livello nazionale attraverso periodici incontri pluri su temi solitamente gestiti da diverse strutture competenti e da una vasta pluralità di figure professionali.

Con la loro connotazione multidisciplinare, gli Osservatori hanno anche l'obiettivo di fornire indicazioni efficaci e tempestive a un'utenza ampia e diversificata e di rendere un servizio di supporto alle decisioni degli utenti finali, mediante la condivisione e la restituzione ragionata delle informazioni sul consumo di suolo a livello locale.

Da quest'anno, inoltre, gli Osservatori hanno collaborato con il SNPA per la verifica e il miglioramento dei dati preliminari sul consumo di suolo, contribuendo all'aumento dell'accuratezza dei dati e al miglioramento delle stime relative alle nuove superfici artificiali.

In questa sezione del rapporto sono raccolti i contributi degli Osservatori alle tematiche poste alla base della loro costituzione, a testimonianza del concreto e positivo avanzamento della condivisione e della collaborazione tra le strutture regionali e il SNPA nei vari contesti.

REGIONE VALLE D'AOSTA

OSSERVATORIO REGIONALE SUL CONSUMO DI SUOLO DELLA VALLE D'AOSTA: PRIMI BILANCI.

Contributo a cura di Evélyne Navillod e Chantal Trèves (Regione autonoma Valle d'Aosta)

Con la deliberazione n. 384 dell'11 aprile 2022 il Governo della Regione autonoma Valle d'Aosta ha stabilito di aderire alla "Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo" e contestualmente di istituire l'Osservatorio regionale sul consumo di suolo. In questo modo è stato dato seguito all'invito di ISPRA rivolto ai rappresentanti delle amministrazioni regionali e delle provincie autonome presenti alla riunione plenaria del 13 dicembre 2021, che vedeva la partecipazione degli enti territoriali interessati al monitoraggio nazionale del consumo di suolo. Tale invito, formulato dall'Istituto in un quadro di coordinamento nazionale nell'ambito del progetto europeo Soil4Life, era finalizzato a formalizzare gli osservatori regionali, già da qualche tempo nei fatti attivi a supporto delle attività di monitoraggio nazionale del consumo di suolo, e a stimolare l'impegno per la tutela del suolo attraverso l'adesione alla "Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo".

L'Amministrazione della Regione autonoma Valle d'Aosta, attraverso la deliberazione dell'aprile 2022, ha pertanto espresso il proprio impegno a perseguire i principi guida per un uso sostenibile del suolo ai quali gli atti di governo, i documenti strategici e di pianificazione territoriale devono fare riferimento per affrontare e ridurre il degrado del suolo e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali. Tali principi sono anche i principi ispiratori dell'attività dell'Osservatorio regionale sul consumo di suolo.

Le attività dell'Osservatorio regionale sono finalizzate, oltre che all'analisi della normativa di interesse tematico a supporto dell'attività legislativa regionale: alla condivisione di dati, strumenti e metodologie per la verifica e la mappatura del consumo di suolo; alla promozione e diffusione degli strumenti di valutazione degli impatti ambientali ed economici del consumo di suolo; all'analisi del flusso di informazioni verso il pubblico e le amministrazioni locali con elaborazione di proposte migliorative per la tutela dei suoli; alla promozione di una cultura tecnica e professionale improntata al rispetto dell'ambiente e all'uso sostenibile del suolo.

L'Osservatorio è costituito da una ampia compagine comprendente i referenti dei dipartimenti regionali com-

petenti per materia (difesa del suolo e risorse idriche, risorse naturali e ambiente, foreste e agricoltura, protezione civile, beni culturali e paesaggio, pianificazione territoriale, istruzione e formazione, ICT), rappresentanti degli enti locali, dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente, dell'Agenzia regionale per le erogazioni in agricoltura, dell'Institut Agricole Régional, di Fondazione Montagna Sicura, della Camera Valdostana delle imprese e delle professioni e delle associazioni professionali interessate. Alle sedute dell'Osservatorio sono inoltre invitati rappresentanti dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). I lavori sono coordinati dalla Struttura regionale Pianificazione territoriale.

A poco più di un anno dalla sua istituzione, l'Osservatorio si è più volte riunito in forma collegiale, dandosi un regolamento interno, ha attivato una pagina web dedicata alle proprie attività nella sezione della Pianificazione territoriale del sito istituzionale regionale e ha istituito tre gruppi di lavoro per organizzare meglio le proprie attività:

- il primo gruppo è finalizzato all'analisi e produzione di documenti a carattere più istituzionale,
- il secondo gruppo opera per l'analisi e la valutazione delle informazioni tecniche e scientifiche,
- il terzo gruppo ha lo scopo di predisporre attività di comunicazione e sensibilizzazione.

Il primo e il secondo gruppo stanno collaborando con l'Amministrazione regionale nell'ambito del processo di riconsiderazione del Piano territoriale paesistico della Valle d'Aosta (PTP) e di aggiornamento della legge regionale di pianificazione territoriale; a tale scopo è stata effettuata una ricognizione delle normative regionali di interesse ed è in fase di predisposizione un dossier Suolo finalizzato a definire un quadro generale delle condizioni del suolo in Valle d'Aosta e a individuare obiettivi e azioni da integrare nei nuovi documenti di pianificazione regionale in relazione a esigenze di tutela e di conservazione dei servizi ecosistemici nonché di controllo e gestione del consumo di suolo in attuazione degli indirizzi europei e nazionali.

Il secondo gruppo è indirizzato anche a definire valutazioni e indicatori riguardanti il consumo di suolo in relazione ai piani regolatori comunali e a settori economici con importanti implicazioni sulla gestione del territorio (agricoltura, turismo, residenza, attività produttive) e sugli effetti che le pressioni in atto sulla matrice suolo possono comportare in termini di efficienza dei servizi ecosistemici. Il compito di questo gruppo è anche quello di orientare l'evoluzione della carta pedologica regionale e l'aggiornamento della carta di copertura del suolo nonché la predisposizione di quella relativa all'uso, in linea con i protocolli EAGLE di EIONET, in corso di predisposizione a cura della società *in house* della Regione InValle.

Il terzo gruppo invece è impegnato nelle attività di comunicazione indirizzata al pubblico e di formazione delle figure professionali che si interessano al tema suolo e nella sensibilizzazione delle scuole, in stretta collaborazione con la Sovrintendenza agli Studi e con gli ordini e i collegi professionali della regione.

L'Osservatorio, inoltre, è impegnato nel supportare ISPRA nella predisposizione del capitolo Valle d'Aosta del Report nazionale sul consumo di suolo e nella verifica/validazione dei dati del monitoraggio nazionale relativamente al territorio della regione.

Per quanto riguarda in particolare le attività di comunicazione e sensibilizzazione organizzate nel primo anno di attività dell'Osservatorio regionale, l'Amministrazione regionale, su suo impulso, ha celebrato il 5 dicembre scorso la Giornata mondiale del Suolo, organizzando un incontro pubblico sul tema promosso dalla FAO per l'anno 2022 dal titolo "Il suolo: dove comincia l'alimentazione".

Oltre alle elaborazioni e contributi delle strutture regionali interessate, di ARPA e di ISPRA in tema di consumo di suolo regionale e nazionale, sono infatti emersi interessanti approfondimenti sulle tematiche correlate alla ricerca scientifica, tra la qualità dei pascoli e la qualità del latte, al racconto della nascita di un formaggio speciale,

che segue le fioriture dei pascoli di montagna. Ulteriori interventi di assoluta rilevanza hanno evidenziato l'importanza dei pascoli per il sequestro di carbonio in relazione ai cambiamenti climatici e correlato la produttività dei pascoli con la ricchezza floristica, senza dimenticare il ruolo essenziale dei bovini nella produzione di latte, carne e formaggi e nella conservazione dei paesaggi montani, seguendo il filo conduttore della giornata che "da un suolo sano si ottiene un cibo sano e di qualità".

In parallelo all'evento istituzionale, nella sede dell'Assessorato regionale delle Finanze, Innovazione, Opere pubbliche e Territorio è stato allestito uno specifico laboratorio sul suolo a cura del Centro Risorse per la Didattica delle Scienze della Regione autonoma Valle d'Aosta, al quale hanno partecipato complessivamente sei classi delle scuole primarie e secondarie di primo grado di Aosta. Gli studenti hanno potuto manipolare le componenti del suolo, scoprire la vita contenuta al suo interno e affrontare esperimenti sulla capacità di filtrazione e purificazione delle acque da parte del suolo e l'effetto dell'impermeabilizzazione.

La collaborazione tra enti regionali, nazionali, territoriali, le istituzioni scolastiche, le università, le associazioni di settore tra le quali Coldiretti e FAI hanno comprovato ulteriormente il ruolo trasversale del suolo nella vita di tutti. Il successo della Giornata mondiale del suolo e il dibattito sviluppatosi in questa occasione hanno suggerito di prevedere di rendere l'evento un appuntamento da rinnovare ogni anno.

In conclusione, il bilancio del primo anno di attività dell'Osservatorio regionale sul consumo di suolo si delinea come positivo perché il suo ruolo si è definito in termini molto concreti e fattivi grazie allo sviluppo di forme di collaborazione tra i diversi attori interessati a scala regionale nonché nei confronti di ISPRA e del Sistema nazionale per la Protezione dell'Ambiente, oltre che all'aver dimostrato la capacità di sviluppare dibattito attorno ai valori della conoscenza e della tutela del suolo.

REGIONE PIEMONTE

MONITORAGGIO DEL CONSUMO SUOLO IN PIEMONTE

Contributo a cura di Gabriele Nicolò, Fulvio Raviola, Luca Forestello e Manuela Livorno (ARPA Piemonte)

L'attività di monitoraggio del consumo suolo in Arpa Piemonte è in carico alla struttura "Sistema Informativo Ambientale e Geografico ed Educazione Ambientale" afferente alla Struttura Complessa "Sviluppo e coordinamento servizi, ICT e promozione ambientale", quest'ultima direttamente dipendente dalla Direzione Tecnica. La struttura si distingue per la sua multidisciplinarietà essendo caratterizzata dal contributo di figure professionali di varia origine: geologi, naturalisti, fisici, forestali, architetti, chimici e laureati in sistemi informativi territoriali. In capo alla struttura sono, tra le altre, le attività di raccolta di dati geotematici da telerilevamento, lo sviluppo di metodologie e modellazioni in campo geotematico e la produzione di servizi pianificati di dati geotematici, l'erogazione di servizi informativi webGIS e lo sviluppo e manutenzione del geoportale agenziale.

Dal 2017 all'interno della struttura è stato creato uno specifico gruppo di lavoro con il compito di svolgere le attività di monitoraggio del consumo di suolo previste dalla Legge n. 132 del 28 giugno 2016. Il gruppo si compone attualmente di cinque fotointerpreti, con sede lavorativa sia a Torino che in altri capoluoghi piemontesi, impegnati a tempo parziale sull'attività.

Metodo di lavoro

Il metodo di lavoro applicato è allineato alle indicazioni che ogni anno, all'avvio dell'attività di fotointerpretazione, vengono presentate al tavolo congiunto ISPRA/ARPA/APPA. In particolare, Arpa Piemonte presta grande attenzione nell'adozione delle raccomandazioni in termini di:

- voci di legenda;
- scala di fotointerpretazione;
- immagini di riferimento;
- utilizzo delle maschere dei potenziali cambiamenti;

- revisione degli errori di omissione/commissione.

Per quanto riguarda gli strumenti operativi la struttura fin dal 2017 si è organizzata in maniera autonoma, articolandosi in modo da rendere il più possibile agile l'attività di fotointerpretazione, offrendo al proprio interno strumenti e servizi adatti al contesto decentralizzato del gruppo di lavoro e alle specificità della realtà piemontese. Nel dettaglio le soluzioni adottate sono state orientate al fine di garantire:

1. centralizzazione della base dati;
2. omogeneizzazione degli strumenti e dell'ambiente di lavoro;
3. semplificazione delle modalità operative e dell'interfaccia;
4. monitoraggio dell'avanzamento dell'attività;
5. accuratezza topologica.

Ciò si è ottenuto privilegiando l'erogazione delle basi dati attraverso geoservizi e, congiuntamente, con l'adozione di soluzioni applicative orientate al web di tipo Saas (*Software as a Service*) preferendole a quelle *on-premises*.

L'applicazione webGIS per la fotointerpretazione

Ai fini di agevolare l'attività di fotointerpretazione è stata sviluppata un'applicazione webGIS abilitata per l'*editing* in contesto geografico. L'applicazione è stata implementata con l'*ArcGIS® Web AppBuilder* ed è basata sulle librerie *ArcGIS® API for Javascript™*, tecnologia su cui è costruita gran parte dell'infrastruttura del geoportale di Arpa Piemonte. La base dati è ospitata su un DBMS Oracle® con estensione spaziale SDE™. Essendo responsiva l'applicazione è fruibile tramite browser da qualsiasi dispositivo connesso in rete (Figura 223).

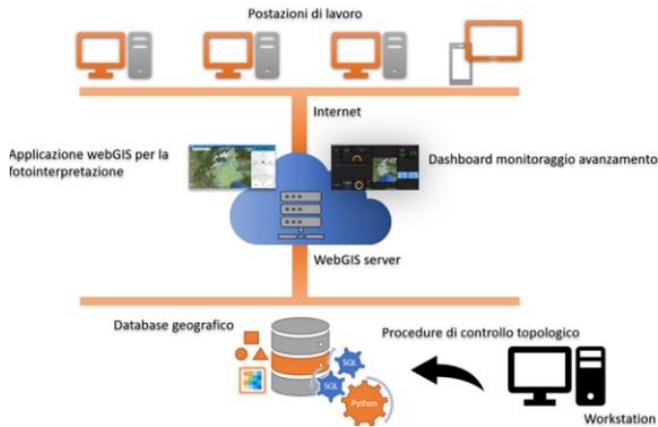


Figura 223. L'architettura del sistema e l'applicazione webGIS



Figura 224. L'interfaccia dell'applicazione web per la fotointerpretazione. Immagine di sfondo: ESRI World Imagery (Credits: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community)

La scelta di un'applicazione orientata al web presenta in-dubbi vantaggi:

- l'applicazione è fruibile tramite qualsiasi browser internet, portando con sé un ambiente di lavoro pronto all'uso e liberando l'utente dalla necessità di dover configurare o installare eseguibili o componenti aggiuntivi;
- fornisce un'interfaccia semplice ed essenziale, fornendo tutti gli strumenti indispensabili per il lavoro di fotointerpretazione senza appesantirla di funzioni non strettamente necessarie;

- non necessita per essere eseguita di macchine particolarmente performanti in quanto si appoggia su servizi geografici erogati dal server. Trattandosi di un'applicazione responsiva può potenzialmente essere utilizzata in qualsiasi dispositivo mobile.

L'adozione di un database centralizzato di tipo *enterprise* consente inoltre di gestire nativamente le concorrenze per i livelli vettoriali dell'attività di fotointerpretazione, evitando ridondanze e assicurando integrità e sicurezza.

L'interfaccia dell'applicazione comprende il campo cartografico, il pannello delle mappe di base, il pannello dei contenuti e lo smart editor (Figura 224).

Il pannello delle mappe di base

Il pannello delle mappe di base consente di selezionare la mappa di sfondo da utilizzare in fase di fotointerpretazione. L'utente ha la possibilità di scegliere tra diverse mappe:

- sintesi stagionali (autunno, primavera, estate) delle immagini Sentinel-2 relative all'anno oggetto di monitoraggio e ai due anni precedenti;
- sintesi estiva delle immagini Sentinel-2 relative agli anni dal 2015 fino ai due anni precedenti l'anno del monitoraggio;
- immagini NDVI multi-temporali per l'anno oggetto di monitoraggio e per i due anni precedenti;
- immagini *Google Maps*TM;
- immagini AGEA per gli anni 2015, 2018, 2021;
- immagini *World Imagery* (ESRI).

Il pannello dei contenuti

Il pannello dei contenuti consente di gestire la visibilità dei livelli presenti in mappa. In particolare, il pannello contiene:

- i livelli ufficiali del suolo consumato prodotti in collaborazione con ISPRA per ogni anno dal 2015 all'anno precedente a quello oggetto di monitoraggio;
- i livelli vettoriali utili alla attività di perimetrazione dei cambiamenti e degli errori di omissione/commissione;
- i punti dei potenziali cambiamenti estratti dalle maschere elaborate da ISPRA;
- i punti dei potenziali cambiamenti elaborati internamente dalla struttura scrivente;
- il livello dei punti dubbi (punti per cui l'interpretazione del cambiamento/errore è dubbia a causa della bassa risoluzione delle immagini disponibili e che necessitano una successiva revisione con immagini a maggiore risoluzione);
- il livello di punti relativi a cambiamenti di particolare interesse da inserire nell'atlante fotografico del portale nazionale del consumo di suolo;

- il livello dei controlli topologici sui livelli dei cambiamenti e degli errori (descritto oltre);
- altri dati a supporto della fotointerpretazione: aree protette, siti contaminati, discariche, limiti comunali, griglia di riferimento.

Lo smart editor

Lo *smart editor* è il pannello che fornisce l'accesso ai livelli vettoriali utilizzati per l'attività di fotointerpretazione per i quali sono state abilitate le funzionalità di inserimento e modifica: si tratta dei livelli dei cambiamenti e degli errori di omissione/commissione ma anche di livelli utili per documentare l'avanzamento dell'attività, segnare dubbi interpretativi o interventi di particolare rilevanza (ad es. idonei ad essere riportati nell'atlante fotografico del Portale del consumo di suolo).

Il campo cartografico

Il campo cartografico è la componente centrale ed il fulcro dell'applicazione. Si tratta del contenitore che ospita la mappa di sfondo e i livelli operativi selezionati nei rispettivi pannelli. Offre inoltre strumenti per l'interazione con la mappa: *pan*, *zoom*, *snapping*, *gazetteer*, etc.

La barra degli strumenti

In testa al campo cartografico è ubicata la barra degli strumenti. Fornisce l'accesso a diverse funzionalità, quali: misura, stampa, disegno, trasformazione di coordinate, condivisione etc. La barra integra anche uno strumento di interazione con mappe e servizi esterni (pulsante con simbolo dell'omino): quando viene attivato è sufficiente cliccare su un punto della mappa principale per visualizzare nel pannello a destra le immagini *Google Maps*TM e *Microsoft® Bing*TM *Maps* e i link ai servizi ESRI *World Imagery* *Wayback*¹²³ e *EO browser*¹²⁴ (Figura 225). Le immagini ed i servizi vengono automaticamente aperte in corrispondenza delle coordinate del punto su cui si è cliccato. Lo strumento crea anche dinamicamente un file kml con il segnaposto del punto su cui si è cliccato. Il file può essere scaricato e aperto in *Google Earth*TM.

¹²³ ESRI *World Imagery* *Wayback*, <https://livingatlas.arcgis.com/way-back/>

¹²⁴ EO *Browser*, <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>, Sinergise Ltd.



Figura 225. Il pannello delle mappe e dei servizi esterni (a destra). Maps data: Google, @2023 Maxar Technologies

Immagini a supporto dell'attività di fotointerpretazione

Le principali coperture di immagini a supporto dell'attività di fotointerpretazione sono fornite ogni anno direttamente da ISPRA. Queste includono:

- Immagini Sentinel-2 nelle bande del visibile ed infrarosso vicino;
- Maschere dei potenziali cambiamenti e delle potenziali rinaturalizzazioni dedotte dalle immagini Sentinel.

Queste sono integrate con ulteriori elaborazioni effettuate dalla struttura scrivente a partire da immagini Sentinel multispettrali e Radar relative all'anno oggetto di monitoraggio. In particolare:

- elaborazione per tutto il Piemonte di immagini di sintesi stagionale in colori reali prive di nuvole delle tre stagioni autunno, primavera, estate (Figura 226);
- elaborazione di un'immagine dell'indice NDVI multitemporale a colori per tutto il Piemonte. L'immagine è generata componendo nei tre canali RGB i valori NDVI rappresentativi delle tre stagioni a maggiore attività fenologica (autunno, primavera, estate; Figura 227). Con questa composizione di bande il colore nero consente di identificare suolo consumato o nudo presente in tutte le stagioni. Altri colori possono indicare varie evoluzioni nel tempo della copertura del suolo;
- elaborazione di livelli aggiuntivi di maschere dei potenziali cambiamenti, derivati sia da immagini Sentinel multispettrali che Radar, a integrazione di quelli

forniti da ISPRA, trattate in modo da mettere maggiormente in evidenza i cambiamenti attraverso un approccio *trial and error*.

Le elaborazioni vengono tutte effettuate nell'ambiente cloud di *Google Earth Engine™*. Le immagini prodotte vengono successivamente scaricate e per ognuna di esse viene creato un geoservizio di tipo *tile*, esposto sia come WMTS che in modalità REST *Image Service*.

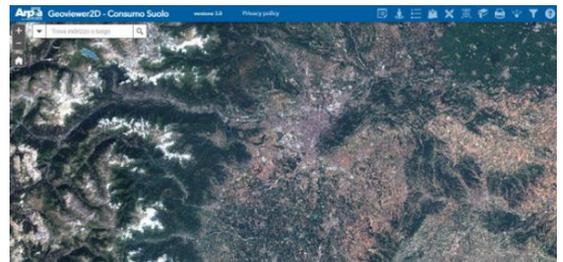


Figura 226. Immagine di sintesi stagionale (estate) - Copernicus Sentinel data (2022)



Figura 227. Immagine dell'NDVI multitemporale. Contains modified Copernicus Sentinel data (2021-2022)

Le procedure per il controllo topologico delle geometrie

Ai fini di produrre un dataset dei poligoni dei cambiamenti e degli errori di omissione/commissione topologicamente corretto e conforme ai requisiti dell'attività di monitoraggio, sono state sviluppate alcune procedure con l'obiettivo di individuare gli errori topologici più comuni che possono insorgere in fase di editing in ambiente geografico (sovrapposizioni tra poligoni adiacenti, poligoni malformati, fiocchi etc.). Le procedure sono state scritte in *Python* e integrano funzioni SQL di controllo topologico che intervengono direttamente sul data base. Le procedure sono eseguite in maniera asincrona ogni sera e aggiornano il geoservizio che espone le localizzazioni puntuali dei problemi topologici riscontrati. Il servizio è caricato nel pannello dei contenuti dell'applicazione *webGIS* di editing.

La dashboard per il monitoraggio dell'avanzamento

Al fine di monitorare l'avanzamento dell'attività di fotointerpretazione è stata progettata una *dashboard* che riporta sotto forma di cruscotto gli indicatori d'avanzamento più importanti: il totale delle sezioni fatte e da completare, il conteggio su base settimanale e mensile delle sezioni completate, il numero dei poligoni inseriti con focus sui nuovi consumi (Figura 228). Le statistiche sulle sezioni possono essere profilate per autore assegnato. L'applicazione è basata su tecnologia web ed è a disposizione di tutto il gruppo di lavoro.

Considerazioni finali e prospettive

Fin dal 2017 la struttura "Sistema Informativo Ambientale e Geografico ed Educazione Ambientale" si è dotata di strumenti di lavoro che hanno consentito di gestire nel

suo complesso il flusso di lavoro previsto dall'attività di monitoraggio, adottando la metodologia concordata in ambito SNPA e integrando nei propri sistemi le strutture dati e le immagini fornite da ISPRA, assieme a elaborati basati su immagini satellitari generati internamente. La necessità di distribuire il lavoro di fotointerpretazione tra operatori sparsi sul territorio e preservare al contempo il database da problemi di concorrenza e ridondanze, ha indotto la struttura a scegliere soluzioni applicative orientate al web con database di tipo *enterprise* centralizzato, con indubbi vantaggi anche in termini di *deployment* dell'applicazione. Nonostante ciò, limiti insiti nei meccanismi di editing via web non consentono allo stato attuale di implementare in maniera agevole regole di validazione topologica, la cui verifica viene perciò demandata a specifiche procedure eseguite in modalità asincrona. L'implementazione di regole topologiche via web sarà oggetto di futuri approfondimenti.

La struttura è costantemente impegnata nella ricerca e sperimentazione di soluzioni tecnologiche in ambito GIS che consentano un miglioramento in termini di efficienza dei processi agenziali. Da alcuni anni ha maturato competenze nell'applicazione di algoritmi di *deep learning*, capitalizzando quanto fatto per il riconoscimento dei tetti in CMA nell'ambito del Piano Regionale Amianto della Regione Piemonte. È attualmente allo studio l'utilizzo di tale metodologia su immagini aeree recenti ad alta risoluzione per il riconoscimento di specifici oggetti del territorio di potenziale interesse per il tema del monitoraggio del consumo del suolo (campi fotovoltaici, campi sportivi etc.).

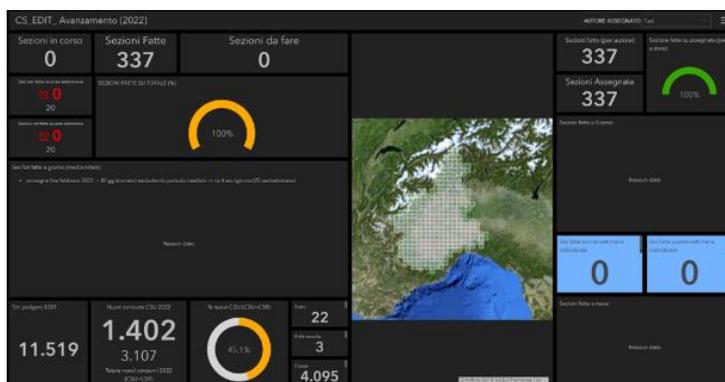


Figura 228. La dashboard per il monitoraggio dell'avanzamento

REGIONE LOMBARDIA

ANALISI DEI DATI SUL CONSUMO DI SUOLO RISPETTO ALLE BANCHE DATI NAZIONALE E REGIONALE: VARIAZIONE NEL PERIODO 2015-2020 E SUOLO CONSUMATO AL 2020 IN LOMBARDIA

Contributo a cura di Maurizio Federici, Sara Pace, Davide Spiller, Silvia Sgobba, (Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Protezione Civile) in collaborazione con Dario Bellingeri (ARPA Lombardia) e con Fabrizio Ottolini, Ekaterina Solomatin (Fondazione Lombardia per l'Ambiente)

Per attuare un'efficace politica di contenimento del consumo di suolo e giungere all'obiettivo di "consumo netto di suolo pari a zero entro il 2050", come indicato dalla Commissione Europea, è necessario agire nell'ottica di limitare sia l'occupazione del suolo (*land take*) sia l'impermeabilizzazione del suolo (*soil sealing*). Ciò presuppone la necessità di integrazione di piani/programmi a livello nazionale e locale e dei rispettivi sistemi di monitoraggio, per intercettare oltre agli aspetti ambientali anche i parametri urbanistici, che consentano di monitorare la futura occupazione del suolo (*planned land take*) e la riduzione delle previsioni di consumo di suolo.

Al fine di indagare e promuovere metodologie di possibile correlazione dei sistemi di monitoraggio, Regione Lombardia ha condotto nel 2022 un'analisi di confronto dei dati di consumo di suolo registrati sul territorio regionale da ISPRA-SNPA con quelli desumibili, alla scala locale, dalle banche dati di Regione Lombardia.

In particolare, l'analisi - che è stata condotta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione 2021/22 tra Regione Lombardia e Fondazione Lombardia per l'Ambiente (FLA) e con il supporto di ARPA Lombardia - ha riguardato l'approfondimento dei dati di "consumo di suolo" registrati da ISPRA-SNPA sia in termini di variazione di consumo di suolo tra il 2015 e il 2020 sia (a campione) del dato assoluto di consumo di suolo al 2020, con l'obiettivo:

1. di verificare la distribuzione percentuale delle diverse tipologie di consumo di suolo registrate tra il 2015 e il 2020, valutando al contempo l'effettiva rispondenza tra stato di fatto e tipologia di consumo presente;
2. di verificare il livello di precisione e il grado di convergenza dei dati di consumo di suolo registrati nel 2020 da ISPRA-SNPA rispetto alle informazioni desumibili da alcune banche dati regionali: la "Carta del consumo di suolo" dei piani comunali - CCS (elaborato obbligatorio della pianificazione comunale introdotto con la legge regionale n. 31/2014); il "Data Base Topografico regionale" - DBT; la banca

dati "Destinazione d'Uso del Suolo Agricolo e Forestale" - DUSAF.

A valle di tale indagine, confermando l'assoluta efficacia del metodo ISPRA-SNPA nell'individuare in modo omogeneo su tutto il territorio nazionale e con continuità nel tempo le trasformazioni territoriali, sono emersi alcuni possibili accorgimenti correttivi del metodo di misurazione e di divulgazione del consumo di suolo ISPRA-SNPA, da approfondire e proporre nell'ambito del Tavolo nazionale degli Osservatori regionali con ISPRA-SNPA e le altre Regioni.

Considerazioni sulla variazione di consumo di suolo tra il 2015 e il 2020

Il primo campo d'analisi ha riguardato i dati di variazione del consumo di suolo nel quinquennio 2015-2020, corrispondente al primo periodo di attuazione della legge regionale per la riduzione del consumo di suolo (l.r. n. 31/2014), in cui sono stati monitorati anche a livello regionale i dati di consumo di suolo della pianificazione comunale. È stata pertanto condotta un'analisi di dettaglio dei dati ISPRA-SNPA - restituiti da ARPA Lombardia in formato shapefile incrociando i due raster relativi al 2015 e 2020 - verificando puntualmente l'effettiva natura di ogni singola variazione rilevata, con l'utilizzo delle viste satellitari di Google Earth e incrociando le individuazioni anche con i dati dei piani comunali (PGT). Stante l'impossibilità operativa di estendere la verifica alla totalità delle variazioni di consumo di suolo, l'analisi è stata effettuata a campione considerando i poligoni di maggiore dimensione - 2.643 poligoni con superficie superiore a 2.500 m² (in totale pari a 2.480 ettari) - che, pur rappresentando solo il 9,66% del numero di poligoni, corrispondono per superficie al 75,89% dell'intera variazione di consumo di suolo registrata da ISPRA-SNPA in Lombardia tra il 2015 e il 2020.

L'analisi ha evidenziato (Tabella 157) che le variazioni di consumo di suolo sono dovute solo in parte alle trasformazioni del territorio governate dai Comuni. Esse incidono infatti per il 60% circa del totale (e derivano in parte

dalla pianificazione urbanistica e in parte dalle procedure in variante previste dalla legislazione statale, tra cui il SUAP in variante ai sensi dell'art. 8 DPR 160/2010). Il restante 40% è invece così articolato:

- per il 12% circa la variazione di consumo di suolo è dovuta a opere infrastrutturali e impianti (prevalentemente di scala sovralocale) e servizi;
- per il 28% la variazione del consumo di suolo è assimilabile al consumo di suolo qualificato come "reversibile" da ISPRA (cioè, il suolo libero consumato "temporaneamente", che include attività agricole, per il 18%, e cave, depositi e altri usi temporanei per il 10%).

Tabella 157. Variazione del consumo di suolo nel quinquennio 2015-2020 per macro-tipologie

Macro-tipologie	Superficie (ha)	% su superficie tot.
Ambiti di Trasformazione - Piani Attuativi - SUAP - Altri interventi di completamento - Trasformazioni su superficie urbanizzata PTR 31	1.486	60%
Opere infrastrutturali, servizi e impianti, cantieri	301	12%
Suolo libero nello stato di fatto, aziende agricole, cave e depositi all'aperto	693	28%
Totale complessivo	2.480	100%

I risultati di tale verifica (sul campione analizzato) confermano, come ordine di grandezza, l'incidenza percentuale delle variazioni di consumo di suolo reversibile/irreversibile rilevate da ARPA Lombardia nell'ambito del SNPA a scala regionale, soprattutto considerando le variazioni per successivi quinquenni aggregati (Tabella 158; Tabella 159).

A questo proposito è opportuno evidenziare che, mentre la percentuale della variazione annuale di consumo di suolo irreversibile può oscillare anche di molto in ciascuna annualità, nel dato aggregato per quinquenni successivi la percentuale si stabilizza. Ciò si spiega naturalmente con il fatto che i consumi reversibili rilevati in una data annualità, possono nel seguito variare ulteriormente verso le classi di consumo permanente oppure, in casi meno frequenti, ritornare alla classe "non consumato" (es. ripristini di aree di cantiere, la cui superficie - una

volta conclusi i lavori - evolve in parte in consumo di suolo irreversibile e in parte in suolo agricolo o naturale).

Tabella 158. Incidenza del consumo di suolo irreversibile sulla variazione annuale del consumo di suolo

	2015 2016	2016 2017	2017 2018	2018 2019	2019 2020
CS annuo (ha)	573	514	644	665	765
di cui irreversibile (ha)	479	286	422	488	412
%CS irreversibile	84%	56%	66%	73%	54%

Tabella 159. Incidenza del consumo di suolo irreversibile sulla variazione del consumo di suolo tra più anni

	2015 2016	2015 2017	2015 2018	2015 2019	2015 2020
CS cumulato dal 2015 (ha)	573	1087	1731	2396	3161
di cui irreversibile (ha)	479	765	1188	1676	2088
%CS irreversibile	84%	70%	69%	70%	66%

Considerazioni sul consumo di suolo totale al 2020

La seconda parte dell'analisi ha riguardato il confronto dei dati del consumo di suolo complessivo registrato da ISPRA-SNPA al 2020 e quello desumibile da specifiche banche dati regionali. Ciò anche al fine di individuare modalità di integrazione tra i due sistemi di monitoraggio per renderli complementari e, inoltre, per verificare, per fini interni alla Regione, eventuali modalità di aggancio dei sistemi di monitoraggio delle variazioni della copertura di suolo (*land cover*) e quelle dell'uso del suolo (*land use*). Per quest'ultimo motivo l'indagine si è concentrata su un campione di 38 comuni per i quali era disponibile al settembre 2022 lo shapefile della carta del consumo di suolo dei piani comunali (CCS), oltre agli strati informativi delle altre due banche dati regionali prese a riferimento (DBT - Data Base Topografico comunale e DUSAF - Destinazione d'Uso del Suolo Agricolo e Forestale).

Si evidenzia che, sebbene il campione di comuni analizzato - corrispondente al 2,5% dei comuni della Lombardia e con dislocazione territoriale "casuale" - non possa essere considerato un effettivo campione statistico, la sua analisi ha comunque posto in luce elementi significativi per le finalità dell'indagine.

Si premette che l'analisi condotta ha evidenziato l'impossibilità di stabilire una correlazione diretta tra le modalità di monitoraggio che si fondano su definizioni¹²⁵ e misurazioni di variabili diverse (*land use* e *land cover*). È questo il caso del confronto tra i dati del metodo ISPRA-SNPA (consumo di suolo = copertura artificiale/impermeabilizzata del suolo nello stato di fatto) e quelli della Carta del consumo di suolo ex l.r. 31/2014 (consumo di suolo = destinazione d'uso non naturale/agricola del suolo), o del DUSAF (consumo di suolo = uso urbano). Le banche dati registrano, inevitabilmente, valori sensibilmente diversi e l'assenza di regole ricorsive di correlazione. Tutte le modalità di lettura del sistema territoriale e del consumo di suolo hanno comunque una loro specifica validità, in quanto rispondenti alle specifiche finalità del governo del territorio (dal punto di vista della pianificazione urbanistica e territoriale) e del monitoraggio ambientale e possono essere utilizzate, contestualmente, nei diversi sistemi di misura e monitoraggio utili a perseguire la riduzione delle previsioni del consumo di suolo.

Caratteristiche delle banche dati considerate

Come detto, oltre che per le definizioni di "consumo di suolo", i diversi metodi di rilevazione e quantificazione differiscono a priori per le finalità, la tipologia di categorie rilevate (*land cover - land use*) e per i criteri di restituzione utilizzati.

Con riferimento alle banche dati e alle finalità della presente analisi, si precisa che:

- nella banca dati ISPRA-SNPA sono stati considerati i codici ufficiali, e relative sottoclassi, 11 e 12 del sistema di classificazione del consumo di suolo, definiti rispettivamente come consumo di suolo permanente e consumo di suolo reversibile;
- nel Database Topografico (DBT) sono stati considerati i livelli informativi del campo *Destinazione_Indicativa* (per valori diversi da: acque, agricola - area priva di vegetazione, agricolo; agricolo - coltura or-

toflorovivaistica, agricolo – pascolo, agricolo – seminativi, bosco, paesaggistico/non urbanizzato, servizi - aree a verde, tecnologico/produttivo - lago artificiale) della versione semplificata del DBT (*base_dbt_per_pgt*) ottenuta dalla rielaborazione di alcune classi del database topografico regionale. Si precisa che in questa prima analisi il livello informativo «aree attrezzate» del DBT è stato considerato automaticamente come suolo consumato, sebbene in tale categoria siano presenti attività e coperture del suolo che non sono considerate consumo di suolo dalle definizioni e dalla rilevazione di ISPRA;

- nella Carta del consumo di suolo (CCS) dei PGT (i cui scopi sono l'attuazione a livello comunale della politica di riduzione del consumo di suolo e la formazione di una base conoscitiva uniforme indispensabile per la gestione e il monitoraggio della politica regionale di riduzione del consumo di suolo) è considerato come consumo di suolo il dato della superficie urbanizzata, come individuata dai comuni sulla base dei Criteri del PTR. Nello specifico, nei Criteri del PTR sono esplicitate le diverse componenti della Superficie urbanizzata che rappresenta "la categoria sotto cui vengono ricomprese le aree non più naturali e non più idonee all'uso agricolo a causa dell'intervento antropico e sulle quali sono già in atto interventi di trasformazione approvati o dotati di titolo edilizio. Sono esclusi dalla superficie urbanizzata gli insediamenti agricoli e le strade riservate all'uso agricolo, oltre ai canali, ancorché ricadenti in ambito non urbanizzato";
- nel DUSAF (banca dati geografica multi-temporale che classifica il territorio sulla base delle principali tipologie di copertura e di utilizzo del suolo) sono state considerate le aree antropizzate (codice 1 del livello 1) con l'esclusione, per un primo confronto tra le altre banche dati, delle categorie "parchi e giardini" e "aree verdi incolte" (codici 1411 e 1412 del livello 4).

¹²⁵ Con riferimento alle definizioni si evidenzia che per ISPRA il consumo di suolo è il "fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale a seguito di un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative,

infrastrutturali e di trasformazione del territorio"; per Regione Lombardia si considera consumo di suolo "la trasformazione, per la prima volta, di una superficie agricola da parte di uno strumento di governo del territorio, non connessa con l'attività agro-silvo-pastorale, esclusa la realizzazione di parchi urbani territoriali e inclusa la realizzazione di infrastrutture sovracomunali" (ex art.2, comma 1, lett. c), l.r. 31/14).

Tabella 160. Principali caratteristiche del metodo ISPRA-SNPA e delle banche dati regionali

	tipologia di dato	fonti informative principali	formato restituzione	metodo di produzione/ restituzione	frequenza di produzione/ aggiornamento
ISPRA SNPA	land cover	Immagini satellitari Sentinel-2 (risoluzione 10m) + immagini satellitari ad alta risoluzione	raster 10m	classificazioni automatiche e semiautomatiche di immagini satellitari + fotointerpretazione immagini alta risoluzione e digitalizzazione dei cambiamenti annuali	annuale
DBT	land use	Foto aeree, a scala di dettaglio 1:2000, <10 cm,	vettoriale	stereorestituzione da foto aeree + interpretazione di categorie	frequenza differenziata sia spazialmente che temporalmente (per comune o aggregazione di comuni)
CCS	land use	Strati informativi dei PGT	vettoriale	applicazione l.r. 31/2014 e /criteri del PTR (Piano Territoriale Regionale)	aggiornamento continuo connesso a redazione PGT/variante PGT del singolo comune + monitoraggio regionale ogni 5 anni
DUSAF	land use	Foto aeree, scala 1:10.000 20 cm	vettoriale, u.m.c. 0,16 ha	interpretazione di categorie (da foto AGEA + immagini satellitari)	triennale

Ai fini della comprensione degli esiti del confronto tra metodo ISPRA-SNPA e banche dati regionali, in Tabella 160 sono riepilogate le principali caratteristiche tecniche. Dal punto di vista concettuale ogni banca dati registra una coerenza interna rispetto alle finalità cui è destinata. Dal punto di vista operativo le diverse banche dati si differenziano invece per le modalità di rilevamento/misurazione (es. discretizzazione del dato nazionale in celle 10x10m vs linearità e continuità del DBT), per la diversa struttura delle classificazioni, per il diverso livello di intervento dell'operatore nella classificazione dei dati e per la possibile frequenza di aggiornamento del dato.

Analisi dei dati nei 38 comuni campione

Come detto, l'uso del Data Base Topografico consente di individuare gli specifici oggetti che determinano la «copertura del suolo» ed è quindi possibile stabilire un primo confronto con i dati di consumo di suolo di ISPRA-SNPA, sebbene la struttura informatica del DBT non consenta, in automatico, di escludere alcune categorie di aree che non costituiscono consumo di suolo per ISPRA-SNPA.

Il confronto più pertinente emerso dall'analisi è dunque quello tra i dati nazionali e il Data Base Topografico

(DBT), che restituisce anch'esso la copertura del suolo (per oggetti territoriali) derivante da fotografie aeree¹²⁶.

Pertanto, nonché per ragioni di sintesi, nel seguito si ritiene utile evidenziare principalmente i risultati del confronto tra dati ISPRA-SNPA e dati di copertura del suolo desunti dal Data Base Topografico regionale (DBT).

Si ribadisce che questa prima analisi è stata comunque limitata all'insieme dei 38 comuni che hanno già prodotto e consegnato il livello informativo della Carta del Consumo di suolo, pur nell'evidenza che questo insieme non costituisce un campione significativo dal punto di vista statistico (Figura 229).

¹²⁶ È importante ricordare che il DBT, presente su tutto il territorio regionale, è derivato da immagini fotogrammetriche restituite da voli aerei, mentre i dati di ISPRA derivano dall'interpretazioni di immagini satellitari.

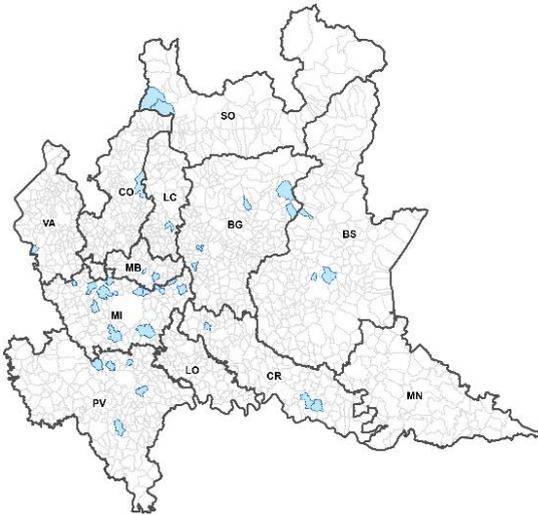


Figura 229. Localizzazione dei 38 comuni campione

La Tabella 161 riporta il confronto tra i dati ISPRA-SNPA (anno 2020) e quelli del Data Base Topografico comunale presente nel Geoportale regionale (si specifica che l'anno di aggiornamento del DBT può variare, in base allo specifico Comune, dal 2007 al 2019)¹²⁷.

Nel grafico (Figura 230) è rappresentato lo scostamento percentuale tra il dato ISPRA-SNPA e il dato DBT (considerato come dato di riferimento dello stato di fatto).

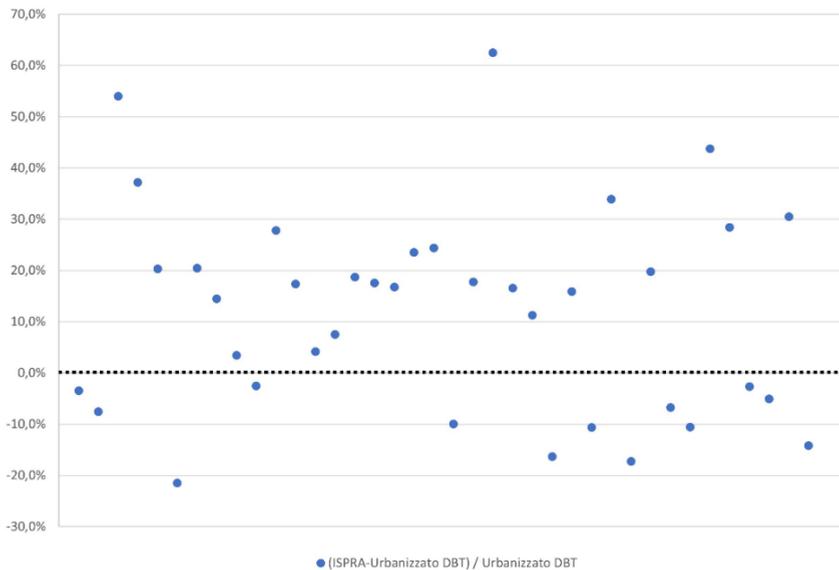


Figura 230. Scostamento percentuale tra i dati ISPRA-SNPA e DBT

¹²⁷ I valori riportati in tabella derivano dalla restituzione «automatica» del dato DBT, non «ripulito» dalle diverse categorie di attrezzature non pavimentate presenti nel livello informativo «aree attrezzate», che nella definizione a livello nazionale non rientra nel consumo di suolo (es.

serre, impianti sportivi e altre attività all'aperto come maneggi, etc.). Il dato del DBT del Comune di Cella Dati è stato corretto manualmente per l'errata classificazione di un'area di rilevanti dimensioni.

Tabella 161. Raffronto dei dati di consumo di suolo ISPRA-SNPA e DBT nei 38 comuni campione

Comune	Prov/ CM	Abitanti	Sup. territoriale comunale (ha)	Suolo consumato ISPRA-SNPA 2020 (ha) (A)	Suolo Urbanizzato DBT 2007-2019 (ha) (B)	[(A)-(B)]/(B)
Baranzate	MI	11.866	278,4	175,4	181,7	-3,5%
Bareggio	MI	17.174	1.124,9	356,8	385,9	-7,5%
Barni	CO	559	575,7	29,1	18,9	54,0%
Bellagio	CO	3.678	2.813,6	176,7	128,8	37,2%
Bereguardo	PV	2.844	1.743,1	126,3	105,0	20,3%
Bussero	MI	8.341	456,4	116,9	148,9	-21,5%
Cambiago	MI	7.113	731,2	212,9	176,8	20,4%
Carugate	MI	15.552	536,5	267,7	233,9	14,5%
Casteggio	PV	6.490	1.791,2	274,9	265,8	3,4%
Castione della Presolana	BG	3.353	4.250,0	190,9	195,9	-2,6%
Cella dati	CR	486	1.917,5	103,8	81,2	27,8%
Collebeato	BS	4.538	535,9	105,6	90,0	17,3%
Cologno Monzese	MI	46.633	847,1	521,7	500,9	4,2%
Concorezzo	MB	15.770	844,3	357,3	332,3	7,5%
Costa Volpino	BG	8.922	1.970,9	264,7	223,0	18,7%
Filago	BG	3.108	543,1	181,8	154,6	17,6%
Garbagnate Milanese	MI	26.792	889,1	432,2	370,2	16,7%
Golasecca	VA	2.641	747,0	98,1	79,4	23,6%
Gordona	SO	1.949	6.366,4	145,9	117,3	24,4%
Gomo	BG	1.491	1.007,6	51,6	57,3	-9,9%
Inzago	MI	11.245	1.214,4	271,9	230,9	17,8%
Linarolo	PV	2.810	1.270,6	123,5	76,0	62,5%
Marcignago	PV	2.467	1.019,3	97,1	83,3	16,6%
Nave	BS	10.640	2.713,2	322,1	289,4	11,3%
Nerviano	MI	16.973	1.348,0	481,5	575,2	-16,3%
Olginate	LC	6.983	803,8	199,9	172,5	15,9%
Pian Camuno	BS	4.701	1.097,1	169,3	189,4	-10,6%
Ponte San Pietro	BG	11.481	464,1	233,8	174,6	33,9%
Rho	MI	50.742	2.241,6	1.153,9	1394,2	-17,2%
Samolaco	SO	2.886	4.518,9	190,0	158,6	19,8%
San Giuliano Milanese	MI	39.308	3.059,5	763,4	818,8	-6,8%
Sesto San Giovanni	MI	79.442	1.176,9	805,7	901,0	-10,6%
Sospiro	CR	3.007	1.912,3	170,2	118,4	43,8%
Trescore Cremasco	CR	2.794	589,0	102,2	79,6	28,4%
Vedano al Lambro	MB	7.504	198,0	101,8	104,6	-2,7%
Villa Cortese	MI	6.175	355,5	158,5	167,0	-5,1%
Zeccone	PV	1.696	552,2	69,8	53,5	30,5%
Zibido San Giacomo	MI	6.837	2.458,5	262,2	305,4	-14,1%
Totali e % media		456.991	56.962,8	9.867,1	9.740,2	12,1%

Dall'analisi dei dati dei 38 comuni emerge che:

- il dato ISPRA è mediamente superiore al dato DBT del 12,1% (solo in 13 casi è inferiore);
- nel 30% dei casi la differenza tra il dato ISPRA e quello DBT è superiore al 20%;
- per alcuni comuni la differenza è elevata (fino al valore massimo del 62,5%);
- all'interno delle aree fortemente urbanizzate il dato ISPRA si avvicina a quello DBT, mentre nei contesti a bassa densità edilizia e con numerose strade interpoderali il dato ISPRA è decisamente superiore.

È da sottolineare che le differenze registrate derivano da una restituzione «automatica» del dato DBT, non ripulito (per i limiti di tempo imposti dalla necessità di verifica puntuale e di correzione manuale) da diverse categorie di attrezzature non pavimentate presenti nel livello informativo “aree_attrezzate” e che ISPRA non considera nel consumo di suolo (es. serre, impianti sportivi e altre attività all’aperto come maneggi, etc.).

Le differenze riscontrate tra ISPRA e DBT sono pertanto sicuramente più elevate di quelle registrate con il computo automatico in GIS, come risulta nei seguenti casi esemplificativi.

Il confronto tra le due immagini del Comune di Inzago (Figura 231) evidenzia alcune differenze tra dato ISPRA

e lettura “automatica” del DBT: si tratta di serre non pavimentate (riquadro a sinistra) e di una discarica RSU (riquadro a destra).

Nel caso delle serre non pavimentate, esse sono lette in automatico come copertura del suolo dal DBT sebbene tale categoria non sia considerata come consumo di suolo da ISPRA.

Anche nel caso della discarica si evidenzia l’efficacia del metodo ISPRA nell’individuare le variazioni di consumo di suolo più recenti.

Si ritiene il caso sintomatico degli ulteriori scostamenti possibili a valle della “ripulitura” del dato del DBT rispetto alle categorie non considerate come consumo di suolo a livello nazionale.

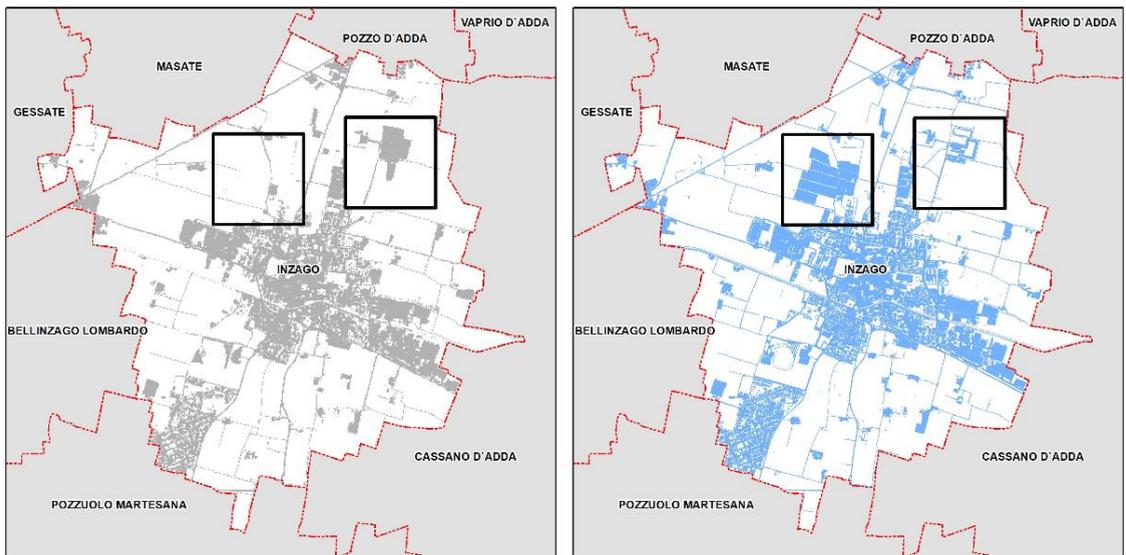


Figura 231. Confronto tra ISPRA-SNPA e DBT – Comune di Inzago (MI)



Figura 232. Confronto tra ISPR-SNPA e DBT – Comune di Linarolo (PV)

Nel caso del Comune di Linarolo (Figura 232) il dato ISPR-SNPA è superiore del 62,5% rispetto al dato DBT. Le motivazioni sono da ricondurre alla diversa risoluzione e alla restituzione in formato raster dei dati ISPR-SNPA che non riesce a restituire compiutamente il carattere poroso e interstiziale delle piccole aree libere in ambito urbano, nonché per la presenza di alcune porzioni individuate come consumo di suolo reversibile che poi sono tornate ad essere superfici a verde e che non sono state rilevate dai dati DBT.

Consumo di suolo permanente e reversibile

La rappresentazione del consumo di suolo permanente e reversibile al 2020 rilevato da ISPR-SNPA permette di cogliere immediatamente la rilevanza, in alcuni contesti territoriali, della componente reversibile nel conteggio complessivo del consumo di suolo. In alcuni casi il consumo di suolo reversibile è costituito da cave in falda, cantieri e altre aree in terra battuta, in altri casi da strade interpoderali non pavimentate. A titolo esemplificativo, si riporta di seguito il caso dell'areale di Inzago, dove la quota di consumo di suolo reversibile (in giallo) rispetto al consumo di suolo permanente (in rosso) appare significativa (Figura 233).

Alcune casistiche di consumo di suolo reversibile, come cantieri, aree in terra battuta, aree estrattive, etc. sono in genere classi molto variabili nelle diverse annualità (e quindi di anno in anno vedono un loro incremento, oppure una “transizione parziale” verso classi di consumo permanente, oppure viceversa possono ritornare in parte

aree “non consumate” se ripristinate a verde), mentre alcune classi, come la classe 121 “strade non pavimentate”, sono sostanzialmente stabili (o prevalentemente stabili) nel tempo. Tale classe, difficilmente verificabile di anno in anno, può avere localmente, in particolare nei comuni poco urbanizzati di pianura, un peso significativo, che però appare ininfluente sia rispetto alle dinamiche annuali di consumo di suolo, sia rispetto ai valori ecosistemici del territorio.



Figura 233. Consumo di suolo permanente (in rosso) e reversibile (in giallo)

Conclusioni

Nella consapevolezza che ogni banca dati è nata con finalità differenti e che l'obiettivo da perseguire è il consumo di suolo pari a zero nel 2050, si evidenziano alcuni elementi che potrebbero essere considerati nell'evoluzione dei metodi di misura e rappresentazione del consumo di suolo.

In particolare, per quanto riguarda i dati ISPRA-SNPA, appare indispensabile:

- distinguere, nelle comunicazioni e nelle valutazioni, il dato del "consumo di suolo permanente" da quello del "consumo di suolo reversibile" perché, se non ripulite da quest'ultima componente, il dato complessivo di consumo di suolo porta spesso a "falsare", soprattutto nella variazione di breve periodo, l'effettivo stato del consumo di suolo di ampi settori territoriali;
- evidenziare nel Rapporto annuale ISPRA-SNPA, più del dato di variazione annuale del consumo di suolo, la variazione di consumo di suolo registrata in archi temporali più ampi della singola annualità (ad esempio la variazione dell'ultimo quinquennio), perché in tal modo si compensano le quantificazioni del consumo di suolo reversibile annuale ed il dato risulta più chiaro;
- evidenziare e rappresentare con opportune mappe, sempre nel Rapporto annuale ISPRA-SNPA, il dato del consumo di suolo pro-capite, perché più pertinente alle dinamiche del consumo di suolo; infatti, il consumo è legato indissolubilmente alla presenza dell'uomo e delle attività produttive, in mancanza di queste non si registrerebbe un consumo. Viceversa, la sola rappresentazione del consumo di suolo totale per provincia o regione potrebbe essere limitativa nell'analisi del fenomeno;
- rivedere il sistema di classificazione del consumo di suolo reversibile, in particolare per escludere le strade interpoderali che risultano ora mappate nella categoria "121. Strade non pavimentate", restituendo una lettura territoriale più aderente alla reale natura dei luoghi;
- confrontare il dato ISPRA-SNPA con il Data Base Topografico o altre banche dati regionali che, dal punto di vista della misura e della quantificazione

possono integrare con informazioni utili a livello locale rispetto alla realtà fisica e alla natura dei luoghi.

In ogni caso, per quanto riguarda il metodo ISPRA-SNPA, si ribadisce che rappresenta - opportunamente ottimizzato con le proposte sopraindicate - il riferimento fondamentale per il monitoraggio del consumo di suolo, essendo:

- chiaramente efficace e insostituibile nel monitoraggio omogeneo del consumo di suolo a scala nazionale;
- estremamente utile anche per il monitoraggio del consumo di suolo basato su metodi "land use", in quanto consente di individuare con continuità le variazioni di consumo di suolo che intervengono sul territorio e di verificare, ad esempio, lo stato di attuazione dei piani comunali e l'evoluzione delle superfici urbanizzate della Carta del consumo di suolo, così come le dinamiche evolutive delle altre tipologie di consumi non dipendenti dagli strumenti di pianificazione urbanistica o territoriale.

Tuttavia, le politiche di governo del territorio (di cui la riduzione del consumo di suolo costituisce ormai una delle componenti principali) non possono prescindere da metodologie di misura e monitoraggio del consumo di suolo espresse in termini di *land use*, cui devono necessariamente riferirsi le regole d'uso e di trasformazione del territorio.

Pertanto, considerando che i dati di ISPRA-SNPA hanno natura e obiettivi diversi rispetto a quelli della pianificazione territoriale e urbanistica, si ritiene fondamentale che eventuali leggi nazionali sul consumo di suolo tengano in considerazione i diversi sistemi di definizione, classificazione e misura del consumo di suolo, e contengano esclusivamente norme di principio, lasciando alle Regioni (che hanno già disciplinato in materia) la declinazione specifica delle modalità di attuazione della politica di riduzione del consumo di suolo. Ciò anche al fine di evitare, nel rispetto del principio di economicità ed efficacia della pubblica amministrazione, il rischio di vanificare le esperienze e il lavoro svolto dalle regioni che hanno operato per perseguire questo obiettivo negli ultimi dieci anni (con relative ingenti risorse economiche e strumentali impiegate).

REGIONE VENETO

USI CONFLITTUALI DELLA RISORSA SUOLO: ESPERIENZE IN CORSO NELLA REGIONE VENETO.

Contributo a cura di *Salvina Sist, Laura Foscolo, Fabio Mattiuzzo, Claudio Perin, Andrea Bonato, Maria Leonardi, Claudio Chiapparini (Direzione Pianificazione Territoriale. Regione Veneto)*

Il piano di settore energetico della Regione Veneto (Piano Energetico Regionale, Fonti Rinnovabili, Risparmio Energetico, Efficienza Energetica - PERFER), approvato con DCR n.6/2017, è oggi in via di revisione, alla luce delle mutate esigenze a fronte dell'odierna crisi energetica.

Le scelte strategiche del nuovo Piano energetico regionale (PER)¹²⁸ espresse nel documento preliminare adottato nel settembre 2022, sono state orientate anche dalle indicazioni contenute nel Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (PTRC) approvato nel 2020¹²⁹. Il nuovo PER si focalizza innanzitutto sull'urgenza di produrre quantità sempre maggiori di energia da fonti energetiche rinnovabili, concentrandosi sulla produzione da fonte solare. Nella Regione Veneto, infatti, per quanto riguarda la produzione di energia dall'idroelettrico è prevedibile un consolidamento degli impianti esistenti senza ulteriori significative nuove realizzazioni; per quanto attiene all'eolico, nel territorio regionale non vi sono sufficienti aree che soddisfino i requisiti per l'adeguato funzionamento di tali impianti; le bioenergie (biogas, bioliquidi e biomasse) sono un'alternativa valida, ma devono essere valutate le problematiche legate alla logistica e di conseguenza all'inquinamento atmosferico che queste possono causare (Figura 234).

Particolare rilevanza quindi, nel panorama delle tipologie di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, è rivestita dagli impianti fotovoltaici. Secondo i dati GSE, in Veneto nel 2022 risultavano installati 156.531 impianti da fonte solare per una potenza complessiva di 2.296 MW. In termini di taglia il 5,6% degli impianti era caratterizzato

da una potenza superiore ad 1 MW, per una potenza installata complessiva pari a 316 MW.

Con la nuova legge regionale n. 17 del 19 luglio 2022 "Norme per la disciplina per la realizzazione di impianti fotovoltaici con moduli ubicati a terra", la Regione Veneto ha legiferato in coerenza ed esecuzione delle policy europee in materia di transizione energetica verso le fonti rinnovabili e del quadro normativo statale in progressiva implementazione¹³⁰.

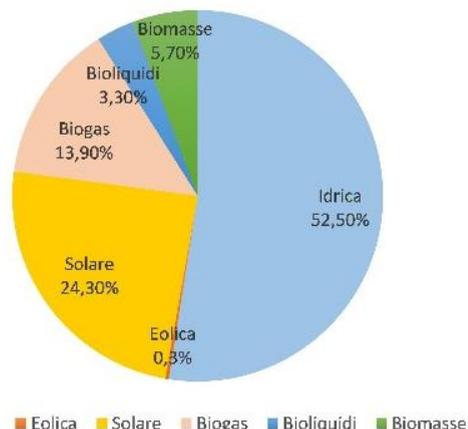


Figura 234. Produzione veneta di energia elettrica da FER nel 2020-Valori in GWh. Fonte: dati tratti da Rapporto Statistico GSE - FER 2020

Già con propria deliberazione n. 5 del 31 gennaio 2013 il Consiglio regionale aveva individuato le aree e i siti non idonei all'installazione di impianti solari fotovoltaici con moduli ubicati a terra, in ragione della loro particolare sensibilità o vulnerabilità alle trasformazioni territoriali e paesaggistiche. La nuova legge regionale, aggiornando

¹²⁸ In data 27 settembre 2022 la Giunta Regionale ha approvato la DGR n° 1175 avente ad oggetto: "Nuovo Piano Energetico Regionale (PER) di cui alla Legge regionale 27 dicembre 2000, n. 25, art. 2. Adozione del Documento Preliminare e del Rapporto Ambientale Preliminare del Nuovo Piano Energetico Regionale ed avvio della procedura di Valutazione Ambientale Strategica ai sensi del D.Lgs n. 152/2006 e ss.mm.ii."

¹²⁹ Il PTRC è lo strumento di pianificazione territoriale che coordina i piani di settore regionali.

¹³⁰ Si fa riferimento alla Direttiva 2001/77/CE del Parlamento e del Consiglio del 27 settembre 2001 sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità; al Decreto legislativo 29 dicembre 2003 n. 387; al Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico, del 10 settembre 2010 contenente le linee guida per l'autorizzazione degli impianti da fonti rinnovabili; al Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC); al Decreto legislativo n. 199 del 2021 art.20.

la disciplina del 2013, individua le condizioni che consentono di integrare la produzione di energia rinnovabile con le caratteristiche ambientali e di ecosistema, con il patrimonio storico architettonico e, in particolare, con i profili di qualità e distintività delle pratiche agricole del territorio veneto ponendosi in linea con il quadro normativo statale di riferimento.

I valori del sistema agricolo e delle tradizioni agroalimentari locali, i beni del patrimonio storico e artistico-architettonico, i beni paesaggistici e ambientali da tutelare, esprimono infatti interessi di rilievo costituzionale, che vanno temperati, nel quadro della transizione ecologica, con gli obiettivi di produzione di energia da fonti rinnovabili.

È altresì prioritario che questi obiettivi vengano perseguiti in coerenza sia con gli indirizzi della pianificazione territoriale ed energetica regionale, sia con l'obiettivo europeo della lotta ai cambiamenti climatici e del consumo di suolo zero entro il 2050.

Il tema del contenimento del consumo di suolo è infatti uno tra gli obiettivi principali della pianificazione regionale.

Si ricorda infatti la legge regionale n.14 del 6 giugno 2017, "Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e modifiche della legge regionale 23 aprile 2004,

n. 11 "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio"¹³¹, che contiene una disciplina specifica, rivolta alla pianificazione locale ai fini della progressiva riduzione del consumo di suolo.

Tale legge ha avviato un processo di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali ai limiti stabiliti con successivi provvedimenti attuativi (DGR n. 668/2018 e s. m. i.). Dall'entrata in vigore delle nuove disposizioni, e a seguito della rideterminazione dei termini originariamente previsti per l'adeguamento alla legge, l'attività di recepimento nei piani delle quantità assegnate ha raggiunto ormai il 74% dei comuni del Veneto (Figura 235).

La Regione, a seguito dell'approvazione del provvedimento di assegnazione delle quantità massime di suolo consumabile, ha avviato un costante monitoraggio, dal quale si determina come le varianti di adeguamento approvate sino al 31 marzo 2023 e le riduzioni dei consumi programmati operate in attuazione dei citati provvedimenti regionali, abbiano determinato una diminuzione complessiva di circa 3.333 ettari rispetto alla quantità massima di suolo consumabile al 2050, determinata in 12.793 ettari sulla base delle previsioni complessive dei Piani e dei criteri di riduzione assunti con la richiamata DGR attuativa della legge.

¹³¹ Riferimento anche alla legge regionale n. 14 del 4 aprile 2019, "Veneto 2050: politiche per la riqualificazione urbana e la rinaturalizzazione del territorio e modifiche alla legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio".

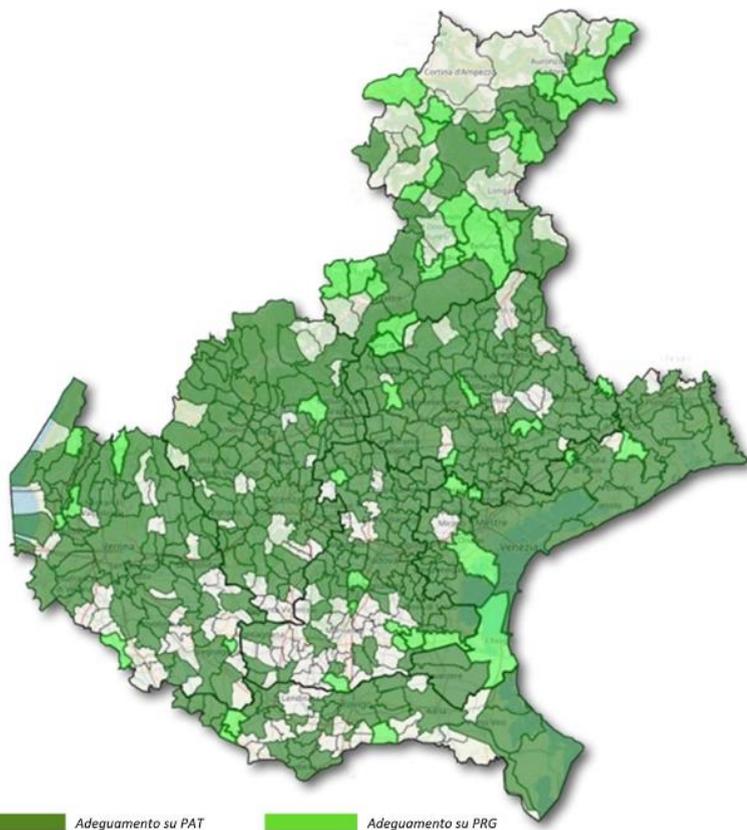


Figura 235. Comuni che hanno trasmesso alla Regione la Variante di adeguamento-aggiornamento 31 marzo 2023



Demolizione ex-depuratore - Camisano Vicentino



Demolizione campi da tennis - Badia Calavena

Demolizione di un fabbricato rurale in ambito
golenale e rinaturalizzazione del sito - Ponte di Piave

Demolizione fabbricato a Casalserugo



Demolizione ex scuole elementari di Ignago-Isola Vicentina



Demolizione di un fabbricato in disuso - Tregnago



Demolizione fabbricato - Pedemonte



Demolizione della ex cabina ENEL - Povegliano



Demolizione fabbricato ad uso stalla - Chiappano

Figura 236. Alcuni interventi di demolizione e rinaturalizzazione dei suoli finanziati nel 2022

Oltre all'emanazione di ulteriori provvedimenti attuativi della LR 14/2017, tra i quali i criteri di utilizzo della quantità di "riserva" di suolo regionale consumabile e i criteri di individuazione degli interventi pubblici di interesse rilevante che possono essere attuati in deroga alle limitazioni previste, durante questi sei anni di "gestione" della legge sono stati assegnati contributi¹³² in quota parte per un importo di 1.079.859 euro per l'attuazione di 41 interventi di rinaturalizzazione del suolo riguardanti una superficie complessiva di 3,4 ettari e volumi demoliti pari a circa 79.771 mc (Figura 236).

La riduzione del consumo di suolo è anche tra gli obiettivi del PTRC; nello specifico, in riferimento alla produzione da fonti energetiche rinnovabili, all'art. 32 delle Norme tecniche, nell'affrontare il tema della localizzazione degli impianti fotovoltaici al suolo, si prevede una destinazione preferenziale in aree industriali e in aree già compro-

messe dal punto di vista ambientale, quali cave dismesse, lotti estrattivi dichiarati estinti, discariche cessate, nonché altre aree che necessitano di un recupero ambientale, riservando particolare attenzione alla disciplina, in funzione di tutela, del sistema del territorio rurale e quindi delle aree agricole.

Queste tipologie di aree vengo richiamate anche all'art. 7 della nuova legge regionale 17/2022 per l'installazione di impianti fotovoltaici, nel quale vengono individuate le aree con indicatori di idoneità nella accezione, posta dal D.lgs. 199 del 2021, di aree con un elevato potenziale atto ad ospitare l'installazione di impianti di produzione elettrica da fonte rinnovabile (ferma restando la loro integrabilità in attuazione dei provvedimenti previsti dall'articolo 20 del decreto legislativo).

All'art. 3 della sopracitata legge vengono invece identificati unicamente indicatori di presuntiva non idoneità di

¹³² Si fa riferimento ai bandi per la demolizione delle opere incongrue e degli elementi di degrado (2018 - 2019 - 2020 - 2021 - 2022).

aree, in presenza di beni o interessi di rilievo costituzionale: il patrimonio storico architettonico, l'ambiente, le aree agricole, limitatamente a quelle interessate da produzioni tipiche, i paesaggi rurali di interesse storico, i sistemi agricoli tradizionali e le "aree agricole di pregio" (Figura 237).

Viene specificato inoltre come la ricorrenza degli indicatori di presuntiva non idoneità non determini a priori l'esito dell'istanza, in quanto la valutazione medesima deve essere esperita nel procedimento amministrativo in cui viene operato il contemperamento fra gli interessi in gioco.



Figura 237. Potenziali aree agricole di pregio. da sinistra a destra: Vicenza, Villa Capra detta "La Rotonda" (autore foto Michele Fosco); Isola della Scala (VR), Risaie (Archivio fotografico Promozione turistica Regione del Veneto); Parco Regionale Veneto del Delta del Po (RO), Crespino (autore foto Antonio Dimer Manzolli). Fonte: <https://bur.regione.veneto.it/BurVServices/publica/BurVGallery.aspx>

Tra le aree di presuntiva non idoneità vi sono le aree agricole di pregio: "aree caratterizzate dalla presenza di attività agricole consolidate, dalla continuità e dall'estensione delle medesime, contraddistinte dalla presenza di paesaggi agrari identitari, di ecosistemi rurali e naturali complessi, anche con funzione di connessione ecologica" (art. 2, lett. b).

La loro individuazione è effettuata dalle Province e dalla Città metropolitana di Venezia (art. 5), tenendo in considerazione la presenza di infrastrutture di connessione già presenti e gli indirizzi e le direttive per le aree del Sistema rurale del PTRC, e avuto riguardo alla "Metodologia per la valutazione delle capacità d'uso dei suoli del Veneto" elaborata da ARPAV.

Tra le quattro aree del Sistema rurale indicate dal PTRC, sono due quelle che rispondono alle caratteristiche enunciate dalla L.R. n. 17/2022 per l'individuazione delle aree agricole di pregio: le "aree ad elevata utilizzazione agricola" in presenza di agricoltura consolidata e caratterizzate da contesti figurativi di valore dal punto di vista paesaggistico e dell'identità locale e le "aree ad agricoltura mista ed a naturalità diffusa", ossia ambiti in cui l'attività agricola svolge un ruolo indispensabile di manutenzione e presidio del territorio e di mantenimento della complessità e diversità degli ecosistemi rurali e naturali.

La "Metodologia per la valutazione delle capacità d'uso dei suoli del Veneto"¹³³ invece, si basa su una classificazione finalizzata a valutare le potenzialità produttive sulla base di una gestione sostenibile, cioè conservativa della risorsa suolo.

Tale interpretazione viene effettuata in base sia alle caratteristiche intrinseche del suolo (profondità, pietrosità, fertilità), che a quelle dell'ambiente (pendenza, rischio di erosione, inondabilità, limitazioni climatiche), e ha come obiettivo l'individuazione dei suoli agronomicamente più pregiati, e quindi più adatti all'attività agricola, consentendo di preservarli da altri usi.

Si è ritenuto che debbano essere considerati i terreni che per le loro caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche, presentino la maggior fertilità e siano così in grado di realizzare appieno le vocazioni agricole peculiari di ciascun territorio provinciale (prime due classi).

Con il fine di perseguire il contemperamento degli interessi di produzione di energia elettrica con quelli concernenti l'attività agricola, e con l'obiettivo di garantire la continuità dell'attività agricola con quella di produzione di energia elettrica nella legge regionale si prevede di favorire la diffusione degli impianti agro-fotovoltaici. Si tratta, infatti, di un tipo di impianto che si contraddistingue per assicurare forme di compresenza e contestualità fra attività di produzione di energia elettrica ed attività agricola.

Inoltre, è stato introdotto, in caso di potenza di 1 MW o superiore, l'obbligo di sottoporre gli altri tipi di impianti

¹³³ La Capacità d'uso dei suoli a fini agro-forestali è intesa come la potenzialità del suolo a ospitare e favorire l'accrescimento di piante coltivate e spontanee (Giordano A. - "Pedologia" - UTET, Torino 1999), ed è basata sul sistema della Land Capability Classification (LCC) definito negli Stati Uniti dal Soil Conservation Service USDA (Klingebiel

e Montgomery - "Land capability classification" - Agricultural Handbook n. 210, Washington DC 1961).

Seguendo questa classificazione i suoli vengono attribuiti a otto classi, indicate con i numeri romani da I a VIII, che presentano limitazioni crescenti in funzione delle diverse utilizzazioni.

(quelli, cioè, con moduli ubicati a terra) al regime dell'asservimento, in base al quale viene apposto un vincolo pertinenziale, in regime di esclusività, fra zone classificate agricole dagli strumenti urbanistici comunali e l'area su cui insiste l'impianto fotovoltaico.

Ad oggi, attraverso un Tavolo tecnico regionale, istituito ai sensi dell'art. 6 della L.R. 17/2022, si stanno definendo i criteri utili per il corretto inserimento nel territorio veneto degli impianti fotovoltaici (comprendendo gli impianti con moduli fotovoltaici posizionati a terra; gli impianti agrofotovoltaici e gli impianti fotovoltaici flottanti o galleggianti), al fine di perseguire la salvaguardia del paesaggio, delle risorse ambientali e il rispetto della biodiversità, assicurando altresì il minor impatto possibile dal punto di vista percettivo, garantendo comunque l'efficienza e la resa dell'impianto.

L'installazione di un nuovo impianto fotovoltaico a terra comporta infatti una serie di impatti potenziali dal punto di vista paesaggistico-ambientale declinabili sinteticamente in: modifica dell'integrità paesaggistica; modifica della trama agricola; consumo di suolo; impermeabilizzazione del suolo; effetto "terra bruciata" o desertificazione.

Per la mitigazione di tali impatti viene posta particolare attenzione alla tipologia distributiva dell'impianto; al sistema infrastrutturale del contesto; ad aspetti tecnici specifici dell'impianto; alla delimitazione dell'impianto.

In particolare, la disposizione planimetrica di un impianto deve essere definita in base alle caratteristiche morfologiche del sito, in quanto un'errata disposizione dei pannelli fotovoltaici può produrre un'alterazione del sistema ambientale e delle sue componenti ecologiche e pedologiche, causando la perdita della naturalità e delle caratteristiche produttive del suolo. In linea generale non devono essere previste modificazioni significative dell'andamento topografico del suolo ma, al contrario, va rispettata la sua morfologia naturale.

Oltre alla morfologia dei luoghi, la disposizione planimetrica deve considerare altri aspetti quali l'orientamento della maglia poderale, il reticolo idrografico, la viabilità storica, le alberature nonché le colture agricole preesistenti: la trama del paesaggio storicizzato deve quindi essere utilizzata come matrice base per l'inserimento spaziale degli impianti fotovoltaici.

Per quanto riguarda aspetti tecnici specifici dell'impianto è rilevante la scelta del tipo e delle caratteristiche della

cella e dei moduli fotovoltaici (forma, colore, materiali, misure, etc.), delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici (progettate al fine di minimizzare l'impatto sul suolo), dei manufatti tecnici a servizio dell'impianto (cabine di trasformazione, inverter, etc.) che devono avere il minimo ingombro.

Infine, per evitare un sostanziale impatto paesaggistico-ambientale, particolare riguardo va dato alla definizione dell'interfaccia visivo-percettiva tra il sito oggetto di realizzazione dell'impianto e il suo contesto.

Diventa pertanto fondamentale la definizione del bordo che, oltre al compito di perimetrazione e definizione spaziale e funzionale dell'impianto, assolve ad una funzione di tipo paesaggistico, per assicurare un'adeguata mitigazione degli impatti visivi, e una di tipo ambientale, per garantire la connettività ecosistemica dell'area in cui è inserito l'impianto.

È sempre preferibile prevedere bordi vegetali con specie autoctone e adatte a garantire o a implementare la biodiversità.

Risulta rilevante salvaguardare la continuità anche con le infrastrutture verdi (filari, siepi, boschetti) già esistenti, in particolare quelle con valore paesaggistico, naturalistico o storico-testimoniale, limitandone il più possibile l'espanto, a garanzia della tutela della biodiversità naturalistica e dell'agrobiodiversità.

È importante salvaguardare, altresì, gli elementi funzionali della rete ecologica locale, per garantire la continuità delle relazioni di connessione naturalistica, soprattutto per le specie faunistiche.

Quest'ultimo è uno degli elementi dei quali tenere conto anche nell'individuazione delle "aree agricole di pregio" sopracitate come tra le aree di presuntiva non idoneità vi sono le aree agricole di pregio.

La L.R. 17/2022 infatti, fa altresì riferimento "alla presenza di paesaggi agrari identitari, di ecosistemi rurali e naturali complessi, anche con funzione di connessione ecologica" (art. 2, lett. b). Pertanto, nel definire le priorità d'uso dei suoli agricoli e naturali (per l'agricoltura, per lo sviluppo urbano, per la produzione di energia rinnovabile), un ruolo di maggior rilievo dovrebbe essere riservato anche alla conservazione della biodiversità e alla connettività ecologica.

Com'è noto, la connettività ecologica tra le aree protette è un fattore determinante per la sopravvivenza e la migrazione delle specie e per il potenziale di adattamento delle popolazioni. Promuovere la connettività ecologica è un'opzione importante per consentire processi di adattamento dinamici negli ecosistemi, e quindi per combattere il declino della biodiversità e preservare le funzioni degli ecosistemi, soprattutto in considerazione del cambiamento delle condizioni climatiche.

Mentre le aree protette sono ben consolidate, la loro connessione attraverso i corridoi ecologici soffre di significative lacune nella pianificazione, e di mancata implementazione dei contenuti presenti nei piani di assetto del territorio dei comuni veneti, formati ai sensi della citata LR 11/2004.

Seppur sia aumentata, soprattutto negli ultimi anni, la consapevolezza della necessità di contenere la frammentazione territoriale legata, tra le altre cose, ad un costante consumo di suolo e all'aumentare delle pressioni antropiche, gli attuali sistemi di pianificazione, sia nella Regione Veneto che in buona parte delle regioni alpine europee, non appaiono attualmente in grado di valutare e tutelare sufficientemente ed efficacemente il tema della connettività ecologica.

Attraverso la partecipazione al progetto europeo *PlanToConnect*, cofinanziato dal Programma Spazio Alpino 2021-2027, la Regione Veneto si pone dunque l'obiettivo di aggiornare i contenuti dei propri piani urbanistici e territoriali, orientando le scelte relative agli usi del suolo a un approccio basato su una più attenta valutazione di funzioni e servizi ecosistemici.



Figura 238. A sinistra e al centro: Torre di Mosto (VE): Piantumazione corridoi ecologici (Progetto *Grevislin* - Regione del Veneto); a destra: Caorle (VE): Area umida ripristinata a Valle Vecchia (Azienda agricola sperimentale - Veneto Agricoltura)

le reti di infrastrutture verdi e blu come riferimenti primari per la creazione di una rete naturalistica coerente e resiliente. La loro progettazione attraverso la tutela e, laddove necessario, il ripristino di elementi naturali e seminaturali con l'impiego di soluzioni basate sulla natura (NBS, *Nature Based Solution*) consente di perseguire efficacemente obiettivi di multifunzionalità, coniugando la funzione di conservazione e ripristino della connettività ecologica con la fornitura di servizi ecosistemici di approvvigionamento (produzione di cibo, acqua potabile, materiali o combustibile), di regolazione (del clima e delle maree, depurazione dell'acqua, impollinazione e controllo delle infestazioni), culturali (fra cui quelli estetici, spirituali, educativi e ricreativi), obiettivi all'interno dei quali le reti ecologiche ed in particolare i loro corridoi e aree di conservazione e ripristino della connettività al di fuori delle aree protette (Figura 238), rappresentano elementi chiave, al momento poco considerati all'interno degli strumenti di governo del territorio.

Con il progetto *PlanToConnect* si intende identificare le aree alpine prioritarie per la conservazione e il ripristino della connettività ecologica al di fuori delle aree protette in cui applicare metodologie innovative di pianificazione territoriale e gestione integrata nell'ambito di un partenariato di alto profilo, che comprende al suo interno soggetti con ampie conoscenze ed esperienze nel campo della connettività ecologica e della pianificazione territoriale, che da più di dieci anni stanno sviluppando questi temi nell'ambito della Convenzione delle Alpi e della macrostrategia regionale EUSALP (Figura 239).

L'opportunità è offerta dall'evoluzione del quadro strategico e normativo europeo di riferimento per la progettazione e la pianificazione delle reti ecologiche, che indica

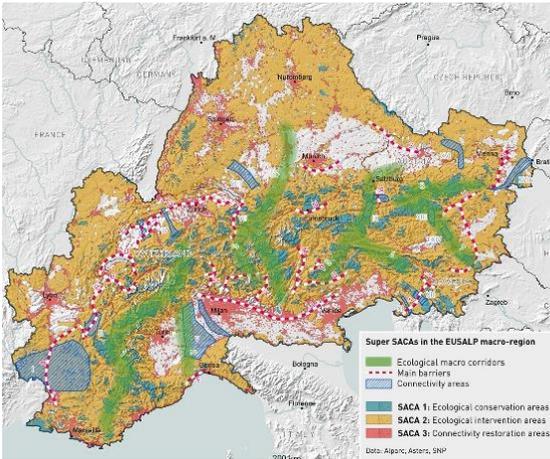


Figura 239. Connettività ecologica e all'interno e attraverso la macroregione Alpina EUSALP (AlpBioNet 2030)

L'identificazione delle aree prioritarie per la conservazione e il ripristino della connettività ecologica tra le aree protette acquista rilievo ancor maggiore alla luce degli impegni presi alla COP15 di Montreal relativamente all'individuazione delle aree OECM - quali aree da sottoporre a misure di tutela della biodiversità diverse dalle aree protette - per il raggiungimento dell'obiettivo del 30% della superficie in cui tutelare la biodiversità, e dell'individuazione delle aree da includere nei piani di ri-

pristino della natura, che gli Stati membri saranno chiamati a redigere a seguito dell'imminente entrata in vigore del regolamento UE sul "Ripristino della natura". Si tratta di elementi chiave della strategia sulla biodiversità dell'Unione Europea, che mira a consentire il recupero a lungo termine e duraturo della biodiversità e della resilienza della natura, e a contribuire al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione e adattamento climatico dell'UE.

Da quanto sopra illustrato emerge con tutta evidenza la complessità di fornire risposte adeguate alle diverse esigenze, spesso conflittuali, di produzione da fonti energetiche rinnovabili, di tutela delle produzioni agricole di pregio, di conservazione delle funzioni di connettività ecologica e di equilibrato sviluppo insediativo. Risposte che richiedono analisi, valutazioni e decisioni coerenti con le attuali politiche di contenimento del consumo di suolo, di contrasto alla dispersione insediativa, di tutela dei servizi ecosistemici e degli habitat naturali, e che comportano necessariamente la definizione di una scala di priorità nelle azioni di governo del territorio e nelle scelte operate attraverso gli strumenti urbanistico-territoriali.

IL MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO PER LE GRANDI OPERE IN VENETO

Contributo a cura di *Andrea Dalla Rosa, Adriano Garlato, Ialina Vinci e Carlo Giovanni Moretto (ARPAV)*

Il consumo di suolo in Veneto mantiene, anche successivamente all'emanazione della legge regionale 14/2017 sul contenimento del consumo di suolo, un andamento crescente dovuto ad un costante incremento delle superfici consumate. Il consumo reversibile, dovuto principalmente all'apertura di nuovi cantieri, si attesta ormai da anni a valori tra i 600 e gli 800 ettari. Il consumo irreversibile ha avuto un andamento un po' più altalenante con un minimo di 350 ettari nel 2019 e una successiva crescita fino a superare i 600 ettari nel 2022 (Figura 240).

La gran parte di questi consumi avvengono all'interno delle deroghe previste all'art. 12 della Legge regionale sopra richiamata. Tra le varie tipologie di deroghe rientrano anche, come previsto al comma c)¹³⁴, i lavori e le opere pubbliche o di interesse pubblico, categoria che in questi ultimi anni ha determinato elevati consumi di suolo, in particolare con la realizzazione delle cosiddette grandi opere. Si tratta della costruzione o ampliamento di grandi infrastrutture viarie (autostrade, ferrovie) o di importanti impianti a rete (metanodotti). In Veneto nell'ultimo decennio e nel periodo interessato dall'avvio del monitoraggio del consumo di suolo, le opere che hanno avuto il maggior impatto sono la Superstrada Pedemontana Veneta (SPV), l'ampliamento della A4 con la terza corsia, il rifacimento di ampi tratti di metanodotti, la costruzione delle linee ferroviarie ad alta velocità dei lotti Brescia-Verona e Verona-Vicenza oltre ad altri interventi a scala più locale come, ad esempio, la costruzione della tangenziale Ovest di Vicenza. Negli ultimi anni il contributo di tali opere ha inciso annualmente tra il 10 e il 20% sul consumo di suolo registrato a livello regionale.

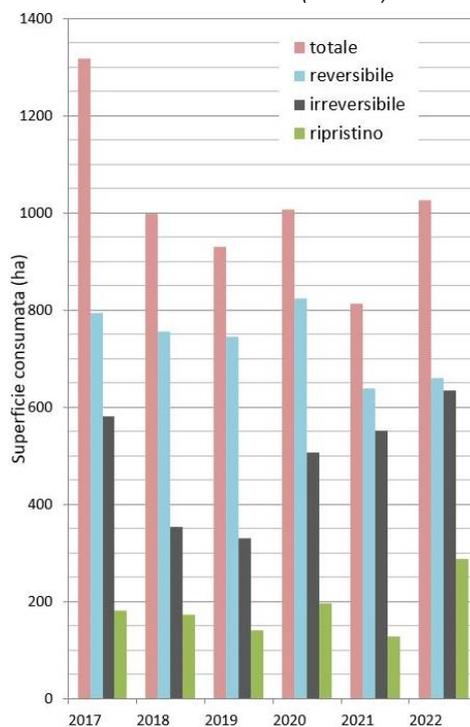


Figura 240. Andamento del consumo di suolo in Veneto dal 2017 al 2022

Il monitoraggio annuale del consumo di suolo permette di valutare l'impatto delle varie opere, in particolare a partire dal 2018 quando l'attribuzione del consumo è avvenuta attribuendo codici fino al III livello, distinguendo tra consumo reversibile e irreversibile e, quando possibile, anche la tipologia (ad es. strade, edifici, piazzali, aeroporti, etc.), arrivando ai codici a tre cifre. In precedenza, il consumo veniva registrato secondo la semplice dicotomia "1" consumato, "2" non consumato. Per opere come la **Superstrada Pedemontana Veneta**, la cui costruzione è iniziata nel 2012 e la cui ultimazione è prevista per la fine del 2023, l'ampio intervallo temporale ha intersecato tutte le diverse fasi del monitoraggio del consumo

¹³⁴ <https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/contenimento-consumo-di-suolo>

di suolo. Tutto ciò, unito alla complessità delle fasi di cantiere, alla disponibilità saltuaria di immagini ad alta definizione, non ha permesso di seguire sempre in maniera fedele i cambiamenti. Inoltre, per molte zone cantierizzate fin dalle prime fasi, l'attribuzione generica di suolo consumato non è stato revisionato nei monitoraggi successivi che davano la priorità alla digitalizzazione del solo nuovo consumo (Figura 241).



Figura 241. Classificazione delle aree di cantiere (in nero – codice 1) precedente al 2017. Solo a partire dal 2018 la strada, anche se temporanea, (in blu – codice 112) e i nuovi cantieri (in arancione – codice 122) vengono attribuiti a codici diversi a tre cifre (III livello di classificazione)

Vista la vicinanza con il termine dei lavori dell'opera, quest'anno si è deciso di dedicare una specifica sessione di revisione del monitoraggio del consumo all'intero tracciato della pedemontana, limitandosi in ottica di ottimizzazione costi/benefici ad analizzare gli anni in cui erano disponibili le ortofoto derivanti dai voli AGEA (2012, 2015, 2018, si veda Figura 242).

Si è potuto quindi fare un bilancio quasi definitivo dell'impatto sul suolo dovuto alla costruzione dell'infrastruttura (Figura 243): la superficie interessata direttamente dall'infrastruttura viaria occupa circa 367 ettari, mentre 94 ettari sono ancora attualmente occupati da aree di cantiere. Ulteriori 288 ettari (72 dei quali solo nell'ultimo anno) inizialmente cantierizzati, sono stati oggetto di ripristino: si tratta tuttavia solo marginalmente di aree restituite al pieno utilizzo agrario mentre la gran parte è rappresentata da scarpate inerbite che delimitano i tratti in trincea e da porzioni di rotatorie e svincoli, situazioni

che evidentemente ristabiliscono solo alcune funzioni ecosistemiche ma che non ripristinano completamente le condizioni originarie.

Il bilancio per opere realizzate in tempi più recenti è invece più facilmente rendicontabile visto che fin dall'origine tutti i cambiamenti sono stati registrati con la medesima definizione. Ad esempio, per quanto riguarda la realizzazione della **III corsia dell'autostrada A4**, nella tratta da Portogruaro a Latisana, è facilmente desumibile l'impatto finora generato sia in termini di consumo reversibile che irreversibile. Dal grafico riportato in Figura 244 si nota come tra il 2016 e il 2020 c'è stato il grosso avanzamento della fase di cantiere che ha coinvolto complessivamente 97 ettari; a partire dal 2020 parte di questi (circa 20 ettari) sono stati trasformati nell'infrastruttura finita.

Per alcune opere quali la realizzazione dei **metanodotti**, come facilmente intuibile, l'impatto della costruzione si riduce alla fase di cantiere dovuta alla posa dell'opera a cui solitamente segue un immediato ripristino. Spesso le fasi di cantiere si susseguono così rapidamente che la finestra temporale in cui avviene il monitoraggio annuale del consumo di suolo non registra nemmeno le lavorazioni. Si tratta comunque di opere che interessano tratte molto lunghe e possono generare impatti molto significativi sulle caratteristiche del suolo, alterandone la naturale disposizione degli orizzonti, provocando compattamenti e cambiando quindi le condizioni per la crescita delle piante e lo sviluppo di tutti gli organismi. Nel corso degli ultimi 3 anni il territorio veneto è stato interessato, in particolare nelle provincie di Padova, Treviso e Venezia, dal rifacimento di 3 tratte: nel complesso si è registrata la cantierizzazione (da codice 2 "suolo non consumato" a codice 122 "cantiere") di 57 ettari nel corso del 2021 e di ulteriori 72 nel 2022. Sempre nel 2022 si sono registrati ripristini (da codice 122 a 2) per 53 ettari. Molto probabilmente già nel 2023 si registrerà il ripristino dei rimanenti 76 ettari.



Figura 242. Revisione del monitoraggio del consumo di suolo in corrispondenza di un tratto di territorio interessato dalla costruzione della SPV. Dall'alto verso il basso la situazione al 2012, 2015, 2018 (ortofoto del relativo anno) e 2021 (immagine satellitare ad alta definizione)

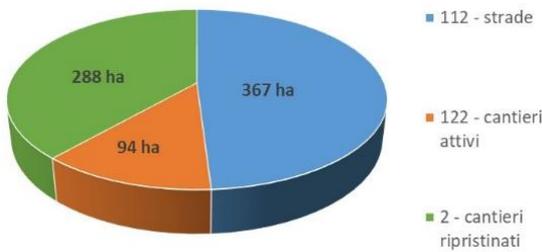


Figura 243. Consumo di suolo (in ettari) dovuto alla realizzazione della SPV al 2021 (codici 112: infrastrutture viarie; 122 aree ancora cantierizzate; 2 aree precedentemente cantierizzate oggetto di ripristino)

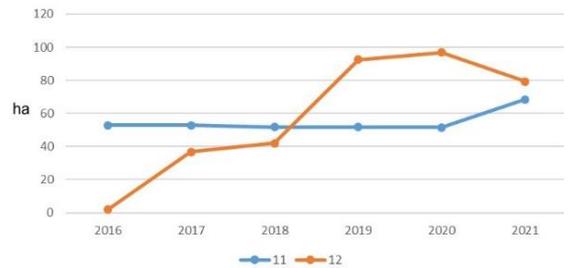


Figura 244. Andamento del consumo di suolo (ettari) dovuto alla realizzazione della III corsia dell'A4 dal 2016 al 2021 (codici 11: consumo irreversibile; 12 consumo reversibile)

Tabella 162. I 20 comuni del Veneto con maggior consumo di suolo nel periodo 2020/2021. In verde sono evidenziati gli interventi che prevedono solo consumo reversibile legato alla fase di cantiere al termine del quale è previsto un totale ripristino. In giallo evidenziate altre grandi opere

Comune	Provincia	incremento	Principale tipo di intervento
Vicenza	Vicenza	42,3	32 ettari Parco della Pace; 2,5 nuova tangenziale Ovest
Sommacampagna	Verona	30,0	22 ettari cantieri alta velocità BS-VR
Arzignano	Vicenza	28,7	28,7 ettari cassa espansione
Venezia	Venezia	23,8	interventi di vario tipo
Peschiera del Garda	Verona	22,7	20 ettari cantieri alta velocità BS-VR
Sona	Verona	18,2	17 ettari cantieri alta velocità BS-VR
Valeggio sul Mincio	Verona	15,4	3 ettari di nuove cave + interventi di vario tipo
Campodarsego	Padova	14,2	13 ettari cantieri per la posa nuovo metanodotto
Verona	Verona	14,1	interventi vari soprattutto di tipo industriale/commerciale
Jesolo	Venezia	11,4	interventi di vario tipo
Nogarole Rocca	Verona	11,2	7 ettari logistica
Castelfranco Veneto	Treviso	10,1	5 ettari cantieri per la posa nuovo metanodotto + altri interventi
Castelnuovo del G.	Verona	8,9	6 ettari cantieri alta velocità BS-VR
Spinea	Venezia	7,8	5 ettari cantieri in area commerciale
Garda	Verona	7,6	interventi di vario tipo
Camposampiero	Padova	7,5	5 ettari cantieri per la posa nuovo metanodotto + altri interventi
Resana	Treviso	7,5	7 ettari cantieri per la posa nuovo metanodotto + altri interventi
Albignasego	Padova	7,3	interventi di vario tipo
Loreggia	Padova	6,9	6 ettari cantieri per la posa nuovo metanodotto + altri interventi
Villafranca di Verona	Verona	6,4	interventi di vario tipo

L'impatto in termini di consumo generico (reversibile e irreversibile) registrato a livello comunale nell'ambito di un singolo anno può risultare particolarmente severo. Nella classifica dei 20 comuni con maggior consumo registrato nel periodo 2020-2021 (vedi Tabella 162 tratta dal report regionale - ARPAV 2022) ben 5 comuni devono la loro presenza al fatto di essere attraversati da tali opere. È stato però appositamente messo in evidenza che tali interventi determinano un consumo reversibile. L'attenzione, posta anche in fase di monitoraggio ambientale, alla corretta gestione dei materiali di scavo, con la sepa-

razione dei diversi strati di terreno e la ricollocazione degli stessi nel rispetto delle originarie condizioni dovrebbe limitare gli impatti finali.

Un'altra grande opera che sta interessando in particolare le province di Verona e Vicenza è la realizzazione dell'alta velocità ferroviaria nei lotti BS-VR e VR-VI. L'apertura dei cantieri ha interessato 56 ettari nel 2020, ai quali si sono aggiunti ulteriori 69 nel 2021, e 92,5 nel 2022. La cantierizzazione al momento dell'esecuzione del monitoraggio ha riguardato circa i due terzi del tracciato complessivo dei due lotti funzionali. Nell'ultimo

anno 3 ettari sono stati registrati come opera finita (Figura 245).

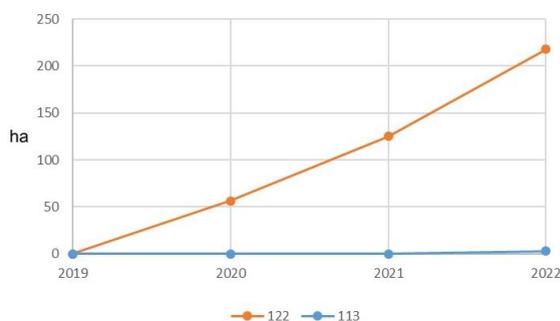


Figura 245. Andamento del consumo di suolo (in ettari) dovuto alla realizzazione della alta velocità ferroviaria dei tratti BS-VR e VR-VI dal 2019 al 2022. (codici 113: infrastruttura ferroviaria; 122 cantieri)

Quasi tutti gli anni i comuni interessati dalle grandi opere risultano ai primi posti a livello regionale (vedi sempre la Tabella 162 per il periodo 2020-2021) e spesso anche a livello nazionale tra quelli maggiormente interessati dal consumo di suolo. Vista l'attenzione mediatica crescente sull'argomento, la ricaduta in termini di immagine a causa di queste classificazioni per le amministrazioni interessate è spesso negativa facendo percepire una responsabilità diretta del comune sul consumo registrato che di fatto non c'è.

Si può affermare pertanto che la legge regionale prevede giustamente che questa tipologia di opere vada in deroga per i comuni alle quantità massime di consumo residuale da qui al 2050. Per arrivare però all'obiettivo di consumo netto di suolo zero è necessario che i consumi che derivano da tale deroga vengano presi in carico da un livello amministrativo gerarchicamente sovraordinato, che debba a sua volta prevedere strumenti di regolamentazione, limitazione o compensazione. Tanto più che la spinta infrastrutturale non sembra destinata ad esaurirsi nel breve termine; nei prossimi anni il territorio regionale sarà interessato da nuovi e ulteriori interventi alcuni dei quali hanno preso avvio già quest'anno: la costruzione delle varianti della SS51 in vista delle olimpiadi invernali di Milano-Cortina, la realizzazione della III corsia dell'A13

PD-BO, i nodi di Vicenza e Verona dell'alta velocità, il collegamento ferroviario all'aeroporto di Venezia.

La necessità di una oculata pianificazione degli interventi infrastrutturali è attestata dal caso, seppure estremo, del governo del Galles che, nell'ambito dei propri sforzi per combattere il cambiamento climatico, ha deciso di interrompere la costruzione di 31 strade in parte già realizzate¹³⁵.

Va preso in considerazione il fatto che la realizzazione di nuovi assi infrastrutturali rende appetibili le zone a loro prossime per nuovi insediamenti (sia commerciali/industriali che residenziali), spesso in contrasto con la pianificazione preesistente, dato che si realizzano favorevoli condizioni dal punto di vista dei collegamenti (Figura 246). In tal modo si realizza un consumo indotto, spesso di ragguardevole entità, senza una equivalente contropartita di recupero in altre zone/aree.

La situazione che emerge da quanto sopra rende conto dell'elevata incidenza di consumo di suoli di pregio per le caratteristiche agronomiche ed ecosistemiche. Il Veneto si colloca tra le regioni italiane con il maggior consumo di suolo e in questo quadro, le politiche di gestione del territorio per gli aspetti viabilistici, per gli insediamenti della logistica, per quelli industriali/commerciali e residenziali, nonché ultimamente per gli impianti fotovoltaici, dovrebbero orientarsi ad un approccio conservativo, volto al riutilizzo di superfici già edificate e/o occupate da infrastrutture e contestualmente, minimizzando l'occupazione di nuove superfici di suolo.



Figura 246. Richieste di nuovi insediamenti industriali/logistici per complessivi 30 ettari nei pressi del nuovo casello della Superstrada Pedemontana Veneta che impattano su superfici a destinazione agricola¹³⁶

¹³⁵ <https://www.trafficfile.com/welsh-town-left-on-road-to-nowhere-after-cardiff-scraps-new-bypasses/>

¹³⁶ <https://www.italianostra.org/sezioni-e-consigli-regionali/veneto/bassano-del-grappa/adottare-la-terra-per-non-morire-di-capannoni-a-san-lazzaro-di-bassano-del-grappa-oltre-2-milioni-di-mc-nuovi/>

REGIONE TOSCANA

DALLA MISURA DEL DATO QUANTITATIVO ALLA LETTURA QUALITATIVA DELLE TRASFORMAZIONI DEL SUOLO TOSCANO

Contributo a cura di Ilaria Tabarrani (Settore Sistema Informativo e Pianificazione del Territorio - Direzione Urbanistica, Regione Toscana)

Il presente contributo, attraverso un'analisi approfondita dell'ultimo dato che il SNPA ha rilevato per quantificare il "consumo di suolo" sul territorio della regione Toscana, tenta di riportare l'attenzione sull'importanza di utilizzare adeguatamente la lettura (cartografica) dei dati per conoscere tutti gli aspetti che caratterizzano le trasformazioni territoriali.

Per governare il territorio è necessario conoscerlo; è significativo sotto questo aspetto che il legislatore, con il trasferimento di competenze completato nel 1977 con il DPR 616, abbia dato una definizione appropriata della materia "urbanistica". L'art. 80 del D.P.R. afferma infatti che le "le funzioni amministrative relative alla materia urbanistica concernono la disciplina dell'uso del territorio comprensiva di tutti gli aspetti conoscitivi, normativi e gestionali riguardanti le operazioni di salvaguardia e di trasformazione del suolo nonché la protezione dell'ambiente". Prende così avvio, nel nostro Paese fin dagli anni Settanta del secolo scorso, una forte domanda di cartografia connessa alla gestione del territorio che vede al centro della produzione, in primo luogo, le Regioni che da allora gestiscono sistemi informativi per la costruzione dei quadri conoscitivi degli atti di pianificazione.

Vengono realizzate le prime cartografie che, fotointerpretando le immagini dei rilievi da piattaforma aerea, classificano e mappano gli usi del suolo; per la Toscana la prima carta è stata realizzata con i rilievi eseguiti da piattaforma aerea tra il 1975 il 1978. Da allora, sistematicamente grazie all'impegno di costanti investimenti pubblici, la Regione progetta, elabora e rende accessibile a chiunque l'informazione territoriale compresa quella della lettura dell'uso/copertura del suolo, tra cui le superfici artificializzate che, dall'anno d'impianto del monitoraggio (2007) alla data dell'ultimo rilievo disponibile del 2019, attestano una importante e graduale decrescita dell'incremento nell'ordine dell'80%¹³⁷.

Più recentemente, la cartografia del SNPA, restituisce per tutta l'Italia un quadro conoscitivo sulle trasformazioni territoriali analogo ma non uguale per i motivi che andiamo ad analizzare con il prosieguo del contributo. In particolare, la scala nazionale dal 2015 registra, con una periodicità annuale, la variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato). Tuttavia, un aspetto poco noto (e che invece a nostro avviso è molto rilevante), è che la cartografia nazionale mappa annualmente la copertura artificiale suddividendola in due categorie principali, permanente e reversibile; ancora meno noto è che tale mappatura è ulteriormente articolata in sottoclassi funzionali a mettere in evidenza la natura delle trasformazioni individuate.

Nello specifico il sistema di classificazione considera nella voce "consumo di suolo permanente", le seguenti categorie di interventi: edifici, fabbricati; strade pavimentate; sede ferroviaria; aeroporti; porti; altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.); serre permanenti pavimentate; discariche. Invece le classi considerate come "consumo di suolo reversibile" sono: strade non pavimentate; cantieri e altre aree in terra battuta; aree estrattive non rinaturalizzate; cave in falda; impianti fotovoltaici a terra; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo. Se pur il livello di attendibilità della classificazione raggiungibile dipende dalla disponibilità, o meno, delle immagini utilizzate dall'Istituto (e dalle Agenzie regionali) per la fotointerpretazione, nel corso delle varie edizioni del Rapporto, la metodologia si è "affinata", portando ad una revisione dei valori di suolo considerato consumato per gli anni precedenti e quindi, per certi versi, ad una indiscutibile maggiore accuratezza tematica del dato che adesso solo in alcuni specifici casi presenta ancora delle

¹³⁷ I dati quantitativi provengono dalla quantificazione dei dati elaborati nella cartografia uso e copertura del suolo della Regione Toscana e indicano una crescita delle aree artificializzate tra il 2007 e il 2010 di

3117 ettari; tra il 2010 e il 2013 ettari 1773; tra il 2013 e il 2016 ettari 839, tra il 2016 e il 2019 ettari 653.

criticità agilmente superabili. Il fatto tuttavia negativo è che questo dato ancora è un dato poco utilizzato. Ad esempio, in pochi sanno che da qualche anno è possibile leggere il dato delle “classifiche” dei comuni o delle regioni, nel dettaglio. Ad esempio, l’ultimo dato disponibile per la Toscana evidenzia questa situazione: dei circa 257 ettari di suolo trasformato¹³⁸, quello considerato “consumo di suolo reversibile” è la netta prevalenza con una percentuale che arriva al 81% e in particolare la classe maggiore è quella relativa ai cantieri e altre aree in terra battuta ovvero piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc. (Tabella 163).

Tabella 163. Articolazione del dato rilevato come consumo di suolo tra 2021-2022 in Toscana (fonte: SNPA)

Tipologie	Classe del dato rilevato come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 in Toscana	Superficie (ha)	%
Consumo di suolo permanente	Discariche	16,60	6,46
	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)	14,76	5,75
	Edifici, fabbricati	12,65	4,92
	Strade pavimentate	4,97	1,93
	Aeroporti	0,06	0,02
	Sede ferroviaria	0	0
	Porti	0	0
	Serre permanenti pavimentate	0	0
Consumo di suolo reversibile	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)	194,54	75,73
	Aree estrattive non rinaturalizzate	11,75	4,57
	Strade non pavimentate	0,95	0,37
	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo	0,61	0,24
	Impianti fotovoltaici a terra	0,01	0
	Cave in falda	0	0
Consumo di suolo complessivo		256,9	100

Diventa allora utile leggere nel dettaglio le singole voci che compongono il censimento con la precisazione che gli esempi che seguono sono stati selezionati sulla base

della quantità di superficie considerata come consumata, ovvero sono i primi in ordine decrescente in termini di estensione, sono quindi selezioni oggettive che si avvalgono dei dati preliminari messi a disposizione da ISPRA.

1) Consumo di suolo permanente dovuto ad *ampliamenti di discariche* per 16,6 ettari (6,46% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

Per questa classe il dato censito dal SNPA nel territorio toscano restituisce 7 areali che mappano ampliamenti di discariche già esistenti, infatti, oltre agli esempi sotto riportati, sono state censite le discariche di Gello tra il Comune di Pontedera e Cascina (3,09 ha) e di Serravalle nel Comune di Serravalle Pistoiese (0,64 ha). In questa classe dovrebbe ricadere anche l’area in ampliamento della discarica sita in località Cannicci nel Comune di Civitella Paganico per 4,71 ettari (attribuita invece alla classe 122); in questo modo le discariche andrebbero quantificate in 21,31 ettari.



Figura 247. L’area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 4,28 ettari è un ampliamento della discarica di Poggio alla Billa nel Comune di Abbadia San Salvatore (Fonte: ortofoto 20/07/2021 di Regione Toscana)

¹³⁸ Le quantità considerate in questo contributo sono quelle derivate da elaborazioni condotte su dati preliminari resi disponibili da ISPRA nell’ambito dei tavoli nazionali; la versione finale del dato curata

dall’Istituto, anche a seguito di questi confronti, dirà poi che il dato definitivo è pari a 237,55 ettari al netto delle rinaturalizzazioni mentre il consumo di suolo lordo risulta essere pari a 248,24 ettari.



Figura 248. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per un totale di 8,44 ettari sono ampliamenti della discarica di Scapigliato nel Comune di Rosignano Marittimo (Fonte: ortofoto 17/08/2021 di Regione Toscana)

2) Consumo di suolo permanente dovuto alla trasformazione di aree in *superfici impermeabili/pavimentate* (come piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.) per 14,76 ettari (5,75% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

Per questa classe il dato censito dal SNPA nel territorio toscano, restituisce 131 aree in trasformazione dove, se si escludono le zone sotto considerate (che sono appunto le più estese e da sole costituiscono 1/3 della superficie totale), le aree trasformate sono molto piccole con una dimensione media di 0,07 ettari.



Figura 249. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 2,55 ettari è la realizzazione di un piazzale per l'area produttiva di Sant'Andrea nel Comune di San Giovanni Valdarno, presentato come impianto d'eccellenza (ABB S.p.A.) specializzato nella realizzazione dei sistemi di ricarica per la mobilità sostenibile (Fonte: ortofoto 31/07/2021 Regione Toscana)



Figura 250. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 0,94 ettari è la realizzazione di un piazzale per lo stoccaggio dell'area industriale ed artigianale di riordino nel Comune di Carrara (Fonte: ortofoto 12/08/2021 di Regione Toscana)

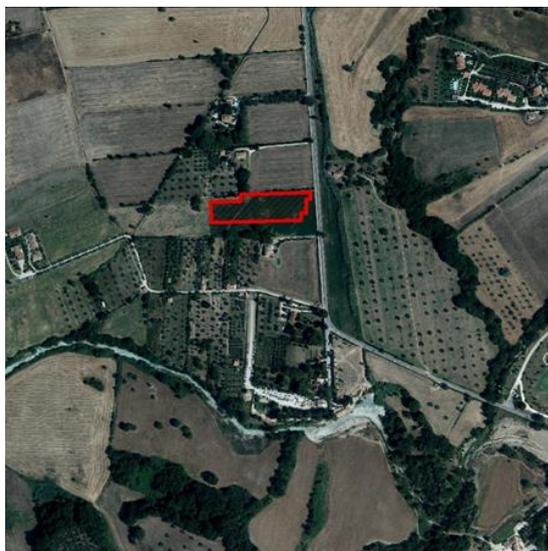


Figura 251. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 0,79 ettari è la realizzazione di un parcheggio (temporaneo) per la zona termale Mulino del Bagno a Saturnia nel Comune di Manciano (Fonte: ortofoto 21/07/2021 di Regione Toscana)



Figura 252. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 0,66 ettari è dovuta alla riqualificazione (cambio di manto) di un campo sportivo già presente e situato nella periferia di Firenze (Fonte: ortofoto 14/08/2021 di Regione Toscana)

3) Consumo di suolo permanente dovuto alla realizzazione di *edifici o fabbricati* per 12,65 ettari (4,92% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

Per questa classe il dato censito dal SNPA nel territorio toscano, restituisce 193 (sul totale di 346) aree in trasformazione tra il 2020-2021; tuttavia escludendo le prime dodici zone più estese (sopra i 0,20 ha, tutte ai fini produttivi) per circa 8 ettari la superficie trasformata è composta dalla prevalenza di aree (181/193) con una media di superficie di 0,04 ettari ovvero sono aree di circa 400 mq in prevalenza, possiamo supporre per la localizzazione, per fabbricati inerenti l'attività agricola (vedi esempi Comune di Castelnuovo Val di Cecina) oppure interventi edilizi per il completamento di aree residenziali (vedi esempio del Comune di Cascina).



Figura 253. L'area è individuata come consumo di suolo per 0,78 ettari, è una struttura nel Comune di Montecatini Val di Cecina (Fonte: ortofoto 18/08/2021 di Regione Toscana)



Figura 254. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 0,66 ettari era già al 2015 un'area adibita allo stoccaggio delle piante da vivaio nel Comune di Quarrata (Fonte: ortofoto 13/08/2021 di Regione Toscana)



Figura 256. Esempio di intervento edilizio per il completamento di aree residenziali, l'esempio è la realizzazione di edifici a schiera nel Comune di Cascina (Fonte: ortofoto 14/08/2021 di Regione Toscana)



Figura 255. Esempio delle aree in trasformazioni di circa 400 mq. Si tratta in prevalenza di fabbricati per l'attività agricola in questo caso nel Comune di Castelnuovo Val di Cecina (Fonte: ortofoto 21/08/2021 di Regione Toscana)

4) Consumo di suolo permanente dovuto alla realizzazione di strade pavimentate per 4,97 ettari (1,93% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

La lettura dei dati preliminari relativi a questa classe ha evidenziato delle criticità derivanti dalle difficoltà nel fotointerpretare le strade con i soli dati disponibili da satellite: nello specifico l'unica strada significativa censita per 2,4 ettari nel Comune di Pisa in realtà è una viabilità sterrata esistente da tempo e recentemente soggetta a manutenzione nel corredo arboreo di confine¹³⁹. Gli altri casi sono una decina di interventi di viabilità in aree residenziali private e la riqualificazione di un sottopasso ferroviario.

¹³⁹Nella versione definitiva del dato la classificazione della strada è stata comunque rivista da ISPRA.



Figura 257. La strada presente nell'ortofoto 2021 di Regione Toscana



Figura 258. La stessa strada è presente nell'ortofoto 1954 del volo GAI

5) Consumo di suolo reversibile dovuto a *cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)* per 194,54 ettari (75,73% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

Per questa classe il dato censito dal SNPA nel territorio toscano restituisce 567 (sul totale di 599) aree in trasformazione tra il 2020-2021; tuttavia escludendo le prime otto analizzate (che da sole coprono i 46,26 ettari di superficie ovvero il 24%) le altre 559 aree sono inferiori ai 2 ettari.



Figura 259. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 10,96 ettari riguarda gli interventi di implementazione della funzione ecologica/ paesaggistica della collina di schermo da realizzarsi nell'area mineraria di Santa Barbara nel Comune di Cavriglia (dove, tra l'altro, sono riutilizzate le terre di scavo del cantiere per la realizzazione della stazione Alta Velocità) (Fonte: ortofoto 31/07/2021 di Regione Toscana)



Figura 260. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 7,26 ettari riguarda gli interventi ampliamento del polo ospedaliero universitario integrato di Cisanello nel Comune di Pisa (Fonte: ortofoto 14/08/2021 di proprietà di Regione Toscana)



Figura 262. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 4,45 ettari è relativa ad un'area ricreativa sportiva nel Comune di Castellina Marittima (Fonte: ortofoto 18/08/2021 di Regione Toscana)



Figura 261. L'area individuata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 7,35 ettari riguarda l'area delle saline nel Comune di Volterra (Fonte: ortofoto 17/08/2021 di Regione Toscana)



Figura 263. L'area individuata considerata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 7,05 ettari è un esempio di rigenerazione di aria produttiva preesistente (ortofoto 1988) in corso di rigenerazione nel Comune di Sesto Fiorentino. Potrebbe essere considerato, dunque, un esempio virtuoso di recupero e non di nuovo impegno di suolo



Figura 264. L'area individuata considerata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 3,66 ettari è un esempio di rigenerazione di un'area produttiva preesistente (ortofoto 1996) in corso di rigenerazione nel Comune di Scandicci (insediamento marchio di eccellenza)



Figura 266. L'area individuata considerata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 2,55 ettari per il raddoppio della viabilità tra Siena e Grosseto nel Comune di Civitella Paganico (ortofoto 29/07/2021 di Regione Toscana). A tal proposito appare utile ricordare che, nel caso specifico, si tratta di un'opera strategia attesa da decenni dalle comunità locali



Figura 265. L'area individuata considerata come consumo di suolo tra il 2021 e il 2022 per 2,82 ettari è un terreno agricolo con probabile uso a parcheggio temporaneo sito nel Comune di Zeri (ortofoto 12/08/2021 di Regione Toscana)

6) Consumo di suolo reversibile dovuto *ad aree estrattive non rinaturalizzate* per 11,75 ettari (4,57% del totale del suolo consumato tra il 2021 e il 2022)

Questa tipologia di consumo si caratterizza per pochi interventi (15) con superfici in alcuni casi abbastanza estese, vedi quella di ettari 3,85 nel Comune di Castel Focognano e quella nel Comune di Gavorrano per ettari 2,27. Dal punto di vista metodologico è una di quelle articolazioni che ancora denota margini di miglioramento nella fotointerpretazione.



Figura 267. La cava presente nel Comune di Castel Focognano nell'ortofoto del 2021 di Regione Toscana

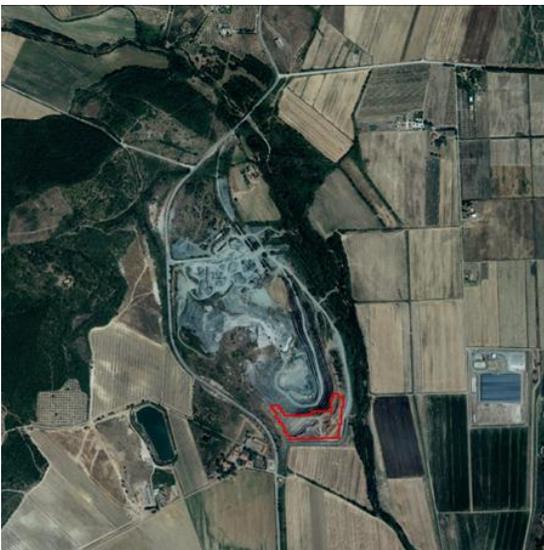


Figura 268. La cava presente nel Comune di Gavorrano nell'ortofoto del 2021 di Regione Toscana

Ciò premesso, se analizziamo l'andamento delle principali classi per tutti i rilievi resi disponibili dal SNPA (Tabella 164), notiamo come di fatto ciò che caratterizza costantemente, e in larga misura, le trasformazioni nel territorio toscano sono le aree ricomprese nella classe

inerente alle trasformazioni minori, spesso temporanee e comunque reversibili e che non producono carico urbanistico e adibite a piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi di materiale.

Le aree classificate come edifici/fabbricati, che spesso vengono indicate come la principale causa del consumo di suolo, invece, si caratterizzano per una parte meno significativa e comunque in costante riduzione, passando dal 12% del 2017-2018 al 5% dell'ultimo rilievo.

In sostanza i cinque rilievi analizzati restituiscono una netta prevalenza del consumo di suolo reversibile che caratterizza per l'84% le tipologie di suolo trasformato in Toscana.

Tabella 164. Dinamica, in termini percentuali, delle principali tipologie di consumo di suolo tra il 2017 e il 2022 in Toscana (fonte: SNPA)

Principali tipologie di consumo di suolo	2017 2018	2018 2019	2019 2020	2020 2021	2021 2022
Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)	6	12	4	4	6
Edifici, fabbricati	12	9	6	4	5
Discariche	0	1	1	0	6
Strade pavimentate	1	3	1	1	2
Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)	74	66	74	81	76
Aree estrattive non rinaturalizzate	5	8	12	7	5
Strade non pavimentate	1	1	1	2	0

Alla luce di questi risultati una ulteriore elaborazione che è stata ritenuta utile è quella svolta sulla classe dei "cantieri" per vederne la dinamica e, al netto delle situazioni intermedie, capirne il risvolto finale; cioè, conoscere se, i cantieri una volta chiusi, saranno effettivamente consumo di suolo permanente. Non potendo analizzare il totale delle aree cantieristiche, si sono selezionate quelle più significative per dimensione (al disopra di 1 ettaro di

superficie); sono un campione più che significativo visto che rappresentano il 47% del totale.

I risultati delle analisi ci dicono che: il 16% è ancora un'area a cantiere (quindi ancora nella tipologia consumo di suolo reversibile); il 24% delle aree si è rinaturalizzata (esce dunque dal dato complessivo del consumo di suolo), il 46% è effettivamente divenuto un consumo di suolo permanente ma con questa suddivisione: 18% infrastrutture (viabilità e metanodotti) ovvero opere di urbanizzazione primaria; 11% ampliamenti di aree produttive; 10% attrezzature pubbliche, sportive e sanitarie; 4% di scariche; 3% piazzali, parcheggi.

Dei restanti ettari a cantiere (rispetto al totale di quelli classificati nel totale dei 5 anni) sappiamo che la metà sono interventi all'interno di aree già classificate come artificializzate dalla carta uso e copertura del suolo della Regione Toscana.

Un'ultima analisi del dato del SNPA che risulta di particolare interesse, è la distribuzione delle trasformazioni rispetto agli ambiti di paesaggio individuati dal Piano Paesaggistico regionale approvato dalla Regione Toscana in copianificazione con il Ministero della Cultura. Gli ambiti di paesaggio sono infatti il riferimento territoriale per ciascuno dei quali il piano definisce specifici obiettivi di qualità e normative d'uso¹⁴⁰.

In sintesi, sul 20% del territorio si sono concentrate indicativamente il 40% delle trasformazioni degli ultimi 5 anni (Tabella 165); risultano infatti principalmente interessati dalle trasformazioni gli ambiti di paesaggio di Firenze-Prato-Pistoia (214 ettari di aree in trasformazione) e della piana Livorno-Pisa-Pontedera (160 ettari) entrambe con una incidenza dello 0,13 sulle rispettive superfici d'ambito; la Val di Nievole e Val d'Arno inferiore (93 ettari, 0,12 della sup.). Seguono l'ambito di paesaggio del Val d'Arno Superiore, la Versilia costa Apuana e la Lucchesia. Questa lettura dimostra che, in prevalenza, le trasformazioni si collocano nelle principali articolazioni del sistema insediativo urbano policentrico delle grandi piane

alluvionali, lasciando intuire una tutela del sistema prevalentemente collinare e montano della Toscana.

Tabella 165. Distribuzione in ettari del consumo di suolo tra il 2017 e il 2022 in Toscana (fonte: SNPA)

Ambito di Paesaggio	Consumo di suolo permanente	Consumo di suolo reversibile	Consumo di suolo totale
Amiata	4,94	12,83	17,77
Bassa Maremma	4,02	25,86	29,88
Casentino e Va Tiberina	5,04	80,56	85,60
Chianti	1,52	19,24	20,76
Colline di Siena	3,09	35,15	38,24
Colline metallifere	5,95	54,13	60,08
Firenze Prato Pistoia	33,42	180,33	213,75
Garfagnana e Val di Lima	2,59	16,16	18,75
Lucchesia	13,09	33,82	46,91
Lunigiana	6,08	37,81	43,89
Maremma grossetana	12,3	49,83	62,13
Mugello	6,10	18,46	24,56
Piana di Arezzo e Val di Chiana	11,36	62,17	73,53
Piana Livorno Pisa Pontedera	37,44	160,05	197,49
Val d'Arno Superiore	11,15	68,89	80,04
Val di Cecina	8,99	74,99	83,98
Val di Nievole e Vald'Arno Inferiore	25,70	66,97	92,67
Val d'Elsa	5,84	25,36	31,20
Val d'Orcia e Val d'Asso	0,45	18,20	18,65
Versilia e costa apuana	11,58	36,58	48,16

È dunque evidente che anche in Toscana il consumo di suolo è proseguito con continuità ma, rispetto al passato, grazie anche agli ultimi strumenti normativi (l.r. 65/2014 e Piano Paesaggistico del 2015), approvati dalla Regione in considerazione dell'importanza di conservare il paesaggio e le terre coltivabili, le nuove regole¹⁴¹ intro-

¹⁴⁰ Nella logica del piano i 20 ambiti supportano una rappresentazione degli elementi e delle strutture complesse rilevanti nella caratterizzazione paesaggistica dei diversi territori infatti sono stati individuati valutando congiuntamente i seguenti elementi: i sistemi idro-geomorfologici; i caratteri eco-sistemici; la struttura insediativa e infrastrutturale di lunga durata; i caratteri del territorio rurale; i grandi orizzonti percettivi;

il senso di appartenenza della società insediata; i sistemi socio-economici locali; le dinamiche insediative e le forme dell'intercomunalità.

¹⁴¹ Distinguendo le aree urbanizzate dal territorio rurale; promuovendo il riuso e la rigenerazione delle aree urbanizzate; riservando al territorio rurale usi coerenti con il suo mantenimento; escludendo la possibi-

dotte stanno iniziando a produrre risultati positivi in termini di riduzione del nuovo consumo di suolo non strettamente necessario.

Conclusioni

Con questa lettura dei dati territoriali elaborati dal SNPA, ci auguriamo di aver contribuito a:

i) dimostrare che il valore aggiunto del dato rilevato dal SNPA non sta nell'andamento delle sole quantità (già ampiamente e meglio evidenziate, poiché da più tempo attive, con le banche dati regionali) ma nella capacità di leggere puntualmente il fenomeno nelle sue articolazioni (le 14 classi): su questo aspetto converrebbe assicurare una maggiore sinergia con le Regioni che mappano costantemente e da vicino il territorio;

ii) dimostrare la necessità di comunicare non solo in termini quantitativi (importanti ma spesso fuorvianti) e di avere fatto luce sulla necessità di conoscere e analizzare le trasformazioni nello spazio -fin nella loro natura (cosa) e nelle loro relazioni (dove)- oltre che nel tempo (ad es. capire le evoluzioni dei cantieri); alzando dunque lo sguardo per vedere le dinamiche non nel singolo anno (spesso solo mesi) ma in una finestra temporale ben più ampia e, allo stesso tempo, entrando nel merito della singola trasformazione per considerare, e conseguentemente valutare, le condizioni di artificializzazione dei suoli non tanto in quanto opzione assoluta tra alternative (suoli artificializzati vs suoli non artificializzati), bensì nel loro specifico valore lungo un gradiente¹⁴². Non è infatti irrilevante ai fini di una corretta valutazione degli impatti prodotti del consumo di suolo conoscere se la trasformazione: ricade all'interno o all'esterno di un territorio già urbanizzato; è connessa ad un intervento di riqualificazione o rigenerazione urbana; è finalizzata alla realizzazione di un'opera pubblica rilevante (come un ospedale) o di un'infrastruttura (come un raddoppio di una ferrovia o di una viabilità oppure di un parcheggio scambiatore); è l'ampliamento di un'area produttiva o la realizzazione di una nuova lottizzazione residenziale o commerciale.

iii) suggerire, con queste valutazioni, una riflessione sull'opportunità di ampliare la definizione di "consumo" verso quella di "degrado" del suolo poiché abbiamo visto che il problema dell'uso del suolo non può essere ricondotto al solo tema dell'artificializzazione da trasformazioni edilizie, almeno non in Toscana, poiché è evidente che tale tipologia di uso è minoritaria in termini quantitativi se raffrontata al cattivo impiego del suolo in altri tipi di trasformazione (ad esempio discariche); o almeno di avere ben evidenziato la necessità di approfondire e conoscere meglio il fenomeno, allargando a tutti gli usi e dunque le politiche la necessità di analizzare le trasformazioni indotte e dunque la responsabilità di quello che succede al suolo;

iv) evidenziare che, per quanto sopra, il contributo che gli "strumenti urbanistici" oggi possono dare al perseguimento dell'obiettivo di azzerare il consumo di suolo è importante ma da solo non è sufficiente; con i piani possiamo vigilare adeguatamente sulle previsioni insediative (monitorando il consumo potenzialmente indotto dai dimensionamenti, come avviene in Toscana), possiamo agevolare l'uso ragionato e consapevole del suolo (vedi i progetti di rigenerazione urbana); potrebbero tuttavia essere maggiormente efficaci (i piani) se venissero riconosciuti quali strumenti per una sintesi unitaria e di razionalizzazione della complessiva gestione antropica di tutto il territorio. Se, in sostanza, anziché ricercare e aggiungere complessità con improbabili nuovi strumenti (piani di rigenerazione, piani del verde, etc.) si facesse un uso sapiente di quelli che già ci sono, a partire dai piani paesaggistici per un rilancio forte dell'agire pubblico, capace di fare sintesi unitaria dei diversi interessi in gioco con l'obiettivo di integrare efficacemente le diverse politiche settoriali che inducono le trasformazioni sul territorio, al fine di garantire una reale (e non solo formale) coerenza delle trasformazioni territoriali.

lità di nuove espansioni residenziali in aree esterne a quelle già urbanizzate; assoggettando a una conferenza di co-pianificazione, chiamata a verificare puntualmente che non sussistano alternative di riuso, le richieste di nuovi impegni di suolo per destinazioni non residenziali.

¹⁴² In linea con il contributo già presentato per la Toscana nel Rapporto edizione 2018 (autori Bottai, Carletti, Licciardello, Lucchesi, Tabarrani) le analisi qui proposte cercano infatti di compiere un passo ulteriore analizzando il dato del SNPA non solo dal punto di vista quantitativo come spesso viene fatto e comunicato nei diversi rapporti e/o comunicati stampa.

REGIONE UMBRIA

PERUGIA – QUARTIERE PONTE SAN GIOVANNI DA PERIFERIA A CITTÀ

Contributo a cura di Luca Tamburi (ARPA Umbria), Alfredo Manzi (Regione Umbria) e Maria Elena Franceschetti (Regione Umbria)

Due Programmi integrati per la qualità dell'abitare (Pinqua) per la rigenerazione di un quartiere critico

Ponte san Giovanni è un insediamento sorto sulle rive del fiume Tevere a circa 7 km dal centro di Perugia, che in poco più di cinquanta anni raggiunge i 20.000 abitanti diventando uno dei più popolosi quartieri della città. Lo sviluppo demografico del quartiere, cresciuto in un ambito territoriale pianeggiante compreso tra il fiume Tevere, la linea ferroviaria e una viabilità di interesse nazionale come la E45, è andato di pari passo con lo sviluppo delle attività industriali, commerciali e, più recentemente dei servizi, accompagnato da una rilevante attività edilizia sia di iniziativa privata che pubblica, piuttosto caotica. Nel corso degli anni 2000 il quartiere ha conosciuto il fallimento di importanti progetti di ristrutturazione di ex siti industriali dismessi che ne hanno sfregiato il tessuto urbano. La presenza di grandi immobili incompiuti nel pieno del tessuto urbano del quartiere, tra cui il maggiore

è quello del complesso ex Palazzetti, sono una ferita aperta che occorrerebbe rimarginare per arrestare il degrado e migliorare la vivibilità dell'abitato di Ponte San Giovanni.

I due Programmi per la qualità dell'abitare presentati dal Comune di Perugia a seguito del bando del Ministero delle Infrastrutture, ed entrambi ammessi a finanziamento, sono l'imperdibile occasione per sanare una delle ferite aperte nel tessuto del quartiere (recupero quartiere ex Palazzetti, proposta Pinqua denominata "PS5G") e per realizzare quella "molteplicità di interventi tesi alla ricucitura degli spazi pubblici, alla qualificazione della struttura verde, delle percorrenze pedonali e ciclabili, delle attrezzature pubbliche" citata come una delle strategie del PRG per il quartiere di Ponte San Giovanni e mai attuata (Pinqua "Ponte San Giovanni da periferia a città").

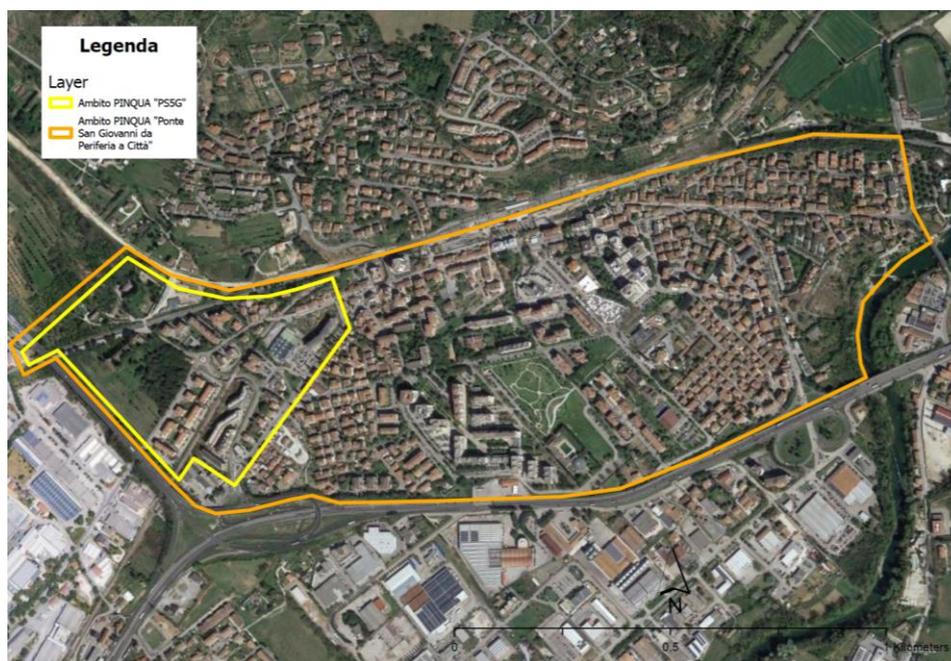


Figura 269. Area di Progetto dei due programmi integrati

Caratteri essenziali Pinqua “Ponte San Giovanni da Periferia a città”

Insieme di interventi di piccola media dimensione strettamente connessi tra loro volti a: riqualificare ed efficientare il patrimonio di alloggi di edilizia residenziali pubblica di Ater e del Comune; riqualificare e connettere il sistema delle aree verdi; creare una rete di piste ciclopedonali; riqualificare e dare forma all'asse centrale di Via Cestellini; migliorare l'accessibilità alla stazione ferroviaria dal centro del quartiere; riqualificare immobili pubblici del CVA e della scuola; migliorare il sistema della raccolta differenziata; migliorare l'efficienza energetica del quartiere attraverso la creazione di “comunità energetiche; riqualificare e valorizzare un sito archeologico etrusco di rilievo nazionale come la necropoli dei Volumni”.

Caratteri essenziali Pinqua “PS5G”

Recupero di un complesso edilizio in stato di abbandono denominato ex Palazzetti. Si prevede l'acquisto dell'intero complesso immobiliare da parte di Ater (soggetto attuatore dell'intervento) e il recupero dello stesso con l'obiettivo di creare un quartiere modello per l'alta qualità dell'abitare, creando un mix di alloggi di Edilizia residenziale sociale e a canone concordato, spazi commerciali, servizi socio-culturali di quartiere. Un quartiere Sostenibile, Sociale, Smart, Sperimentale, Salubre, che sono nella contemporaneità sinonimo di elevata qualità abitativa: da qui le ragioni del motto “PS5G”.

REGIONE LAZIO

LA BANCA DATI DEI SUOLI DEL LAZIO. AGGIORNAMENTI ED APPLICAZIONI.

Contributo a cura di Massimo Paolanti, Sandra Di Ferdinando (ARSIAL Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio)

Con specifico mandato regionale (L.R. 40/1996 Istituzione SIARL) l'ARSIAL è responsabile dell'elaborazione, mantenimento ed implementazione della Banca Dati dei Suoli Regionale e in generale di studi pedo-agronomici.

Molti quadri strategici globali, compresi gli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite, si occupano direttamente e indirettamente del suolo e del territorio, così come le politiche europee (European Green Deal; la strategia dal Produttore al Consumatore; la Nuova Strategia sulla Biodiversità al 2030; la Strategia Europea del Suolo per il 2030), mettono al centro della loro attenzione il suolo, quando si propongono di affrontare temi quali: il consumo di suolo, la frammentazione dei paesaggi e dei territori, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, nonché proteggere la biodiversità e il suolo. A livello regionale spetta spesso poi il compito di trasformare le politiche di orientamento e indirizzo in progetti ed azioni concrete e sempre di più uffici regionali, amministrazioni locali, tecnici e professionisti ma anche amministrazioni sovraregionali, enti di gestione territoriale e di ricerca chiedono all'ARSIAL informazioni sui suoli.

L'assunto di base è che per agire sul campo occorrono conoscenze, organizzate, validate ed adeguate a dare risposte adeguate, capaci di rendere conto della complessità spaziale dei suoli sia in senso verticale che orizzontale. Evidentemente e fortunatamente, le metodologie per acquisire ed organizzare le informazioni sui suoli si evolvono ed ormai coniugano il rilievo in campo e le attività di laboratorio ad approcci che sfruttano tecniche di *digital soil mapping*, dati telerilevati e *proximal sensing*. Tuttavia, le banche dati pedologiche che non siano costruite partendo da un modello pedogeografico che tenga conto delle relazioni fra i suoli ed i fattori della pedogenesi, producono strumenti non affidabili e non sono idonee a supportare adeguatamente le decisioni. Così come non significative e spesso dannose risultano le banche dati che utilizzino dati di rilievo a terra non attendibili, quali quelli in cui il sito di rilevamento non sia collegato al suolo modale della "componente territoriale" da rilevare, o situazioni disturbate, oppure campionamenti in cui non si tenga conto della stratificazione per orizzonti o comunque con tecniche di campionamento non corrette.

Nel 2019 ARSIAL ha concluso una prima indagine regionale alla scala 1:250.000 ed ha predisposto l'Atlante dei suoli del Lazio (Napoli *et. al.*, 2019) costituito da una monografia sul lavoro svolto, dalle cartografie elaborate, Carta dei suoli del Lazio e Carta della Capacità d'uso dei suoli e dalla legenda estesa delle cartografie.

Il cuore di tutto il progetto è la banca dati dei suoli, ossia l'archivio digitale armonizzato e normalizzato di tutte le informazioni raccolte e delle relazioni che esistono fra i dati puntuali ed il territorio. Nella banca dati sono archiviate oltre 8.000 osservazioni puntuali di vario tipo, 2.950 sono accompagnate da analisi e di queste 1931 hanno un data set di dati analitici completo per tipo di determinazioni sia di tipo chimico che fisico relativi a ciascuno dei diversi orizzonti che compongono verticalmente il suolo. Ognuno di questi siti è georiferito, overosia se ne conosce la posizione esatta. I dati puntuali sui suoli hanno permesso di individuare 452 tipi di suolo (Sottunità Tipologiche di Suolo – STS), ossia gruppi di suoli simili per: caratteristiche, limitazioni, qualità e caratteri dei territori dove sono diffusi.

La Carta dei Suoli del Lazio alla scala 1:250 000, è organizzata secondo tre livelli gerarchici a diverso grado di dettaglio: Regione pedologica, Sistema di suolo e Sottosistema di suolo (188 Unità Cartografiche). Per ognuna delle unità cartografiche in legenda sono indicate le principali tipologie di suolo (Sottunità Tipologiche di Suolo – STS), la loro diffusione e la loro classificazione secondo una nomenclatura internazionale. Nel volume Legenda dei Suoli del Lazio i paesaggi e i suoli sono descritti in maniera più approfondita. Per i diversi tipi di suolo (STS), oltre a sigla, diffusione e classificazione sono riportate anche le principali caratteristiche e qualità. La Carta della Capacità d'Uso dei Suoli del Lazio alla scala 1:250 000 in base alle proprietà fisico chimiche del suolo ed alle caratteristiche dell'ambiente in cui il suolo è inserito, raggruppa i suoli in base alla loro capacità di sostenere produzioni agricole, foraggiere o legname senza degradarsi, ossia conservando il loro livello di qualità.

L'ARSIAL conserva, inoltre, oltre 4.300 campioni di suolo relativi ai rilevamenti appositi per la carta dei suoli in

scala 1:250.000, dove tutti gli orizzonti sono stati campionati in “doppio”: per un campione sono state fatte le determinazioni chimico fisiche mentre un altro è stato archiviato e va a costituire la “pedoteca”. Questa può servire per varie attività, come ad esempio:

- acquisizione delle firme spettrali, come riferimento per attività con sensori in remoto;
- determinazioni chimico fisiche sui metalli pesanti per la definizione spazializzazione del contenuto del fondo naturale ed antropico di metalli pesanti e metalloidi nei suoli.

Attualmente è in corso l'affidamento del servizio di rilevamento pedologico, alla scala di riferimento 1:50.000, dell'area costiera della regione Lazio, comprensivo di analisi dei suoli, valutazioni pedologiche e implementazione della Banca Dati Pedologica Regionale. L'area interessata è di oltre 230.000 ettari ed include aree molto sensibili vista la competizione che intercorre tra attività agricole e sviluppo di residenze, infrastrutture, servizi ed attività produttive. L'area include i suoli più adatti alle attività agricole, ovvero quelli con meno limitazioni, ma sono anche le aree preferenziali per la diffusione degli impianti per la produzione di energie rinnovabili, con particolare riferimento agli impianti fotovoltaici. Conoscere i suoli, vuol dire poter fare delle scelte di programmazione consapevoli, perché il suolo è una risorsa non rinnovabile e non riproducibile. In queste aree sono comprese molte delle Zone Vulnerabili ai Nitrati e, in generale, sono concentrati gli impatti delle attività antropiche sulle matrici ambientali ed una adeguata conoscenza dei suoli può contribuire in maniera significativa ad una loro gestione finalizzata alla salvaguardia delle diverse matrici ambientali.

Sono quindi disponibili: spazializzazioni *multipurpose* come le cartografie dei suoli alle varie scale o elaborazioni tematiche così come dati puntuali relativi a profili di suolo.

I dati sono disponibili su:

- Geoportale Regione Lazio¹⁴³;
- Open data Regione Lazio¹⁴⁴.

In virtù delle competenze sviluppate sul suolo, ARSIAL è coinvolto in maniera significativa in molte attività per le quali i suoli rivestono un fattore significativo:

- supporto alla Regione Lazio nella redazione del Piano Agricolo Regionale (PAR), introdotto nella normativa regionale sul governo del territorio (LR n. 38/1999) con la riscrittura dell'articolo 52, operata con LR 7/2017 “Disposizioni per la rigenerazione urbana e per il recupero edilizio”;
- partecipazione al Gruppo Tecnico Interdisciplinare per l'individuazione delle aree idonee e non idonee ad impianti di produzione energia da fonti rinnovabili (FER);
- Deliberazione 7 giugno 2022, n. 390 Attuazione del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) 2030 - Art. 3.1 della Legge Regionale 16 dicembre 2011, n. 16 e ss.mm.ii. - Linee Guida e di indirizzo regionali di individuazione delle aree non idonee per la realizzazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili (FER). Le Aree non Idonee sono individuate in ragione della Capacità d'Uso dei Suoli ed oltre ad una delimitazione a livello regionale sono state predisposte delle apposite sia linee guida per la redazione della relazione pedologica sito-specifica su superfici agricole e linee guida per l'individuazione a livello comunale delle superfici agricole non idonee all'installazione di impianti fotovoltaici a terra, in funzione della capacità d'uso dei suoli;
- collaborazione con ISPRA, AGEA ed Università del Molise per l'elaborazione della Carta dell'erosione attuale dei suoli della Regione Lazio, come modello per la definizione di una carta nazionale;
- elaborazione di una cartografia del “Potenziale contenuto di acqua disponibile dei suoli – AWC” utilizzato per la valutazione del Bilancio Idrologico Distribuito ai fini dell'aggiornamento del Piano Tutela delle Acque (Regione Lazio – Area Qualità ed Ambiente);

¹⁴³ https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:arsial_ssp_250K_suoli_lazio; https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:arsial_lcc_250K_suoli_lazio;

https://geoportale.regione.lazio.it/layers/geosdiownr:geonode:arsial_osservazioni_suoli_lazio

¹⁴⁴ <http://dati.lazio.it/catalog/en/dataset?q=suoli>

- convenzione con Roma Capitale per le attività relative alla protezione e conservazione dei suoli del territorio di Roma Capitale nell'ambito del progetto SOIL4LIFE;
- attività di Monitoraggio del PSR relativamente a Erosione e Contenuto in sostanza organica dei Suoli;
- partecipazione agli osservatori pedologici regionali coordinati da ISPRA nell'ambito del SNPA;
- supporto nell'ambito delle attività ARSIAL per l'allestimento dei dossier per il riconoscimento di prodotti DO/IG, studi in materia di viti-vinicoltura, studi di pratiche agro-ecologiche e fertilità dei suoli, etc.;
- collaborazioni con enti di ricerca.

REGIONE SARDEGNA

CONSUMO DI SUOLO E TRASFORMAZIONE DEL PAESAGGIO AGRARIO NELL'AREA INDUSTRIALE DI MACCHIAREDDU (ASSEMINI-SARROCH, SARDEGNA MERIDIONALE)

Contributo a cura di Stefania Fanni, Vittorio Alessandro Marrone, Rita Puddu, Marco Cocco (AGRIS SARDEGNA)

Premessa

Con Deliberazione della Giunta Regionale della Regione Autonoma della Sardegna n° 60/16 del 11.12.2018 è stato approvato e finanziato in favore dell'Agenzia Agris un progetto sperimentale per il recupero delle antiche vocazioni agricole pre-industriali nel Basso Sulcis (Sardegna SW), con l'obiettivo di caratterizzare le potenzialità produttive dei suoli situati in prossimità di alcuni poli industriali della regione del Sulcis. Lo studio ha interessato i suoli limitrofi agli insediamenti di Portovesme e di Macchiareddu. Della prima area si è riferito nel Report SNPA 32/22 Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici (Munafò, 2022), mentre le indagini nell'area di Macchiareddu sono state ultimate successivamente e pertanto si riportano i risultati nel presente report.

Anche nel caso dell'area di Macchiareddu il progetto è stato articolato in più fasi di indagine sia a livello territoriale che di dettaglio ed ha interessato preliminarmente lo studio delle trasformazioni degli usi del suolo negli ultimi sessant'anni, per quantificare il consumo di suolo agricolo dall'era pre-industriale all'attuale.

L'analisi e la perimetrazione degli usi agricoli pre-industriali e il loro confronto con gli usi attuali ha portato alla creazione di un primo livello informativo in cui sono state individuate le seguenti tre tipologie di aree rurali:

- aree tradizionali: aree in cui è ancora presente l'uso agricolo;
- aree dismesse: in cui l'uso agricolo è stato abbandonato;
- aree consumate: superfici attualmente occupate da aree urbanizzate e infrastrutture industriali non più classificabili come aree agricole.

Area di studio

L'area di indagine (Figura 270) ha un'estensione di 9.667 ettari e ricade nei comuni Assemini, Capoterra, Uta e Sarroch, all'interno del sito di bonifica di interesse nazionale «Sulcis-Iglesiente-Guspinese» secondo il D.M. 28 ottobre 2016 - Ridefinizione della perimetrazione - GU Serie Generale n. 267 del 15-11-2016.



Figura 270. Inquadramento geografico dell'area

Il sistema integrato dell'area industriale Macchiareddu fa capo al Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari (CACIP) che ospita attualmente, insieme al più piccolo nucleo industriale di Elmas, non oggetto del presente studio, circa 375 imprese con oltre 8.000 addetti.

Il nucleo di industrializzazione di Macchiareddu ricade in massima parte nel Comune di Assemini. Lo sviluppo industriale in quest'area prese avvio nel 1962 quando la Rumianca vi si insediò su una superficie di 30 ettari per la produzione di cloruro di polivinile (PVC) sfruttando la vicinanza delle saline Contivecchi per la fornitura del cloruro di sodio come materia prima.

Gli effetti socio-economici di questa localizzazione, in aggiunta al concomitante sviluppo dell'industria petrolchimica a Sarroch, diedero origine a un imponente movimento immigratorio indotto da aspettative occupazionali, contribuendo nel ventennio '61/'81 a un incremento della popolazione asseminese del 78,30%.

La destrutturazione del settore primario è stata una diretta conseguenza dello sviluppo industriale, sia per la sottrazione dei terreni agricoli da destinare all'industria, sia per l'assorbimento della forza occupazionale verso i settori secondario e terziario.

Attualmente l'agglomerato di Macchiareddu si estende su un'area di 8.242,03 ettari di cui 3.661,27 ettari destinati ad attività produttive di grandi, piccole e medie industrie e altre attività di servizio alla produzione.

L'agglomerato industriale di Sarroch, rappresentato principalmente dalle strutture della S.A.R.A.S. S.p.A. per la trasformazione di prodotti petroliferi, si estende fino al mare con una superficie complessiva di 734,56 ettari. Le aree non ancora utilizzate sono prevalentemente destinate ad attività di servizio collegate alla raffineria. La società fu fondata il 24 maggio 1962 da Angelo Moratti con la denominazione di S.A.R.A.S. (acronimo di Società Anonima Raffinerie Sarde) e inaugurata il 16 giugno 1966 alla presenza di Giulio Andreotti, allora ministro dell'Industria, commercio e artigianato. Sin dal principio la S.A.R.A.S. ampliò i propri impianti, diventando, di fatto, una delle raffinerie più importanti in Europa, sia per la sua posizione strategica nel Mediterraneo, sia per volume di affari. Agli inizi degli anni '70 sorsero anche altre industrie, tra le quali la Polimeri Europa e lo stabilimento dell'Air Liquid, per la produzione di ossigeno liquido. Del gruppo S.A.R.A.S. fa parte anche la Sarlux, società che produce energia elettrica dal riutilizzo delle scorie della stessa raffineria.

Materiali e metodi

L'indagine sulle trasformazioni d'uso del suolo è stata svolta con metodologie GIS principalmente attraverso la fotointerpretazione e la consultazione della Carta dell'uso e copertura del suolo della Sardegna (EEA, 2006). I materiali utilizzati sono stati:

per gli usi pre-industriali

- ortofoto relative agli anni 1954 e 1977 a risoluzioni spaziali crescenti;
- cartografia IGM del 1968 (5ª edizione) in scala 1:25.000 in formato cartaceo.

per gli usi post-industriali

- ortofoto degli anni 2013, 2016 e 2019;
- *layer* della *Corine Land Cover* in scala 1:25.000;
- DBMP10K (strato informativo della viabilità e dell'edificato urbano ed extra-urbano);
- servizi web *Google Maps* e *Google Earth* utili per una migliore definizione dell'uso del suolo attuale.

Per definire la trasformazione dell'uso del suolo e delimitare le tre tipologie di aree rurali tradizionali, dismesse e consumate si è reso necessario accorpare preliminarmente gli usi identificati nelle due epoche in tre macrocategorie:

1. aree agricole, rappresentanti tutti gli elementi aventi un uso agricolo;
2. aree naturali e seminaturali, in cui insiste una vegetazione in situazioni di naturalità e seminaturalità;
3. aree di non suolo, dove non vi è suolo o dove la risorsa suolo è stata consumata dall'urbanizzazione e dall'industria, esclusa la viabilità extraurbana.

Nella fase di interpretazione e di delimitazione dei singoli poligoni d'uso, in alcuni casi sono state stabilite nuove e più ampie classi interpretative, non sempre corrispondenti alle voci di legenda della *Corine Land Cover*, necessarie per la perimetrazione degli usi pre-industriali in quelle aree difficilmente qualificabili a causa della scarsa definizione delle ortofoto.

In particolare, le voci di nuova introduzione o modificate rispetto alla *Corine* sono:

- coltivi: si intendono le superfici coltivate classificate nella *Corine* come "2.1. Seminativi", "2.2. Colture permanenti" e "2.4. Zone agricole eterogenee", ad esclusione delle superfici di dettaglio uguale o maggiore (III livello) che si è riusciti, solo in alcuni casi, ad individuare mediante fotointerpretazione (ad es. oliveti e vigneti).
- incolti: si intendono le superfici abbandonate da più di 5 anni in cui non si è ancora instaurata una vegetazione spontanea evoluta e che non si riesce a collocare in una delle classi di maggiore dettaglio previste dalla *Corine*. Per questo motivo sono stati ricompresi nella macrocategoria delle aree naturali e seminaturali.
- dune e retrodune con copertura vegetale: questa voce rappresenta le dune stabili o dune fossili sulle quali si è impostata una vegetazione tipica di ambiente mediterraneo (ad es. *Juniperus* sp.) che corrispondente alla classe "3.3.1.3. Aree dunali con copertura vegetale" con ampiezza superiore a 25 m della *Corine*.
- specchi d'acqua: sotto questa voce sono state raggruppate tutte le superfici naturali o artificiali coperte da acque destinate o meno all'uso agricolo o ittico. Fanno parte di questa categoria tutti i "5. Corpi idrici" siano essi "5.1. Acque continentali" o "5.2. Acque marittime" della *Corine*.

- aree urbane e antropizzate: si intendono tutte le superfici appartenenti alla classe di primo livello della *Corine* “1. - Superfici artificiali”, ad esclusione della categoria “1.1.2.1. Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale” fatti ricadere nella voce “Tessuto agro-residenziale”.

Un'ulteriore variazione ha riguardato le voci “3.2.1. Aree a pascolo naturale”, “3.1.1.2.1. Eucalipteti” e “3.1.1.2.2. Sugherete”, che appartengono al III livello della *Corine* (3. Territori boscati ed altri ambienti seminaturali) che sono state inserite nella macrocategoria delle aree agricole in virtù del fatto che la maggior parte degli elementi individuati assolve ad una funzione produttiva.

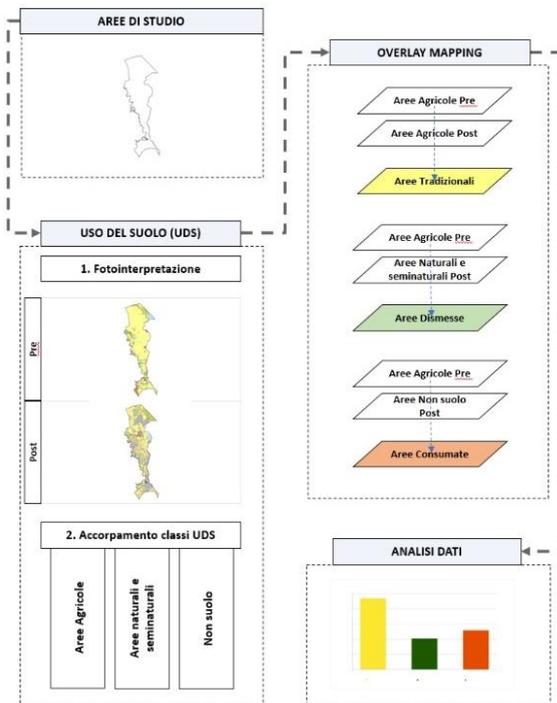


Figura 271. Schema della procedura utilizzata per la realizzazione dello strato informativo di sintesi

La delimitazione dei poligoni dei diversi usi del suolo ha portato all'elaborazione della prima bozza di Carta d'Uso del suolo per i due periodi analizzati. Successivamente, è stata avviata una verifica sul campo per l'aggiornamento degli usi attuali ottenuti nella prima fase di fotointerpretazione. Grazie all'utilizzo di tablet *Android* e

dell'App *QField*, versione mobile del software *QGIS*, i dati tabellari realizzati nella prima bozza della Carta dell'Uso del suolo sono stati corretti direttamente in campo, mentre le delimitazioni degli elementi poligonali sono stati aggiornati in un secondo tempo su *ArcMap desktop*.

Successivamente si è proceduto per entrambe le epoche, mediante una query sugli attributi tabellari dei due shapefile (1954 e 2019), all'accorpamento degli usi nelle tre macrocategorie aree agricole, aree naturali e seminaturali e aree di non suolo.

Infine, dalla sovrapposizione di ciascuno dei tre *layer* con quello delle aree agricole del 1954, si è giunti alla realizzazione dello strato informativo di sintesi con le tre tipologie di aree rurali (Figura 271):

- aree tradizionali rappresentate dalla sovrapposizione del *layer* delle aree agricole del periodo pre-industriale (1954) con quello delle aree agricole attuali (2019);
- aree dismesse risultanti dalla sovrapposizione del *layer* delle aree agricole del periodo pre-industriale (1954) con quello delle aree naturali e seminaturali attuali (2019);
- aree consumate ricavate dall'intersezione del *layer* delle aree agricole del periodo pre-industriale (1954) con quello delle aree del non suolo attuale (2019).

Analisi e perimetrazione degli usi agricoli pre-industriali e attuali

L'analisi degli usi relativa ai due periodi 1954 e 2019 è rappresentata in Figura 272 e Figura 273.

Per l'uso del suolo del 1954 è stato generato un *layer* finale avente 370 elementi poligonali ognuno dei quali è stato qualificato con le classi della legenda *Corine Land Cover*, raggiungendo, in alcuni casi, il V livello, mentre il *layer* rappresentante l'uso del suolo attuale ne contiene 2.025. Dopo l'accorpamento nelle tre macrocategorie (aree agricole, naturali e seminaturali e di non suolo) e dopo le verifiche sul campo, le voci di legenda sono risultate rispettivamente 13 per l'anno 1954 e 24 per l'attuale. Come era lecito aspettarsi, a causa del maggior dettaglio raggiunto con la fotointerpretazione delle immagini più recenti, le classi di legenda della Carta del 2019 sono risultate più numerose rispetto a quello del periodo pre-industriale (ad esempio le zone agricole eterogenee sono state differenziate in usi singoli).

Confronto tra le due epoche

Dal confronto tra gli usi delle due epoche pre e post industriale è emerso che nel 1954 le aree agricole occupavano l'81,5 % della superficie totale pari a 7.874,5 ha, le aree naturali e seminaturali occupavano il 12,1 % pari a 1.167,6 ha e le aree di non suolo si estendevano per il 6,5 % per una superficie di 624,9 ha (Figura 274).

Attualmente invece le aree agricole occupano il 48,4 % del territorio indagato pari a 4.679,1 ha, le aree naturali e seminaturali occupano il 17,6 % corrispondenti a 1.704,2 ha e le aree di non suolo occupano il 34 % pari a 3.283,7 ha (Figura 275).

Nella Tabella 166 e nella Tabella 167 sono riportate nel dettaglio le superfici occupate da ogni singolo uso rispettivamente nel 1954 e nel 2019, espresse sia in ettari che in percentuale calcolata sulla superficie di ciascuna macrocategoria di riferimento.

Come dato di sintesi si è registrato che le aree agricole hanno subito un decremento di 3.195,4 ha, mentre le aree di non suolo sono aumentate di 2.658,8 ha e quelle naturali e seminaturali hanno subito un incremento di 536,6 ha (Figura 276).

Infine, dall'*intersect* dello *shapefile* delle aree agricole del 1954 con quello delle tre macrocategorie del 2019 (agricole, naturali e seminaturali e non suolo), è stato ricavato lo strato informativo finale con l'indicazione delle tre tipologie di aree agricole: tradizionali, dismesse e consumate (Figura 277).

In conclusione, le aree agricole dell'epoca preindustriale si sono così trasformate:

- aree tradizionali: il 54,8 % continua ad avere una valenza agricola;
- aree dismesse: il 10,7 % delle aree agricole sono state abbandonate ma permangono condizioni di seminaturalità;
- aree consumate: il 34,5 % risulta attualmente occupato da infrastrutture industriali, urbane residenziali.

La loro estensione in ettari è sintetizzata in Figura 278 che riporta l'ulteriore distinzione tra ciò che è stato consumato a causa dell'attività industriale rispetto al consumo dovuto ad altre attività antropiche (urbanizzazione, attività estrattiva, etc.).

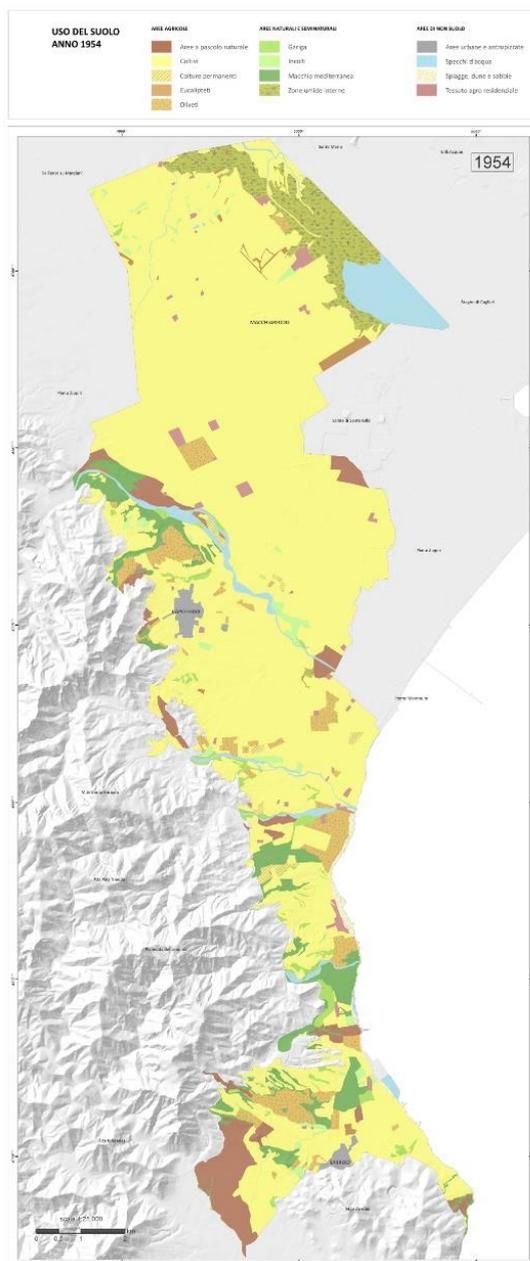


Figura 272. Carta dell'uso del suolo nel 1954

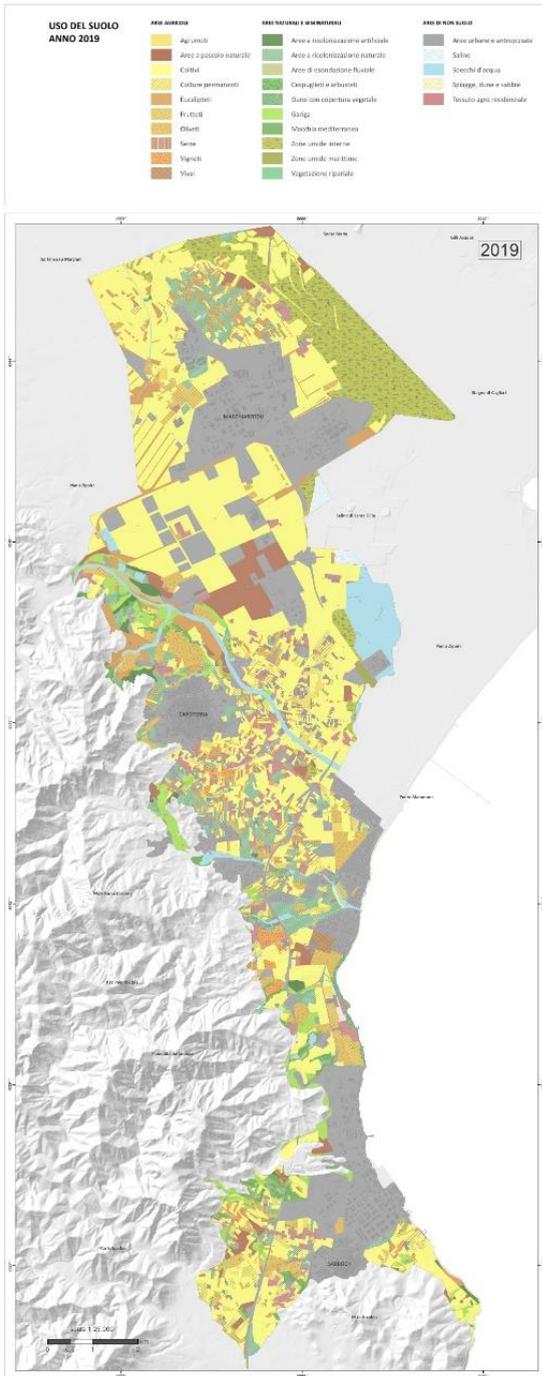


Figura 273. Carta dell'uso del suolo nel 2019

Conclusioni

La quantificazione del consumo dei suoli agricoli nell'area perindustriale di Macchiarèdu ha costituito la prima fase di attività di un progetto più articolato il cui obiettivo generale è stato quello di verificare le potenzialità produttive ancora esistenti nei suoli limitrofi ai principali poli industriali del Basso Sulcis per formulare ipotesi di riqualificazione delle aree agricole e di ripristino delle antiche attitudini culturali. I primi risultati mostrano come negli ultimi sessant'anni ci sia stata una consistente contrazione degli usi agricoli a cui è corrisposto l'incremento di suoli consumati per industrializzazione e urbanizzazione. In particolare, tra il 1954 e il 2019 le aree agricole hanno subito un decremento di 3.195,4 ettari mentre le aree consumate sono aumentate di 2.658,8 ettari su una superficie complessiva studiata pari a 9.667 ettari.

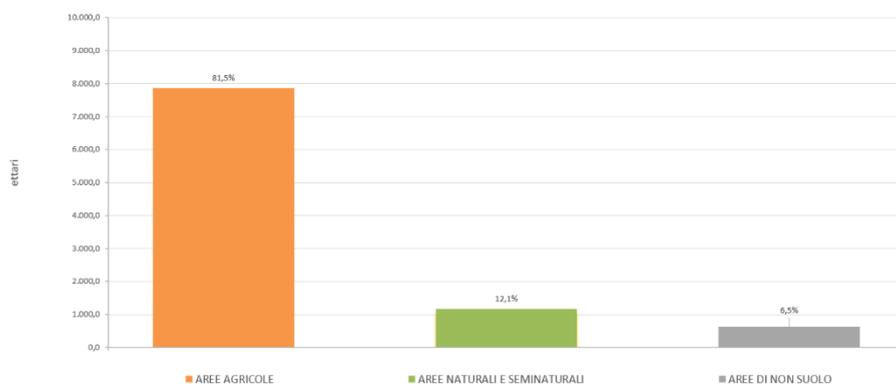


Figura 274. Superfici occupate dalle tre macrocategorie di uso del suolo nel 1954

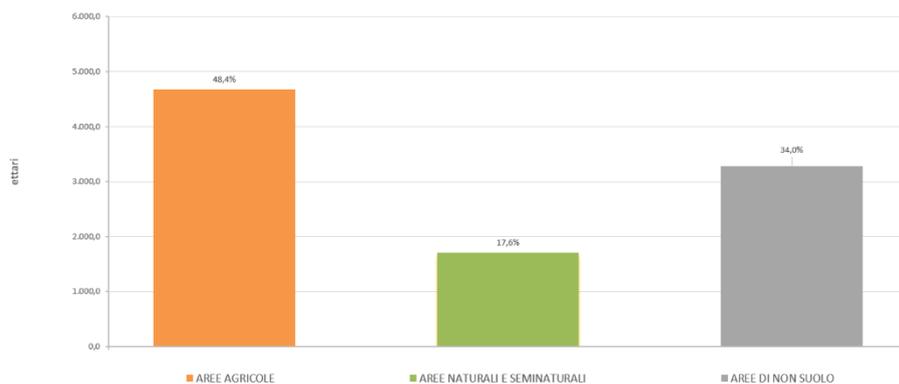


Figura 275. Superfici occupate dalle tre macrocategorie di uso del suolo nel 2019

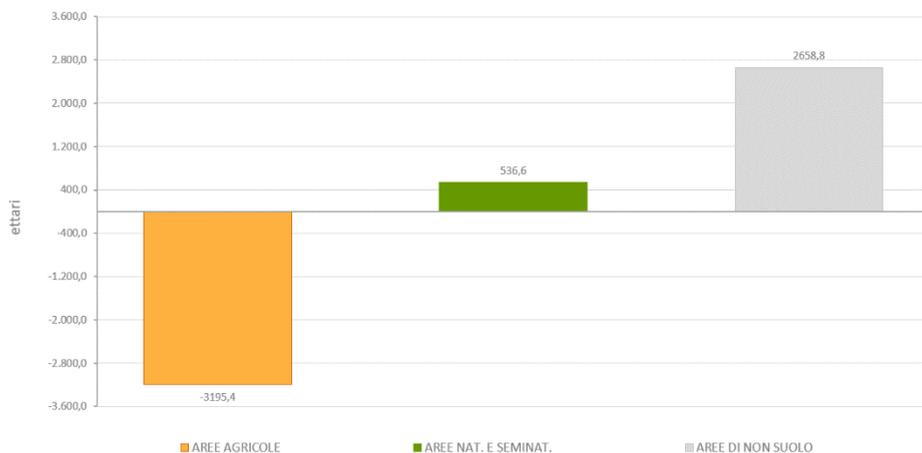


Figura 276. Variazioni in ettari delle macrocategorie di uso dal 1954 al 2019

Tabella 166. Superfici occupate dai singoli usi del suolo nell'area di Macchiarreddu nel 1954

Aree agricole			Aree naturali e seminaturali			Aree di non suolo		
Uso	ettari	%	Uso	ettari	%	Uso	ettari	%
Coltivi	6.893,6	88	Macchia mediterranea	475,2	41	Specchi d'acqua	383,3	61
Pascolo naturale	443,7	6	Zone umide interne	441,6	38	Tessuto agro-residenziale	103,8	17
Oliveti	429,5	5	Gariga	144,3	12	Urbane antropizzate	79,0	13
Eucalipteti	60,2	1	Incolti	106,4	9	Spiagge, dune e sabbie	58,7	9
Culture permanenti	47,6	1						
Superficie totale 7.874,5 ettari			Superficie totale 1.167,6 ettari			Superficie totale 624,9 ettari		

Tabella 167. Superfici occupate dai singoli usi del suolo nell'area di Macchiarreddu nel 2019

Aree agricole			Aree naturali e seminaturali			Aree di non suolo		
Uso	ettari	%	Uso	ettari	%	Uso	ettari	%
Coltivi	3.016,3	64	Zone umide interne	692,3	41	Aree urbane e antropizzate	2.563,8	78
Oliveti	389,1	8	Aree a ricolonizzazione naturale	547,9	32	Tessuto agro-residenziale	334,2	10
Eucalipteti	338,7	7	Gariga	235,8	14	Specchi d'acqua	333,1	10
Aree a pascolo naturale	285,8	6	Macchia mediterranea	98,5	6	Saline	37,2	1
Culture Permanenti	211,4	5	Ricolonizzazione artificiale	53,3	3	Spiagge, dune e sabbie	15,4	0
Vigneti	154,0	3	Cespuglieti e arbusteti	22,7	1			
Frutteti	134,3	3	Dune con copertura vegetale	19,4	1			
Serre	75,8	2	Aree di esondazione fluviale	17,8	1			
Agrumeti	51,5	1	Zone umide marittime	10,4	1			
Vivai	22,2	0	Vegetazione ripariale	6,0	0			
Superficie Totale ettari 4.679,1			Superficie Totale ettari 1.704,2			Superficie Totale ettari 3.283,7		

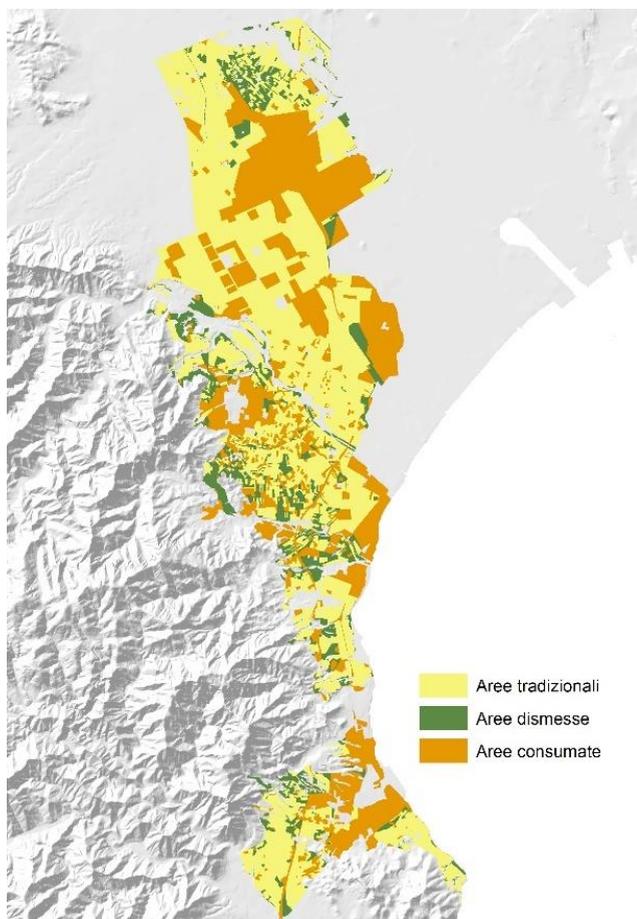


Figura 277. Carta dell'evoluzione delle aree agricole

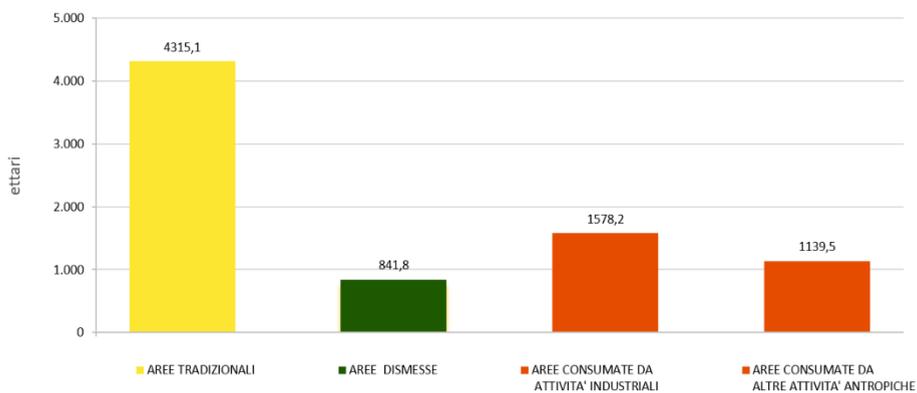


Figura 278. Evoluzione d'uso del suolo nelle due epoche 1954 e 2019

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Alberti, V., Alonso Raposo, M., Attardo, C., Auteri, D., Ribeiro Barranco, R., Batista e Silva, F., ... & Zulian, G. (2019). The future of cities: opportunities, challenges and the way forward. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI 10.2760/375209

Alewel C., M. Egli, K. Meusburger (2015), An attempt to estimate tolerable soil erosion rates by matching soil formation with denudation in Alpine grasslands. *Journal of Soils and Sediments*, 15 (6), pp. 1383-1399.

Atelli, M., Blasi, C., Boldini, G., Cignini, B., Cosenza, G., Emiliani, V., ... & Villari, P. (2018). Strategia Nazionale del Verde Urbano." Foreste urbane resilienti ed eterogenee per la salute e il benessere dei cittadini". Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Comitato per lo sviluppo del Verde. https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/strategia_verde_urbano.pdf

Andreoli A., Biagetti M., Casavola P., Venanzi D. (2017), Poverty Maps, Analisi territoriale del disagio socio-economico nelle aree urbane. Un esercizio per le 14 Città metropolitane italiane, Dipartimento per le politiche di coesione Nucleo di valutazione e analisi per la programmazione.

Altobelli F, Vargas R., Corti G., Dazzi C., Montanarella L., Monteleone A., Caon L., Piazza M.G., Calzolari C., Munafò M., Benedetti A. (2020), Improving soil and water conservation and ecosystem services by sustainable soil management practices: From a global to an Italian soil partnership. *Italian Journal of Agronomy* 2020; 15:1765.

ANPE (2022), Decalogo per la rigenerazione urbana. Parma, 12-13 maggio 2022.

Arma dei Carabinieri, CREA (2021). Le foreste italiane, sintesi e risultati del terzo Inventario Forestale Nazionale INF2015

ARPAV (2005). Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000. Osservatorio Regionale Suolo, Castelfranco Veneto (TV).

ARPAV (2018a). Carta dei suoli della provincia di Rovigo. Osservatorio Regionale Suolo, Treviso.

ARPAV (2018b). Carta dei suoli della provincia di Vicenza. Osservatorio Regionale Suolo, Treviso.

Assennato F., Di Leginio M., d'Antona M., Marinosci I., Congedo L., Riitano N., Luise A., Munafò M. (2020), Land degradation assessment for sustainable soil management. *Italian Journal of Agronomy* 2020. 15:1770.

Ballin, M., R. Chiocchini, S. Mugnoli, L. Congedo, M. Munafò (2016), in ISPRA, Integrazione tra i dati censuari Istat e la cartografia del consumo di suolo. Consumo di suolo dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, edizione 2016.

Becchetti L., Becchetti C., Naso F. (2022). *Rinnovabili subito*. Donzelli Editore, Roma.

Brinkhoff T. (2016), Open Street Map data as source for built-up and urban areas on global scale. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B4, Prague, Czech Republic. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-557-2016

Blasi C., Capotorti G., Alós Orti M.M., Anzellotti I., Attorre F., Azzella M.M., Carli E., Copiz R., Garfi V., Manes F., Marando F., Marchetti M., Mollo B., Zattero L. (2017), Ecosystem mapping for the implementation of the European Biodiversity Strategy at the national level: The case of Italy. *Environmental Science & Policy*, 78:173-184.

Blasi, L. Zattero, G. Capotorti, S. Bonacquisti, R. Copiz, E. Del Vico, L. Facioni, 2023. Lista Rossa degli Ecosistemi d'Italia. Comitato Italiano IUCN, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Italiana. https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/lista_rossa_ecosistemi_2023.pdf

Blum, W.E.H. (2005), Functions of soil for society and the environment, *Rev Environ Sci Biotechnol* 4: 75.

Bódis K., Kougiás I., Jäger-Waldau A., Taylor N., Szabó S.. A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 114 (2019) 109309.

Braca, G., Ducci, D. (2018), Development of a GIS Based Procedure (BIGBANG 1.0) for Evaluating Groundwater Balances at National Scale and Comparison with Groundwater Resources Evaluation at Local Scale. In *Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean Area*, Calvache, M.L., Duque, C., Pulido-Velazquez, D. (Eds.), Springer, January 2018.

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B., Birch, T., Hyde, S. B., Mazzariello, J., ... & Tait, A. M. (2022). *Dynamic*

World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific Data*, 9(1), 251. DOI <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01307-4>

Buchhorn, M.; Smets, B.; Bertels, L.; De Roo, B.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N.E.; Linlin, L., Tarko, A. (2020): Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Product User Manual; Zenodo, Geneva, Switzerland, September 2020

Buscardo, E., Smith, G. F., Kelly, D. L., Freitas, H., Iremonger, S., Mitchell, F. J. G., O'Donoghue, S., McKee, A. M., (2008), The early effects of afforestation on biodiversity of grasslands in Ireland. *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 1057–1072.

Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermami M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. *Geoderma*, 261, 190-203. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.013>.

Capotorti G., L. Zavattero, R. Copiz, E. Del Vico, L. Facioni, S. Bonacquisti, R. Frondoni, M. Allegrezza, F. Attorre, G. Bacchetta, E. Barni, E. Biondi, P. Brandmayr, M. S. Caccianiga, E. Carli, S. Casavecchia, B. E. L. Cerabolini, A. Chiarucci, L. Dell'Olmo, S. Fascetti, G. Fenu, D. Galdenzi, D. Gargano, L. A. Gianguzzi, F. Manes, L. Oddi, S. Orsenigo, M. Paolanti, M. S. Pinna, L. Rosati, G. Rossi, P. Sarandrea, C. Siniscalco, G. Spampinato, E. R. Tazzari, G. Tesei, R. Venanzoni, D. Viciani & C. Blasi, 2020. Implementation of IUCN criteria for the definition of the Red List of Ecosystems in Italy, *Plant Biosystems*, 154:6, 1007-1011.

Cavalli A, Francini S, Cecili G, Coccozza C, Congedo L, Falanga V, Spadoni GL, Maesano M, Munafò M, Chirici G, Scarascia Mugnozza G. (2022), Afforestation monitoring through automatic analysis of 36-years Landsat Best Available Composites. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 15: 220-228.

Cavalli A., Francini S., McRoberts R.E., Falanga V., Congedo L., De Fioravante P., Maesano M., Munafò M., Chirici G., Mugnozza G.S. (2023), Estimating Afforestation Area Using Landsat Time Series and Photointerpreted Datasets. *Remote Sensing* 2023, 15, 923.

Cecili G., De Fioravante P., Congedo L., Marchetti M., Munafò M. (2022), Land Consumption Mapping with Convolutional Neural Network: Case Study in Italy. *Land* 2022, 11, 1919.

Cecili G., De Fioravante P., Dichicco P., Congedo L., Marchetti M., Munafò M. (2023), Land Cover Mapping with Convolutional Neural Networks Using Sentinel-2 Images: Case Study of Rome. *Land* 2023, 12 879.

Chersich, S., Rejšek, K., Vranová, V., Bordoni, M., Meisina, C., (2015), Climate change impacts on the Alpine ecosystem: An overview with focus on the soil - A review. *Journal of Forest Science*, 61(11), 496–514.

Cimini A., De Fioravante P., Riitano N., Dichicco P., Calò A., Scarascia Mugnozza G., Marchetti M., Munafò, M. (2023), Land consumption dynamics and urban-rural continuum mapping in Italy for SDG 11.3.1 indicator assessment. *Land* 2023, 12, 155.

Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W., Holland E.A. (2001), Net Primary Production in Tropical Forests: An Evaluation and Synthesis of Existing Field Data, *Ecological Applications* 11(2):371-384. Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006.

Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (2022), Piano per la transizione ecologica. Delibera CITE n. 1, 8 marzo 2022.

Commissione Europea (2002), Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni. Verso una strategia tematica per la protezione del suolo - COM/2002/0179 def.

Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006.

Commissione Europea (2011), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011.

Commissione Europea (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101.

Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo.

Commissione Europea (2013b), Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa. COM(2013) 249 final.

Commissione Europea (2014), Mapping and assessment of ecosystems and their services Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 second Report – Final, February 2014.

Commissione Europea (2016), Future Brief: No net land take by 2050? April 2016.

Commissione Europea (2018), Regolamento sull'uso del suolo e la silvicoltura per il periodo 2021-2030. https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/land-use-and-forestry-regulation-2021-2030_it.

Commissione Europea (2020), Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita. COM(2020) 380 final.

Commissione Europea (2020b), Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate. Report of the Mission board for Soil health and food, Publications Office, September 2020.

Commissione Europea (2020c), VIII Programma di azione per l'ambiente fino al 2030. COM(2020) 652 final.

- Commissione Europea (2021), Strategia dell'UE per il suolo per il 2030. Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima. COM/(2021) 699 final.
- Commissione Europea (2023), Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law). COM(2023) 416 final.
- Congedo L., Sallustio L., Munafò M., Ottaviano M., Tonti D., Marchetti M. (2016), Copernicus high-resolution layers for land cover classification in Italy. *Journal Of Maps* 2016:1-11.
- Congedo L., Marinosci I., Riitano N., Strollo A., De Fioravante P., Munafò M. (2017), Monitoring of Land Consumption: an Analysis of Loss of Natural and Agricultural Areas in Italy, *Ann. Bot.*, 2017, 7: 1–9.
- Convenzione delle Alpi (1998), Protocol on Soil Conservation, 16 ottobre 1998.
- Copernicus (2018), Product User Manual Leaf Area Index (LAI) Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FAPAR) Fraction of Vegetation Cover (Fcover) Collection 300m Version 1. Issue 11.60. GIO-GL Lot1 consortium.
- Costantini E.A.C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappiè M., Lorenzetti R., Magini S. (2012), Carta dei suoli d'Italia, scala 1:1.000.000 (Soil map of Italy, scale 1:1.000.000) - S.EL.CA. Firenze, Italia.
- Corbane C., Sabo F., Syrris V., Kemper T., Politis P., Pesaresi M., Soille P., Osè K. (2020), Application of the Symbolic Machine Learning to Copernicus VHR Imagery: The European Settlement Map. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. 17.7: 1153-1157. DOI 10.1109/LGRS.2019.2942131
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387.
- De Fioravante P., Strollo A., Assennato F., Marinosci I., Congedo L., Munafò M. (2021a), High Resolution Land Cover Integrating Copernicus Products: A 2012–2020 Map of Italy. *Land* 2022, 11, 35.
- De Fioravante P., Luti T., Cavalli A., Giuliani C., Dichicco P., Marchetti M., Chirici G., Congedo L., Munafò M. (2021b), Multispectral Sentinel-2 and SAR Sentinel-1 integration for automatic land cover classification. *Land* 2021, 10(6), 611.
- De Fioravante P., Strollo A., Cavalli A., Cimini A., Smiraglia D., Assennato F., Munafò M. (2023), Ecosystem Mapping and Accounting in Italy Based on Copernicus and National Data through Integration of EAGLE and SEEA-EA Frameworks. *Land* 2023, 12, 286.
- EEA (2011), Report No 18/2011 – Green infrastructure and territorial cohesion.
- EEA (2016), Report No 8/2016 - The direct and indirect impacts of EU policies on land.
- EEA (2016b), Report No 11/2016 – Urban sprawl in Europe.
- EEA (2016), Land recycling in Europe. Approaches to measuring extent and impacts. EEA Report No 31/2016.
- EEA (2017), Landscapes in transition. An account of 25 years of land cover change in Europe, EEA Report n. 10/2017, European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2017b), Soil resource efficiency in urbanised areas. Analytical framework and implications for governance. Report n. 7/2016.
- EEA (2017c), Landscape fragmentation indicator effective mesh density (Seff).
- EEA (2018), Technical specifications for implementation of a new land-monitoring concept based on EAGLE. EEA/IDM/R0/17/003.
- EEA (2019), Thematic Content and Definitions of EAGLE Model Elements.
- EEA (2019b), The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency.
- EEA (2021), Land take and land degradation in functional urban areas, EEA Report n. 17/2021, European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2021b), Copernicus Local Land Monitoring Services – EEA/DIS/R0/18/008 Production of Very High Resolution Land Cover/Land Use dataset for Coastal Zones of the reference years 2012 and 2018. Service Contract No EEA/DIS/R0/18/008. Copernicus Land Monitoring Service – Local Component: Coastal Zones Monitoring Nomenclature Guideline Date: 15/02/2021. Issue: 1.2.
- EEA (2023), Explanatory Documentation of the EAGLE Concept. V. 3.2. European Environment Agency, Copenhagen.
- Eurostat (2021), Applying the Degree of Urbanisation. A methodological manual to define cities, towns and rural areas for international comparisons. 2021 edition. European Union, Lussemburgo.
- European Commission (2023), GHSL Data Package 2023, Publication Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/098587, JRC133256
- FAO, Food and Agriculture Organization (2001). Global Forest Resources Assessment 2000: Main report. Rome.
- FAO and ITPS (2018), Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) Technical Report. Rome.
- FAO, Food and Agriculture Organization (2020). Global Forest Resources Assessment 2000: Main report. Rome.

- Femia A., G. Monbiot (2018), *Price Less, la Natura non è Capitale*. Sbilanciamoci. <http://sbilanciamoci.info/price-less-i-concetti-di-natura-e-capitale>.
- Festa M. (a cura di) (2021), *Rapporto immobiliare 2021 il settore residenziale*. Edizione 2021.
- Festa M. (a cura di) (2021), *Rapporto immobiliare 2021 immobili a destinazione terziaria, commerciale e produttiva*. Edizione 2021.
- Florczyk A.J., Corbane C., Ehrlich D., Freire S., Kemper T., Maffellini L., Melchiorri M., Pesaresi M., Politis P., Schiavina M., Sabo F., Zanchetta L. (2019), *GHSL Data Package 2019*, EUR 29788 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Fonte C., Minghini M., Antoniou V., See L., Patriarca J., Brovelli M.A., Milcinski G. (2016), Automated methodology for converting OSM data into a land use/cover map. 6 ICC&GIS 2016 Proceedings 462 – 473. DOI 10.13140/RG.2.2.33019.92964.
- Forum Nazionale dei Movimenti per la Terra e il Paesaggio “Salviamo il Paesaggio - Difendiamo i Territori”, (2018). *Proposta di legge d’iniziativa popolare. Norme per l’arresto del consumo di suolo e per il riuso dei suoli urbanizzati*.
- Francini S, D’Amico G, Vangi E, Borghi C, Chirici G. (2022). Integrating GEDI and Landsat: Spaceborne Lidar and Four Decades of Optical Imagery for the Analysis of Forest Disturbances and Biomass Changes in Italy. *Sensors*. 22(5):2015.
- Francini S, McRoberts RE, Giannetti F, Marchetti M, Scarascia Mugnozza G, Chirici G (2021). The three indices three dimensions (3i3D) algorithm: a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 42 (12):4697-4715.
- Governo Italiano (2021), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NextGenerationItalia*. Italia Domani.
- Guerri G., Crisci A., Messeri A., Congedo L., Munafò M., Morabito M. (2021), Thermal summer diurnal hot-spot analysis: the role of local urban features layers. *Remote Sensing* 2021
- Guerri G., Crisci A., Cresci I., Congedo L., Munafò M., Morabito M. (2022), Residential Buildings’ Real Estate Values Linked to Summer Surface Thermal Anomaly Patterns and Urban Features: A Florence (Italy) Case Study. *Sustainability* 2022, 14, 8412.
- Guerrieri L., Blumetti A.M., Di Manna P., Serva L., Vittori E. (2009), The exposure of urban areas to surface faulting hazard in Italy: a quantitative analysis. *Boll. Soc. Geol. It. (Ital.J.Geosci.)*, Vol. 128, No. 1, 179-189.
- Guerrieri L., Blumetti A.M., Comerci V., Di Manna P., Michetti A.M., Vittori E., Serva L. (2015), Surface Faulting Hazard in Italy: Towards a First Assessment Based on the ITHACA Database. In *Engineering Geology for Society and Territory*-Volume 5 (pp. 1021-1025). Springer International Publishing.
- Hengl, T., De Jesus, J. M., Heuvelink, G. B. M., Gonzalez, M. R., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, 12(2).
- IPCC (2022), *Climate Change 2022, Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*.
- ISPRA (2015), *Annuario dei dati ambientali - Edizione 2014*.
- ISPRA (2018), *Mappatura e valutazione dell’impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo ISPRA-SNPA 2018*. Annesso metodologico. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici.-edizione-2018>
- ISPRA (2021), *Carta nazionale dei principi sull’uso sostenibile del suolo*, Report Soil4Life Life GIE/IT/000477.
- Jaeger, J.A.G. (2000), Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. – *Landscape ecology* 15(2): 115-130.
- Konijnendijk, C. C. (2023). Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule. *Journal of forestry research*, 34(3), 821-830.
- Kumar P., ed. (2010), *TEEB-The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB): Ecological and Economic Foundations*, Earthscan, London.
- Lal, R. (2015), Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* 2015, 7, 5875-5895.
- Luti T., De Fioravante P., Marinosci I., Strollo A., Riitano N., Falanga V., Mariani L., Congedo L., Munafò M. (2021), Land Consumption Monitoring with SAR Data and Multispectral Indices. *Remote Sensing* 2021, 13, 1586.
- Maddalena P. (2014), *Il territorio, bene comune degli italiani. Proprietà collettiva, proprietà privata e interesse pubblico*, Donzelli Editore, Roma.
- Maes J., et al., 2018. Mapping and assessment of ecosystems and their services: an analytical framework for ecosystem condition. ISBN: 978-92-79-74288-0. Printed by OP, Luxembourg.
- Manes F., Marando F., Capotorti G., Blasi C., Salvatori E., Fusaro L., Ciancarella L., Marchetti M., Chirici G., Munafò M. (2016), Regulating Ecosystem Services of Forests in the ten Italian Metropolitan Cities: Air quality improvement by PM₁₀ and O₃ removal. *Ecological Indicators* 67 (2016) 425–440.
- Mastrososa S., Crosetto M., Congedo L., Munafò M. (2018), Land consumption monitoring: an innovative method integrating SAR and optical data, *Environmental Monitoring and Assessment* 2018 Sep 14;190(10):588.

- Mastrorosa S., Crespi M., Congedo, L., Munafò M. (2023), Land Consumption Classification Using Sentinel 1 Data: A Systematic Review. *Land* 2023, 12, 932.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), *Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile*, approvata dal CIPE il 22 dicembre 2017.
- Ministero della Transizione Ecologica (2022), *Strategia Nazionale Biodiversità 2030*, 14 aprile 2022.
- Montanarella L., Panagos P. (2021), The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal, *Land Use Policy*, Volume 100, 2021, 104950.
- Morabito M., Crisci A., Messeri A., Orlandini S., Raschi A., Maracchi G., Munafò M. (2016), The impact of built-up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of The Total Environment* 551–552 2016:317–326.
- Morabito, M.; Crisci, A.; Georgiadis, T.; Orlandini, S.; Munafò, M.; Congedo, L.; Rota, P.; Zazzi, M. (2018), Urban Imperviousness Effects on Summer Surface Temperatures Nearby Residential Buildings in Different Urban Zones of Parma. *Remote Sensing*, vol. 10.
- Morabito M., Crisci A., Guerri G., Messeri A., Congedo L., Munafò M. (2021), Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences. *Science of the Total Environment* 751(2021)-142334.
- Moser, B., Jaeger, J.A.G., Tasser, E., Eiselt, B., Tappeiner, U. (2007), Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22, pp 447–459.
- Munafò M., Tombolini I. (2014). Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2014. ISPRA Rapporti 195/2014.
- Munafò M., Assennato F., Congedo L., Luti T., Marinosci I., Monti G., Riitano N., Sallustio L., Strollo A., Tombolini I., Marchetti M. (2015), Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2015. ISPRA Rapporti 218/2015.
- Munafò M. (a cura di) (2016), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2016*. Rapporti ISPRA 248/2016.
- Munafò M. (a cura di) (2017), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017*. Rapporti ISPRA 266/2017.
- Munafò M. (a cura di) (2018), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018*. Rapporti ISPRA 288/2018.
- Munafò M., Marinosci I. (a cura di) (2018), *Territorio, Processi e trasformazioni in Italia*. Rapporti ISPRA 296/2018.
- Munafò M. (a cura di) (2019), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2019*. Report SNPA 08/2019.
- Munafò M. (a cura di) (2020), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2020*. Report SNPA 15/2020.
- Munafò, M. (a cura di) (2021), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2021. Report SNPA 22/2021.
- Munafò, M. (a cura di) (2022), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2022. Report SNPA 32/2022.
- Napoli R., Paolanti M., Di Ferdinando S. (A cura di) (2019), *Atlante dei Suoli del Lazio*. ARSIAL Regione Lazio.
- Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling, W.G. Sombroek (1991), *World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note*. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre; Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Olivari, B., Cipriano, P., Napolitano, M., & Giovannini, L. (2023). Are Italian cities already 15-minute? Presenting the Next Proximity Index: A novel and scalable way to measure it, based on open data. *Journal of Urban Mobility*, 4, 100057. DOI <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100057>
- Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N.C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F.M.S., Ramirez, K.S., Scheu, S., Singh, B.K., Six, J., van der Putten, W.H., Wall, D.H. (Eds.), (2016), *Global Soil Biodiversity Atlas*. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Panagos P., C. Ballabio, P. Borrelli, K. Meusburger, A. Klik, *et al.* (2015), Rainfall erosivity in Europe *Science of Total Environment*, 511 (2015), pp. 801-814.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental science & policy*, 54, 438-447.
- Parlamento europeo e Consiglio (2013), *Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»*, GUUE, L 354, 28.12.2013: 171-200.
- Parlamento europeo (2021), *Risoluzione del Parlamento europeo sulla protezione del suolo n. 2021/2548(RSP)*, April 2021.

- Pavia R. (2019), *Tra suolo e clima, La terra come infrastruttura ambientale*, Roma.
- PCM Cabina di Regia Spazio (2016), *Piano Strategico Space Economy. Quadro di posizionamento nazionale* http://www.agenziacoesione.gov.it/opencms/export/sites/dps/it/documentazione/S3/Piani_strategici/all_6_Piano_Strategico_Space_Economy_master_13052016_regioni_final.pdf
- Peroni F., Pappalardo S.E., Facchinelli F., Crescini E., Munafò M., Hodgson M.E., De Marchi M. (2022) How to map soil sealing, land take and impervious surfaces? A systematic review. *Environmental Research Letters* 17(2022) 053005.
- Pesaresi, Martino; Politis, Panagiotis (2023): GHS-BUILT-H R2023A - GHS building height, derived from AW3D30, SRTM30, and Sentinel2 composite (2018). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] doi: 10.2905/85005901-3A49-48DD-9D19-6261354F56FE PID: <http://data.europa.eu/89h/85005901-3a49-48dd-9d19-6261354f56fe>.
- Pesaresi, M., Huadong, G., Blaes, X., Ehrlich, D., Ferri, S., Gueguen, L., Halkia, M., Kauffmann, M., Kemper, T., Lu, L., Marin-Herrera, M.A., Ouzounis, G.K., Scavazzon, M., Soille, P., Syrris, V., Zanchetta, L. (2013), A Global Human Settlement Layer from Optical HR/VHR RS Data: Concept and First Results. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 6, 2102–2131.
- Pileri P. (2017), *Persistente e inefficiente: così è il consumo di suolo nel Paese*. ISPRA (2017), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017*.
- Pileri P. (2018), *100 parole per salvare il suolo: piccolo dizionario urbanistico-italiano*, Altreconomia, Milano.
- Pileri P., F. Assennato, C. Calzolari, P. Giandon, M. Marchetti, D. Marino, E. Morri, D. Pettenella, L. Sallustio, L. Salvati, R. Santolini, F. Terribile, F. Ungaro, I. Vinci, M. Munafò (2018), *La sfida dei servizi ecosistemici alla cultura della monetizzazione e della compensazione*. In: ISPRA, 2018, *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018*.
- Pileri P. (2022), *L'intelligenza del suolo. Piccolo atlante per salvare dal cemento l'ecosistema più fragile*. Altreconomia, Milano.
- Ponce-Campos, G. E., Moran, M. S., Huete, A., Zhang, Y., Bresloff, C., Huxman, T. E., ... & Starks, P. J. (2013). Ecosystem resilience despite large-scale altered hydroclimatic conditions. *Nature*, 494(7437), 349-352.
- Ramani A., Bloom N. (2021), *The donut effect: How COVID-19 shapes real estate*, SIEPR Policy brief.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y.A., Ritchie, J.C., Sobecki, T.M., Bloodworth, H., 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116, 61-76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6).
- Rawls, W. J., and Brakensiek, D. L., 1985. Prediction of Soil Water Properties for Hydrologic Modeling. In: *Proceedings of the American Society of Civil Engineers Watershed Management in the Eighties Symposium*, American Society of Civil Engineers, New York, pp 293-299.
- Reddy, S.M.W., McDonald, R.I., Maas, S., Rogers, A., Girvetz, A., North, E.H., Molnar, J., Finley, J., Leathers, T., L. DiMuro, G., J, 2015. Finding solutions to water scarcity: incorporating ecosystem service values into business planning at The Dow Chemical Company's Freeport, TX facility. *Ecosyst. Serv.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.001>.
- Regione Lombardia (2018), *Delibera C.R. 19/12/2018, n. XI/411. Approvazione delle controdeduzioni alle osservazioni all'integrazione al piano territoriale regionale adottata con d.c.r. x/1523 del 23 maggio 2017 e della dichiarazione di sintesi finale. Approvazione dell'integrazione del Piano Territoriale Regionale ai sensi della l.r. 31/2014 (articolo 21, comma 4, l.r. 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio)*.
- Renard K.G., et al. (1997), *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Agricultural Handbook 703)* US Department of Agriculture, Washington, DC, p. 404.
- Riitano N., Dichicco P., De Fioravante P., Cavalli A., Falanga V., Giuliani C., Mariani L., Strollo A., Munafò M. (2020), *Land Consumption in Italian Coastal Area*. *Environmental Engineering and Management Journal* 19(2020), 10, 1857-1868.
- Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S. and Marucci, A. (2017), "Sprinkling: An approach to describe urbanization dynamics in Italy", *Sustainability (Switzerland)*, Vol. 9 No. 1.
- Romano B., Zullo F., Marucci A., Fiorini L., 2018. *Vintage Urban Planning in Italy: Land Management with the Tools of the Mid-Twentieth Century*. *Sustainability*, 10, 4125.
- Romano B., Fiorini L., Marucci A. (2019), *Italy without Urban 'Sprinkling'. A Uchronia for a Country that Needs a Retrofit of Its Urban and Landscape Planning*. *Sustainability* 11, 3469.
- Rosina K., Silva F.B., Vizcaino P., Marin Herrera M., Freire S. e Schiavina M. (2020) Increasing the detail of European land use/cover data by combining heterogeneous data sets, *International Journal of Digital Earth*, 13:5, 602-626. DOI: 10.1080/17538947.2018.1550119
- Rusco E., Filippi N., Marchetti M. and Montanarella L. (2003), *Carta Ecopedologica d'Italia*. IES, CCR, CE, EUR 20774 IT, 2003.
- Sallustio L., De Toni A., Strollo A., Di Febraro M., Gissi E., Casella L., Geneletti D., Munafò M., Vizzarri M., Marchetti M.

- (2017), Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy, *Journal of Environmental Management* 201(2017) 129-137.
- Saganeiti L., Pilogallo A., Scorza F., Mussuto G., Murgante B. (2018), Spatial indicators to evaluate urban fragmentation in Basilicata Region. Springer, Cham, pp. 100–112.
- Schillaci C., Jones A., Vieira D., Munafò M., Montanarella L. (2022), Evaluation of the Sustainable Development Goal 15.3.1 Indicator of Land Degradation in the European Union. *Land Degradation & Development*.
- Settis S. (2010). *Paesaggio Costituzione cemento. La battaglia per l'ambiente contro il degrado civile*. Einaudi, Torino.
- Siegel S., J. Castellan, (1992). *Statistica non parametrica*. McGraw-Hill Education.
- Sims, N. C., Green, C., Newnham, G., England, J., Held, A., Wulder, M., ... & McKenzie, N. (2017). Good practice guidance. *SDG Indicator*, 15(1), 115.
- Solimando, D. 2016. Canale emiliano-romagnolo: il beneficio irriguo nel 2015. *Rivista Agricoltura – Periodico della Regione Emilia-Romagna*, Febbraio - Marzo 2016 Anno 44, n.2-3, pp. 20-21.
- Spadoni, G. L., Cavalli, A., Congedo, L., Munafò, M., (2020). Analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) multi-temporal series for the production of forest cartography. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20.
- Strollo A., Smiraglia D., Bruno R., Assennato F., Congedo L., De Fioravante P., Giuliani C., Marinosci I., Riitano N., Munafò M. (2020), A Map of Land Consumption in Italy, *Journal of Maps*, 16:1, 113-123.
- Tarquini S., Vinci S., Favalli M., Doumaz F., Fornaciai A., Nannipieri L. (2012), Release of a 10-m-resolution DEM for the Italian territory: Comparison with global-coverage DEMs and anaglyph-mode exploration via the web, *Computers & Geosciences*, 38, 168-170.
- Tarquini S., I. Isola, M. Favalli, A. Battistini, G. Dotta, (2023). TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 meters cell size (Version 1.1). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/tinitaly/1.1>.
- Toledo, C.; Scognamiglio, A. *Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns)*. *Sustainability* 2021, 13, 6871. <https://doi.org/10.3390/su13126871>
- Trends.Earth. Conservation International. Disponibile online su: <http://trends.earth>. 2022.
- Trigila A., Iadanza C., Bussetini M., Lastoria B. (2018) *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2018*. ISPRA, Rapporti 287/2018.
- Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussetini M., Barbano A. (2021) *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021*. ISPRA, Rapporti 356/2021.
- Tsendbazar, N.E., Tarko, A., Linlin, L., Herold, M., Lesiv, M., Fritz, S., Maus, V.; (2020); Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Validation Report; Zenodo, Geneva, Switzerland, September 2020.
- UN (2012), *The Future We Want, A/RES/66/288*, United Nations.
- UN (2014), *World urbanization prospects: The 2014 revision*, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, NY.
- UN (2015), *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1*, United Nations.
- UNCCD (2016), *Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015. Part two: Actions. ICCD/COP(12)/20/Add.1*, United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn. <http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop12/20add1eng.pdf>.
- UNCCD (2017), *Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area*, https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-10/Good%20Practice%20Guidance_SDG%20Indicator%2015.3.1_Version%201.0.
- UNCCD (2021), *Good Practice Guidance SDG Indicator 15.3.1 Proportion of land that is degraded over total land area, Version 2.0*. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.
- UN DESA (2019), *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nation Department of Economic and Social Affairs Population Division, New York. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>
- Ungaro, F., Calzolari, C., Busoni, E., (2005). Development of pedotransfer functions using a group method of data handling for the soil of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy. *Water retention properties*. *Geoderma* 124, 293–317. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.05.007>.
- UNSD (2022), *Indicator 15.3.1 Metadata: Proportion of land that is degraded over total land area*. Disponibile al sito: <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/>
- Veldman, J. W., Overbeck, G. E., Negreiros, D., Mahy, G., le Stradic, S., Fernandes, G. W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F. E., Bond, W. J., (2015) *Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services*. *BioScience*, 65(10), 1011–1018.
- Vrebos, D., Bampa, F., Creamer, R., Gardi, C., Ghaley, B., Jones, A., Ruteger, M., Sauden, T., States, J. & Meire, P.

(2017). The impact of policy instruments on soil multifunctionality in the European Union. *Sustainability*, 9(3), 407.

Wischmeier W., D. Smith (1978), *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. Agricultural Handbook No. 537 U.S. Department of Agriculture, Washington DC, USA.

World Bank (2012). *Inclusive Green Growth. The Pathway to Sustainable Development*, The World Bank, Washington, DC, USA.

Zanaga D, Van De Kerchove R, Daems D, De Keersmaecker W, Brockmann C, Kirches G, Wevers J, Cartus O, Santoro M, Fritz S, Lesiv M, Herold M, Tsensbazar N E, Xu P, Ramoino F, Arino O, 2022. *ESA WorldCover 10 m 2021 v200*.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEL COMITATO SCIENTIFICO

Indicatori del consumo di suolo (SDG 11.3.1). Collaudo di applicabilità nella pianificazione comunale

Arora N. K., Mishra I. (2019). United Nations Sustainable Development Goals 2030 and environmental sustainability: race against time. *Environmental Sustainability*, 2(4):339-342.

Barbier E.B., Burgess J. C. (2017). The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability. *Economics*, 11(1):20170028. doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2017-28

Bexell M., Jönsson K. (2017). Responsibility and the United Nations' sustainable development goals. In *Forum for development studies* 44(1):13-29). Routledge

Calka B., Orych A., Bielecka E., Mozurionaitė S. (2022). The ratio of the land consumption rate to the population growth rate: A framework for the achievement of the spatiotemporal pattern in Poland and Lithuania. *Remote Sensing*, 14(5), 1074.

Camagni R., Micelli E., Moroni S. (2014). Diritti edificatori e governo del territorio: verso una perequazione urbanistica estesa? *Introduzione. Scienze regionali*, (2014/2).

Chaopeng L., Guoyin C., Mingyi D. (2021). Big Data Supported the Identification of Urban Land Efficiency in Eurasia by Indicator SDG 11.3.1. *International Journal of Geo-Information* 10(2):64. doi:10.3390/ijgi10020064

Chen Z., Xu B., Devereux B. (2014). Urban landscape pattern analysis based on 3D landscape models. *Applied Geography* 55:82-91.

Colglazier W. (2015). Sustainable development agenda: 2030. *Science*, 349(6252):1048-1050.

Cutini V., Di Pinto V., Rinaldi A. M., Rossini F. (2019). Informal Settlements Spatial Analysis Using Space Syntax and Geographic Information Systems. In: *International Conference on*

Computational Science and Its Applications:343-356. Springer, Cham.

Dembski S., Hartmann T., Hengstermann A., Dunning R. (2020). Introduction Enhancing understanding of strategies of land policy for urban densification. *The Town Planning Review* 91(3):209-216. doi:10.3828/tpr.2020.12

Ewing R., Hamidi S. (2015). Compactness versus sprawl: A review of recent evidence from the United States. *Journal of Planning Literature* 30(4):413-432.

Filpa A, Romano B. (Eds.) (2003). *Pianificazione e reti ecologiche*, Planeco, p. 300, Gangemi Ed., Roma. ISBN 88-492-0487-6

Filpa A., Lenzi S. (Eds.) (2013). *Riutilizziamo l'Italia, Rapporto* 2013. WWF, 274 p., Roma.

Fiorini L., Marucci A., Zullo F., Romano B. (2019). Indicator engineering for land take control and settlement sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Volume 217:437-446, WIT Press, 2018, ISSN 1743-3541. doi:10.2495/SDP180391

Fiorini L., Zullo F., Marucci A., Di Dato C., Romano B. (2021). Planning Tool Mosaic (PTM). A platform for Italy, a country without a strategic framework. *Land* 10(3), 279. doi 10.3390/land10030279

Hepp P., Somerville C., Borisch B. (2019). Accelerating the United Nation's 2030 Global Agenda (No. ARTICLE).

Leal Filho W., Azeiteiro U., Alves F., Pace P., Mifsud M., Brandli L., Caeiro S.S., Disterheft A. (2018). Reinvigorating the sustainable development research agenda: the role of the sustainable development goals (SDG). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 25(2):131-142 doi 10.1080/13504509.2017.1342103

Lin B., Meyers J., Barnett G. (2015). Understanding the potential loss and inequities of green space distribution with urban densification. *Urban forestry & Urban Greening* 14(4):952-958. doi.org/10.1016/j.ufug.2015.09.003

Lv Z. Q., Dai F. Q., Sun C. (2012). Evaluation of urban sprawl and urban landscape pattern in a rapidly developing region. *Environmental monitoring and assessment* 184(10):6437-6448.

Manganelli B., Murgante B., Saganelli L. (2020). The Social Cost of Urban Sprinkling. *Sustainability* 12, 2236. doi.org/10.3390/su12062236

Micelli E. (2012), *La gestione dei piani urbanistici: perequazione, accordi, incentivi*. Marsilio Editori spa.

Mudau N., Mwaniki D., Tsoeleng L., Mashalane M., Beguy D., & Ndugwa R. (2020). Assessment of SDG indicator 11.3. 1 and urban growth trends of major and small cities in South Africa. *Sustainability*, 12(17), 7063.

- Munafò M., Marinosci I. (2018). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Rapporto 2018. ISPRA, p. 280, Roma.
- Munafò M. (a cura di) (2021). Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2021. Report SNPA 22/21, p.371.
- Romano B., Zullo F., Fiorini L., Marucci A. (2019). Molecular no smart-planning in Italy 8000 municipalities in action throughout the country. *Sustainability* 11, 6467. doi:10.3390/su11226467
- Romano B., Sette C., Zullo F., Montaldi C. (2023). Patterns of urban compactness: indicators of balance between built-up area and voids. *Current Urban Studies* 11:179-193 doi: <https://doi.org/10.4236/cus.2023.111009>
- Romano B., Zullo F., Saganeiti L., Montaldi C. (2023). Evaluation of cut-off values in the control of land take in Italy towards the SDGs 2030. *Land Use Policy* 130 (2023) 106669. doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106669.
- Ronchi S., Arcidiacono A., Pogliani L. (2020). Integrating green infrastructure into spatial planning regulations to improve the performance of urban ecosystems. Insights from an Italian case study. *Sustainable Cities and Society*, 53, 101907. doi.org/10.1016/j.scs.2019.101907.
- Saganeiti L., Mustafa A., Teller J., Murgante B. (2021). Modeling urban sprinkling with cellular automata. *Sustainable Cities and Society*, 65, 102586. doi.org/10.1016/j.scs.2020.102586.
- Salata S., Ronchi S., Arcidiacono A. (2017). Mapping air filtering in urban areas. A Land Use Regression model for Ecosystem Services assessment in planning. *Ecosystem Services*, 28(C):341-350. doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.009.
- Vergnes A., Pellissier V., Lemperiere G. (2014). Urban densification causes the decline of ground-dwelling arthropods. *Biodivers Conserv* 23:1859-1877. doi.org/10.1007/s10531-014-0689-3
- Vittorini M. (2001). Recupero e riqualificazione dei centri storici del Comitatus Aquilanus, Vol.III, p. 285-302, Andromeda Ed., Teramo
- Green Hydrogen Infrastructure: valutazione dell'idoneità dei suoli*
- Ali F., Bennui A., Chowdhury S., & Techato K. (2022). Suitable Site Selection for Solar-Based Green Hydrogen in Southern Thailand Using GIS-MCDM Approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116597>
- Alqaderi M. B., Emar W., & Saraereh O. A. (2018). Concentrated solar power site suitability using GIS-MCDM technique taken UAE as a case study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(4), 261-268. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090440>
- Dagdougui H., Ouammi A., & Sacile R. (2011). A regional decision support system for onsite renewable hydrogen production from solar and wind energy sources. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(22), 14324-14334. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.08.050>
- Hoelzen J., Silberhorn D., Zill T., Bensmann B., & Hanke-Rauschenbach R. (2022). Hydrogen-powered aviation and its reliance on green hydrogen infrastructure – Review and research gaps. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(5), 3108-3130. <https://doi.org/10.1016/j.IJHYDENE.2021.10.239>
- Las Casas G., Scorza F., & Murgante B. (2019). Razionalità a priori: Una proposta verso una pianificazione antifragile. *Scienze Regionali*, 18(2), 329-338. <https://doi.org/10.14650/93656>
- Murgante B., Borruso G., & Lapucci A. (2011). Sustainable development: Concepts and methods for its application in urban and environmental planning. *Studies in Computational Intelligence*, 348, 1-15. https://doi.org/10.1007/978-3-642-19733-8_1
- Scorzelli R., Rahmani S., Telesca A., Fattoruso G., Murgante B. (2023). Spatial Multi-criteria Analysis for Identifying Suitable Locations for Green Hydrogen Infrastructure, O. Gervasi et al. (Eds.): ICCSA 2023 Workshops, LNCS 14107, pp. 1-16, https://doi.org/10.1007/978-3-031-37114-1_33
- Valutazione dell'effetto della costruzione di un'autostrada sulla Land Surface Temperature da dati termici di Landsat: un caso di studio nella Città Metropolitana di Milano*
- Bokaie M., Zarkesh M. K., Arasteh P. D., Hosseini A. (2016). Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/ Land Cover in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 23, pp. 94-104.
- Heavyside C., Macintyre H., Vardoulakis S. (2017). The Urban Heat Island: Implications for Health in a Changing Environment. *Current Environmental Health Reports*, 4 (3), pp. 296-305.
- Weng Q., Lu D. (2008). A sub-pixel analysis of urbanization effect on land surface temperature and its interplay with impervious surface and vegetation coverage in Indianapolis, United States. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10 (1), pp. 68-83.
- Leaf Area Index per l'analisi dei Servizi Ecosistemici e relazione con il consumo di suolo*
- Board M. A. (2005). Millennium ecosystem assessment. Washington, DC: New Island, 13, 520.
- EC (2021a). EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back in our lives. Brussels.
- EC (2021b). EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Brussels.

EC (2022). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration. Brussels.

EEA (2021). Costs of Air Pollution from European industrial facilities 2008 – 2017.

García-Nieto A. P., Geijzendorffer I. R., Baró F., Roche P. K., Bondeau A., & Cramer W. (2018). Impacts of urbanization around Mediterranean cities: Changes in ecosystem service supply. *Ecological Indicators*, 91, 589-606.

IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

Italia Domani (2020). Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza. Disponibile online: <https://www.governo.it/sites/governo.it/files/PNRR.pdf>

Manes F., Incerti G., Salvatori E., Vitale M., Ricotta C., Costanza R. (2012). Urban ecosystem services: tree diversity and stability of tropospheric ozone removal. *Ecological Applications*, 349-360, 22;

Manes F., Marando F., Capotorti G., Blasi C., Salvatori E., Fusaro L., Ciancarella L., Mircea M., Marchetti M., Chirici G., Munafò M. (2016). Regulating Ecosystem Services of forests in ten Italian Metropolitan Cities: air quality improvement from PM10 and O3 pollution. *Ecological Indicators*, 67, 425-440.

Marando F., Salvatori E., Sebastiani A., Fusaro L., & Manes F. (2019). Regulating ecosystem services and green infrastructure: Assessment of urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy. *Ecological Modelling*, 392, 92-102.

Marando F., Heris M. P., Zulian G., Udías A., Mentaschi L., Chrysoulakis N., & Maes J. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564.

MITE (2021). Piano di forestazione urbana ed extraurbana. Disponibile online:

https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/PNRR_piano_forestazione.pdf

Morakinyo T. E., Kong L., Lau K. K. L., Yuan C., & Ng E. (2017). A study on the impact of shadow-cast and tree species on incanyon and neighborhood's thermal comfort. *Building and Environment*, 115, 1-17.

Nardella L., Sebastiani A., Stafoggia M., Franzese P. P., & Manes F. (2023). Modelling PM10 removal in three Italian coastal Metropolitan Cities along a latitudinal gradient. *Ecological Modelling*, 483, 110423.

Orioli R., Antonucci C., Scortichini M., Cerza F., Marando F., Ancona C., Manes F., Davoli M., Michelozzi P., Forastiere F.,

Cesaroni G., (2019). Exposure to Residential Greenness as a Predictor of Cause-Specific Mortality and Stroke Incidence in the Rome Longitudinal Study. *Environmental Health Perspectives* 127(2), 27002.

Petsch D. K., Cioneck V. D. M., Thomaz S. M., & Dos Santos N. C. L. (2023). Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiologia*, 850(12-13), 2563-2584.

Roeland S., Moretti M., Amorim J. H., Branquinho C., Fares S., Morelli F., & Calfapietra C. (2019). Towards an integrative approach to evaluate the environmental ecosystem services provided by urban forest. *Journal of Forestry Research*, 30, 1981-1996.

Sebastiani A., Marando F., & Manes F. (2021). Mismatch of Regulating Ecosystem Services for sustainable urban planning: PM10 removal and urban heat island effect mitigation in the Municipality of Rome (Italy). *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126938. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126938>

Sebastiani A., Salvati R., & Manes F. (2023). Comparing Leaf Area Index estimates in a mediterranean forest using field measurements, Landsat 8, and Sentinel-2 data. *Ecological Processes*, 12(1), 1-13.

UN (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations.

Vignoli F., De Luca C., & Tondelli S. (2021). A spatial ecosystem services assessment to support decision and policy making: The case of the city of Bologna. *Sustainability*, 13(5), 2787.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI/TAVOLI TECNICI

Regione Veneto

ARPAV (2022). Carta della capacità d'uso dei suoli (LCC) in scala 1:250.000. Osservatorio Regionale Suolo, Castelfranco Veneto (TV).

Gruppo di lavoro del MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA - DIPARTIMENTO PER L'ENERGIA (2022), Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici.

<https://www.regione.veneto.it/web/rete-degli-urp-del-veneto/dettaglio-news?articleId=13662720>

<https://bur.regione.veneto.it/BurvServices/Pubblica/Dettaglio-Legge.aspx?id=481082>

<https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/bando-demolizioni>

https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/manuali-e-schede/2018_capacita_uso_suoli.pdf/@@display-file/file

<https://www.alpine-space.eu/project/plantconnect/>

Regione del Veneto (2020), PTRC 2020 | Piano Territoriale Regionale di Coordinamento della Regione del Veneto, Relazione illustrativa, "Indirizzi del PTRC per la politica del territorio rurale", pp. 123-125

ARPA Veneto

ARPAV (2022) Consumo di suolo nella Regione Veneto - edizione 2022 <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/soolo/file-e-allegati/documenti/consumo-di-suolo/consumo-di-suolo-nella-regione-veneto-nel-2021.pdf/@@display-file/file>

<https://www.trafficfile.com/welsh-town-left-on-road-to-nowhere-after-cardiff-scraps-new-bypasses/>

<https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/contenimento-consumo-di-suolo>

<https://www.italianostra.org/sezioni-e-consigli-regionali/veneto/bassano-del-grappa/adoptare-la-terra-per-non-morire-di->

[capannoni-a-san-lazzaro-di-bassano-del-grappa-oltre-2-milioni-di-mc-nuovi/](#)

Regione Lazio (ARSIAL)

Napoli R., Paolanti M., Di Ferdinando S. (A cura di) (2019) *Atlante dei Suoli del Lazio*. ARSIAL Regione Lazio. ISBN 978-88-904841-2-4.

Regione Sardegna (AGRIS Sardegna)

D.M. 28/10/2016. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare – Ridefinizione della perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale «Sulcis - Iglesiente - Guspinese». (GU Serie Generale n.267 del 15-11-2016)

EEA (2006). *Corine Land Cover*. https://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17

Munafò M. (2022), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2022. Report SNPA 32/22

