

COMUNE DI ALESSANDRIA

PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO "LE FONTANETTE" - VALMADONNA

ALLEGATO 07

Relazione geologica

Committente:

BIO CALORE ENERGY SOCIETA' AGRICOLA A R.L.

Progettista: Arch. Maurizio Carozzi

Gennaio 2022



COMUNE DI ALESSANDRIA

Provincia di Alessandria

PROPONENTE: Bio Calore Energy Società agricola a R.L. con sede in Alessandria

OGGETTO: *Completamento Piano Esecutivo Convenzionato (P.E.C.)
"Le Fontanette", in Frazione Valmadonna del Comune di Alessandria.*



Rif. Uff. 788/21

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA - SISMICA

ai sensi del D.M. 17/01/2018 e delle N.T.A. del P.R.G.C.

Bistagno, li 01/02/2022

Il geologo incaricato:

Visto il Progettista:

Visto il Proponente:



INDICE GENERALE

1. PREMESSE.....	2
1.1. OGGETTO E FINALITA'.....	2
1.2. INTERVENTO IN PROGETTO.....	2
1.3. UBICAZIONE DEL SITO.....	2
1.4. POSIZIONE DELL'AREA SULLO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE.....	3
1.5. METODOLOGIA DI INDAGINE	3
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	3
2.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	3
2.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	5
2.3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	6
3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	6
3.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE.....	6
3.2. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA.....	8
3.3. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	10
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	12
4.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	12
4.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE (METODO SEMPLIFICATO).....	14
4.3 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (ESCLUSIONE).....	17
5. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI GEOTECNICHE.....	18
5.1. VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE	18
5.1.1. AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	19
5.2.2. RISULTANZE DELLA VERIFICHE.....	19
6. CONCLUSIONI.....	20

ALLEGATO 1 **ESTRATTO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE**

ALLEGATO 2 **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

ALLEGATO 3 **INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA**

ALLEGATO 4 **PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI**

ALLEGATO 5 **VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE**

- Situazione attuale (Ante Operam)
- Situazione di progetto (Post Operam)

ALLEGATO 6 **ELABORATI GRAFICI**

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|----------------|
| • TAV. 1 | Corografia con tematismi SIFraP | Scala 1:10.000 |
| • TAV. 2 | Planimetria indagini e interventi | Scala 1:1000 |
| • TAV. 3A, 3B, 3C | Sezioni geologiche interpretative | Scala 1:250 |
| • TAV. 4 | Documentazione fotografica | |

1. PREMESSE

1.1. OGGETTO E FINALITA'

La presente indagine è stata eseguita al fine di:

- definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni siti in Frazione Valmadonna del Comune di Alessandria, interessati dal completamento del Piano Edilizio Convenzionato “Le Fontanette”.
- verificare la compatibilità delle opere previste in relazione alla situazione geologica locale.

Essa contempla gli aspetti previsti dalle normative vigenti in merito quali:

- *D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni";*
- *N.T.A. Strumento urbanistico del Comune di Alessandria – P.R.G.C. 1990 – III Variante strutturale 2007.*

1.2. INTERVENTO IN PROGETTO

Il proponente, Bio Calore Energy Società agricola a r.l., intende procedere al completamento del Piano Edilizio Convenzionato (P.E.C.) “Le Fontanette”.

L'intervento prioritario consiste nella realizzazione delle opere di urbanizzazione, necessarie per la futura edificazione dei lotti ancora disponibili.

L'opera di urbanizzazione avente maggiore incidenza dal punto di vista geologico-geotecnico è rappresentata dalla strada di accesso interna con area di manovra-rotatoria alla sua estremità. Dato che il tracciato si sviluppa lungo un tratto di versante avente acclività non trascurabile e per contenere il più possibile gli spazi occorrenti, si rendono necessarie opere di sostegno e/o contenimento sia della scarpata di valle, sia della scarpata di monte.

La presente trattazione contempla gli aspetti generali e delle opere di urbanizzazione dell'area. Pertanto risulteranno necessari ulteriori approfondimenti (di carattere sia geognostico, sia geotecnico) in fase esecutiva di edificazione degli edifici anche in considerazione delle opere di contrasto di competenza di ciascun lotto (es, muri di sostegno a monte e terre armate a valle), in questa fase solo ipotizzati (cfr. opere in colore arancio su Sezioni geologiche interpretative di Tavv. 3 dell'Allegato n. 6).

Per ulteriori dettagli si rimanda alla consultazione delle documentazione di progetto a firma del geom. Danilo Gandini con studio tecnico in Bistagno (AL).

1.3. UBICAZIONE DEL SITO

L'area oggetto di intervento è situata nella zona nord-occidentale del territorio del Comune di Alessandria, in frazione Valmadonna, lungo la Strada vicinale delle Fontanette.

Sulla Cartografia Ufficiale in scala 1:100.000 ricade sul Foglio 70 “Alessandria”, mentre sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 insiste sulla Sez. 176040 alle seguenti coordinate

geografiche (Datum WGS84): Lat.= 44°,96987, Long. = 8,60953 (centro Area PEC), ad una quota media 120 m s.l.m.m.

1.4. POSIZIONE DELL'AREA SULLO STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

Sulla zonizzazione geologica riportata sulle tavole dello Strumento urbanistico comunale (cfr. Allegato n. 1 – Elaborati geologici III^a Variante Strutturale 2007 – *Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*), l'area di intervento ricade in Classe I**Ib** definita come: *"Pericolosità geologica: Settori di versante ad acclività medio/moderata, talora localizzati al margine dei settori acclivi e/o potenzialmente instabili. Prescrizioni: Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe IIa (Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che illustri le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e le condizioni di stabilità dell'area e individui se necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo), ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagine geognostica e a specifiche verifiche di stabilità del versante"*.

1.5. METODOLOGIA DI INDAGINE

La presente trattazione si basa sulle risultanze di:

- un rilevamento geologico di dettaglio per un notevole intorno;
- un'indagine geognostica costituita da quattro prove penetrometriche dinamiche continue di tipo medio e da due prove di sismica passiva a stazione singola;
- la consultazione della documentazione geologica a corredo dello Strumento urbanistico comunale.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

2.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

Il substrato litoide presente nell'area in esame è costituito dai terreni pliocenici di origine sedimentaria (ambiente marino) appartenenti alla Formazione delle *Argille di Lugagnano*, composta da *argille marno-sabbiose grigio-azzurre con possibili intercalazioni di banchi di sabbie*, così come risulta dalla Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 F. 70 "Alessandria" (cfr. Illustrazione n.1). Tale Formazione sedimentaria appartiene ad una più ampia sequenza deposizionale che si è protratta dall'Oligocene inf. (circa 33 m.a.) al Pliocene sup. (1,8 m.a.) e che ha interessato buona parte dell'attuale Piemonte meridionale e nota in letteratura come Bacino Terziario Piemontese (B.T.P.).

La giacitura degli strati rocciosi è verosimilmente immergente verso sud con inclinazione di alcuni gradi rispetto all'orizzontale. In tale considerazione l'ammasso roccioso si presenta in corrispondenza del settore di versante interessato, con disposizione a *traverpoggio* (strati trasversali al pendio).

L'ammasso roccioso almeno nella parte più superficiale (primi metri) risulta molto alterato (cfr. Allegato n. 2 – Prove penetrometriche dinamiche eseguite).



Illustrazione 1: Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 – F.70 Alessandria. Estratto ingrandito alla scala 1:25.000. L'area di intervento è evidenziata con un contorno rosso.

In corrispondenza della zona di intervento, il substrato risulta sormontato da una coltre incoerente di medio spessore (stimabile in circa 2-3 m – Cfr. Allegato n.2 - Stratigrafie presunte prove penetrometriche dinamiche eseguite) di genesi verosimilmente eluvio-

*colluviale*¹, caratterizzata da una granulometria essenzialmente limoso-sabbiosa con possibile presenza di scheletro di frammenti litici del substrato. Localmente possono essere presenti terreni di riporto.

2.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il sito di intervento si colloca nella porzione basale del versante con esposizione Est del promontorio individuato sulla cartografia con il toponimo di Bric Garone (quota sommità 168 m s.l.m.). L'area del PEC comprende settori con acclività diverse (cfr. Sezioni geologiche interpretative di TAV. 3 dell'Allegato n.6); in tal senso si possono distinguere tre fasce: una basale subpianeggiante o a modesta acclività, una sommitale ad acclività medio-moderata (valori di inclinazione prossimi ai 15°) e una intermedia, di raccordo tra le due precedenti, ad acclività medio-elevata (valori di inclinazioni compresi tra 20 e 27°).

Dal rilevamento di dettaglio, non sono emersi elementi di carattere geomorfologico che inducano a considerare l'area in oggetto coinvolta in dissesti di tipo gravitativo (movimenti franosi) profondi e di grossa estensione. Inoltre sia sulle tavole geologiche dello Strumento urbanistico comunale (cfr. Allegato 1 - Estratto Carta di Sintesi), sia dalla banca dati SIFraP² (cfr. Allegato n.6 - Tav.1) non vengono segnalati movimenti franosi coinvolgenti la zona di interesse. Vi è da segnalare solo una potenziale instabilità della coltre superficiale in corrispondenza della fascia intermedia ad acclività maggiore, come tra l'altro emerso dalle verifiche di stabilità globale nelle condizioni attuali (cfr. paragrafo 4.1 e Allegato n.5 – Verifica n.1, *Ante Operam*).

Il reticolo idrografico, in corrispondenza della zona urbanizzata di Valmadonna (come è evidenziato anche sulla Cartografia dello Strumento urbanistico comunale - Cfr. Allegato n.1), risulta completamente antropizzato e quasi completamente tombinato e converge nell'elemento idrico che a valle della Frazione prende il nome di Rio del Longine. Nell'area di interesse quindi l'elemento idrico principale è rappresentato dalla tombinatura che verosimilmente fiancheggia la sede ferroviaria della linea Alessandria-Milano (cfr. Allegato n.6, Tav.2) avente direzione di flusso verso sud.

Problematiche di carattere idrologico-idraulico legate all'eventuale inefficienza degli elementi idrografici di cui sopra, verosimilmente con dovrebbero interessare direttamente l'area del PEC in questione, trovandosi quest'ultima, anche nella sua fascia basale, a quota decisamente più elevata. Non si possono però escludere eventuali corrivazioni idriche di superficie, in caso di piogge di forte intensità e durata, provenienti dal settore versante posto a monte.

¹ formatesi oltre che dall'alterazione del substrato anche dalla deposizione di particelle terrigene trasportate dalle acque di corrivazione superficiale.

²Il SIFraP nasce come estensione del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato tra il 2002 ed il 2005, nonché come sviluppo dell'ultraventennale patrimonio di conoscenze del Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche nel campo dei fenomeni franosi. Il SIFraP è curato da un gruppo di funzionari tecnici all'interno del Centro per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte ed i suoi obiettivi sono essenzialmente quelli di integrare, sviluppare ed aggiornare costantemente la base dati relativa all'inventario dei fenomeni franosi in Piemonte e rendere una sempre maggiore percentuale dei dati di cui sopra disponibili in rete tramite servizio WebGIS

2.3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'idrogeologia a bassa profondità dell'area è principalmente condizionata dalla sostanziale differenza di permeabilità tra i terreni incoerenti superficiali (coltre incoerente superficiale) ed il sottostante substrato litoide (impermeabile relativo).

Per tale ragione, in occasione di periodi particolarmente piovosi, è possibile che si impostino contatti dei due elementi deflussi idrici subcorticali di carattere temporaneo con direzione di flusso diretta secondo la pendenza topografica, con maggiore concentrazione in corrispondenza delle morfologie impluviali.

Al momento delle indagini (giugno 2021), in corrispondenza delle prove penetrometriche dinamiche effettuate che hanno raggiunto presumibilmente il substrato sufficientemente conservato, non è stata rilevata la presenza di acqua libera nel terreno.

La falda acquifera di tipo permanente è da ricercarsi a diversi metri di profondità, all'interno del substrato.

3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

La stratigrafia e le caratteristiche geotecniche puntuali dei terreni oggetto di intervento sono state esplorate con il supporto di n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (cfr. posizione su Allegato 6, Tavv. 2 e 3).

Le prove sono state effettuate con penetrometro dinamico di tipo medio mod. *Deep Drill DM30* attrezzato con punta da 10 cm². Le relative caratteristiche tecniche sono riportate, unitamente al tabulato della prove eseguite, all'interno dell'*Allegato 2* a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

La resistenza media del terreno, in assenza di ostacoli ed impedimenti locali, è direttamente proporzionale al numero di colpi (N_{10}) del maglio necessari per una infissione di 10 cm della punta del penetrometro. Tale dato è stato rapportato, mediante un fattore di correzione strumentale (coefficiente teorico di energia), al numero dei colpi $N_{(30)}$ della prova Standard SPT (Standard Penetration Test).

Le prove hanno raggiunto una profondità di 3,0m (P1), di 5,50m (P2), di 2,0m (P3) e di 3,20 (P4) e sono state protratte fino al “rifiuto all'avanzamento” della punta dello strumento (50colpi/10cm); rifiuto dovuto alla presenza di terreni particolarmente compatti identificabili come *substrato* litoide sufficientemente conservato.

Le stratigrafie presunte riscontrate nelle prove e riportate nelle schede dell'*Allegato n. 2*, vengono riassunte nelle seguenti tabelle:

Prova penetrometrica 1				
Ubicazione: base scarpata – dalla Sezione n.1				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-2,70	Terreni incoerenti superficiali (Limi sabbiosi)	Poco addensato	5,11
2	2,70-3,00	Substrato alterato (argille marno-sabbiose)	Moderatamente addensato	28,03

Prova penetrometrica 2				
Ubicazione: apice scarpata – dalla Sezione n.1				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-3,80	Terreni incoerenti superficiali (Limi sabbiosi)	Poco addensato	7,23
2	3,80-5,50	Substrato alterato (argille marno-sabbiose)	Moderatamente addensato	25,98

Prova penetrometrica 3				
Ubicazione: base scarpata – dalla Sezione n.2				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-1,50	Terreni incoerenti superficiali (Limi sabbiosi)	Poco addensato	5,16
2	1,50-2,00	Substrato alterato (argille marno-sabbiose)	Addensato	30,04

Prova penetrometrica 4				
Ubicazione: apice scarpata – dalla Sezione n.2				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-2,50	Terreni incoerenti superficiali (Limi sabbiosi)	Poco addensato	6,13
2	2,50-3,20	Substrato alterato (argille marno-sabbiose)	Moderatamente addensato	27,04

Nelle prove, sino alla profondità di investigazione non è riscontrato la presenza di acqua libera nel terreno (falda acquifera).

3.2. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

A complemento dell'indagine geognostica si sono effettuate due prove di sismica passiva H/V al fine di ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e sulle velocità delle onde S (di taglio).

La prova H/V consiste nella misurazione del *microtremore ambientale*³ nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze per mezzo di un registratore sismico (tromografo o tromometro).

La strumentazione utilizzata per la registrazione è costituita da un tromografo digitale (TROMINO della MICROMED S.p.a) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati sul piano orizzontale (N-S e E-W) e sul piano verticale (Up-Down). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz ritenuta la più indicata per la tipologia di indagine⁴.

Per l'Analisi spettrale delle tracce e la modellazione si è utilizzato uno specifico software dedicato (Grilla della MICROMED S.p.a), conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME.

Di seguito viene descritto il procedimento e vengono espresse considerazioni relative al sito in esame (prove effettuate in prossimità delle prove penetrometriche P1 e P2 – cfr. posizione su Allegato n.6, Tav.2). Per i dettagli grafici e numerici relativi alla prova si rimanda alla consultazione dell'Allegato n. 3.

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica⁵, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=Vs/4h$ (formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato.

La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

3 detto anche *rumore sismico*, sono movimenti minimi (nell'ordine di $10^{-2} - 10^{-6}$ mm) del terreno presenti in qualsiasi punto della superficie terrestre, e consiste per lo più nelle onde di superficie (onde di Rayleigh e onde di Love) prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare, ma anche (alle frequenze più alte) da sorgenti di carattere antropico come ad esempio industrie e traffico veicolare.

4 “Tromino” può essere utilizzato anche per applicazioni ingegneristiche su strutture quali analisi modali e analisi di vibrazioni

5 Si ha risonanza stratigrafica quando si è in presenza di terreni di copertura con spessore superiore a tre metri su di un substrato rigido.

Infatti e' proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale (cfr. Figura 1 su Allegato n.2) che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza⁶ significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti – cfr. Allegato 3 Figura 2).

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza, che solitamente coincide con il picco principale.

Per le due prove eseguite le frequenze fondamentali rilevate (cfr. illustrazioni 2 e 3) sono:

Prova H/V S1 (Sezione n.1) = 15,16 Hz

Prova H/V S2 (Sezione n.2) = 31,72 Hz

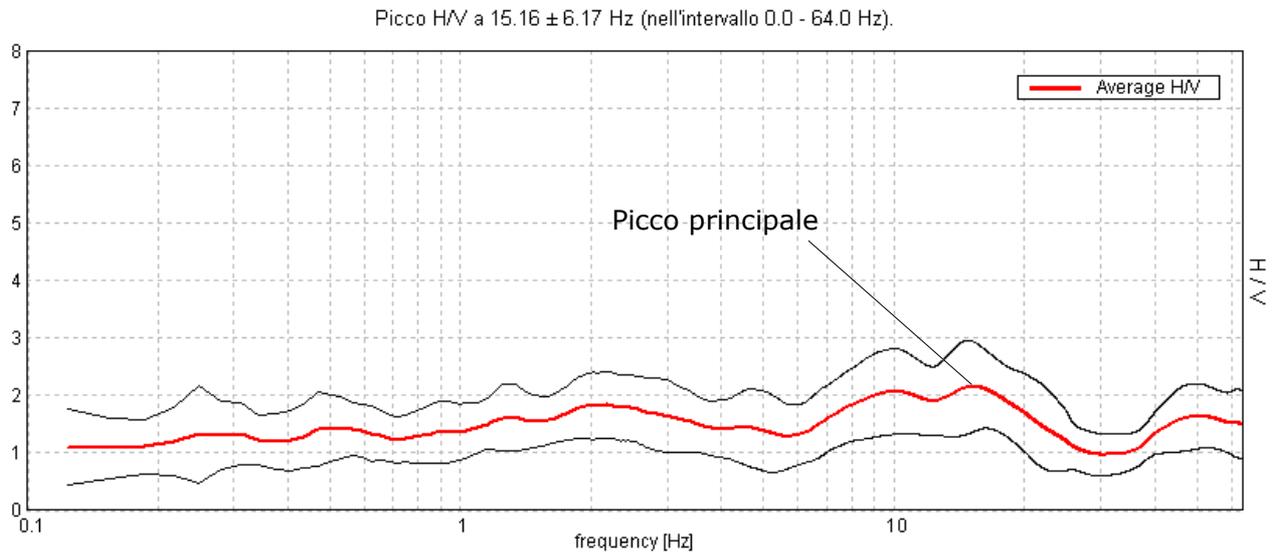


Illustrazione 2: Grafico rapporto spettrale orizzontale su verticale relativo alla prova H/V 1

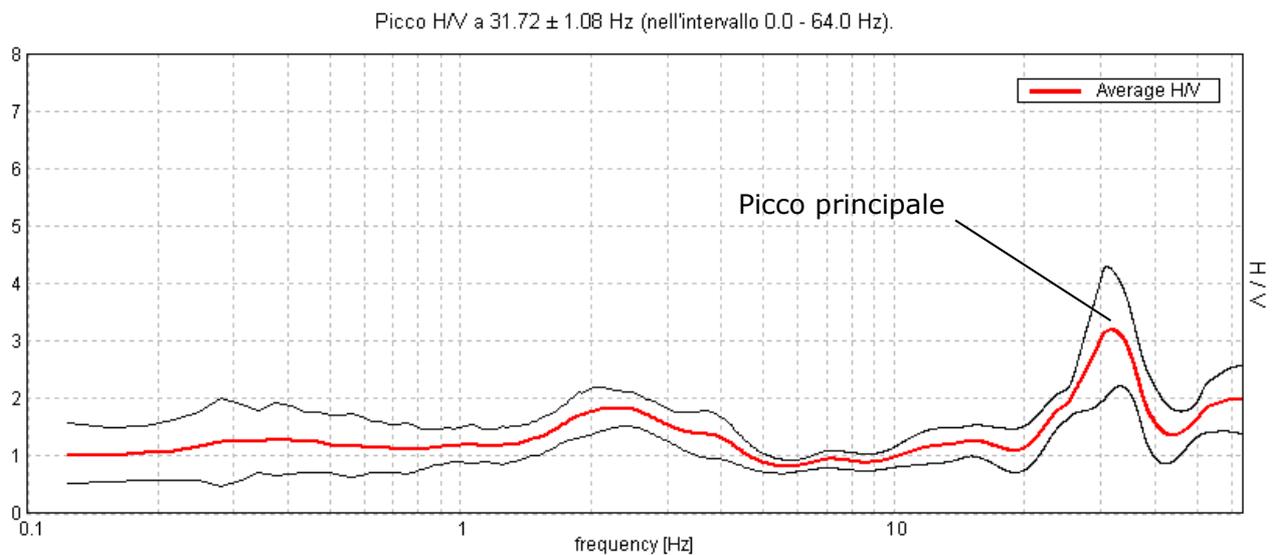


Illustrazione 3: Grafico rapporto spettrale orizzontale su verticale relativo alla prova H/V 2

⁶ Rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso

La differenza di frequenza fondamentale tra le due prove è da mettere in relazione al diverso spessore⁷ dei terreni incoerenti al di sopra del substrato litoide in corrispondenza delle due verticali di indagine (cfr. successiva interpretazione stratigrafico sismica).

Le curve sperimentali H/V sono state successivamente "fittate"⁸ (cfr. Figg. 4 dell'Allegato 2) fornendo i modelli stratigrafico-sismici dell'andamento di Vs con la profondità riassunto nelle seguenti tabelle:

PROVA S1 (eseguita in prossimità della prova penetrometrica P1)

Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreni incoerenti	2.70	2.70	170	0.35	18
Substrato litoide	-	-	350	0.35	21

$$V_{s_{eq(0.0-30.0)}} = 320 \text{ m/s}$$

PROVA S2 (eseguita in prossimità della prova penetrometrica P3)

Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreni incoerenti	1.50	1.50	190	0.35	18
Substrato litoide	-	-	420	0.35	21

$$V_{s_{eq(0.0-30.0)}} = 396 \text{ m/s}$$

Dai profili stratigrafico-sismici sono stati ricavati i relativi valori del parametro $V_{S_{30}}$ ⁹ (riporti sotto ogni tabella) attraverso la formula (media ponderata):

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

Ai valore riportati può essere attribuito un margine di errore massimo del +/- 30%.

3.3. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

I valori dei parametri geotecnici sono stati ricavati in modo empirico attraverso relazioni note dalla bibliografia corrente che utilizzano essenzialmente il valore N_{spt} ottenuto nelle prove penetrometriche di cui al paragrafo 3.1.

⁷ Ad alte frequenze competono basse profondità, a basse frequenze profondità maggiori.

⁸ In gergo significa *adattare* approssimando il più possibile la curva del modello teorico con quella sperimentale (misurata)

⁹ La legislazione antisismica (NTC2018) adotta come parametro fondamentale per la stima degli effetti di sito la velocità media delle onde di taglio (Vs) dei terreni posti al disopra del substrato sismico (roccia con Vs non inferiore a 800 m/sec). Se la profondità di tale substrato risulta superiore a 30m, viene considerata la Vs dei primi 30m (Vs30)

Esistono varie formule empiriche in letteratura e quelle indicate di seguito e che sono state utilizzate (condizioni drenate), a parere dello scrivente, sono quelle che meglio si adattano alle condizioni della zona studiata.

Angolo di attrito (ϕ)

Formula di *Owasaki & Iwasaki (1959)* - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie

$$\phi' = (20N_{spt})^{0,5} + 15$$

Modulo edometrico (Ed)

Formula di *Menzebach e Malcev*

relazione per sabbia fine = $Ed [kg/cm^2] = 3,54 N_{spt} + 38$

Peso di volume naturale

Formula di Meyerhof ed altri.

Nella progettazione geotecnica occorre fare riferimento al “valore caratteristico”, che secondo le indicazioni del D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche sulle Costruzioni) deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite¹⁰ considerato.

Per la determinazione del “valore caratteristico” relativo a ciascun parametro geotecnico si è scelto un approccio probabilistico (cfr. Allegato n.4) delle grandezze misurate (derivanti dall'elaborazione del numero di colpi riferito ad ogni 10 cm profondità della prova penetrometrica eseguita).

L'Eurocodice⁷ indica come probabilità di non superamento la soglia del 5% (quinto percentile)¹¹. La scelta di tale valore (cautelativo) è coerente con le indicazioni degli eurocodici e della normativa nazionale (NTC 2018).

Occorre inoltre fare una distinzione, ossia se ci si trova di fronte o meno a compensazione delle resistenze del terreno. Più chiaramente si ha compensazione delle resistenze quando in un intervento è coinvolto un elevato volume di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità (es. capacità portante fondazioni con ampia superficie di appoggio quali travi rovesce o platee sufficientemente rigide, verifiche di stabilità globale); in tal caso il valore caratteristico scelto dovrà essere prossimo a quello medio (o meglio corrispondente al 5° percentile della media) misurato all'interno del volume significativo. Viceversa non si ha compensazione quando è coinvolto un volume ristretto di terreno (es. capacità portante di fondazioni isolate come i plinti, verifica a scorrimento nei muri di sostegno); in tal caso il valore caratteristico dovrà essere assunto prossimo a quello minimo (5° percentile della “popolazione”).

Per quanto riguarda la stima del peso di volume si ritiene corretto assumere il valore medio (ricavato dal N_{spt} medio di ciascun strato) senza ricorrere ad elaborazione di tipo statistico.

Sulla scorta dell'indagine geognostica è stato possibile definire un profilo stratigrafico-geotecnico rappresentato da due UNITA' LITOLOGICHE (o litotecniche) a cui si propone di

¹⁰ per stato limite si intende una particolare condizione di cimento di un'opera nella quale si raggiunge uno stato (insieme di sollecitazione e di spostamento) tale da compromettere un particolare aspetto funzionale dell'opera.

¹¹ valore al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei risultati ottenibili da una serie illimitata di prove

associare i seguenti parametri geotecnici caratteristici elaborati statisticamente all'interno dell'Allegato n.4:

Unità Litologica I: Terreni incoerenti indifferenziati					
<i>Resistenze</i>	<i>Peso di volume</i> [kN/m ³] γ_k	<i>Angolo di resistenza al taglio</i> [°] φ_k	<i>Coesione drenata</i> [kPa] c_k	<i>Modulo edometrico</i> [kPa] E_{dk}	N_{SPT}
Non Compensate	17,50	24,83	0	4391	1,91
Compensate	17,50	26,72	0	5710	5,72

Unità Litologica II: Substrato alterato					
<i>Resistenze</i>	<i>Peso di volume</i> [kN/m ³] γ_k	<i>Angolo di resistenza al taglio</i> [°] φ_k	<i>Coesione drenata</i> [kPa] c_k	<i>Modulo edometrico</i> [kPa] E_{dk}	N_{SPT}
Non Compensate	21	32,36	0	9870	17,70
Compensate	21	34,15	0	12538	25,39

Per la conoscenza dell'andamento stratigrafico delle Unità litologiche riportate occorre fare riferimento alle sezioni geologiche interpretative riportate sull'Allegato n.6, Tavv. 3A, 3B e 3C che costituiscono i modelli geologici-geotecnici di riferimento l'area di intervento.

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

4.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una “pericolosità sismica di base” in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di sottosuolo “A” e categoria topografica “T1” nelle NTC). Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni - tabella 1) fornisce, per tutto il territorio nazionale, una griglia di valori (in dipendenza delle coordinate geografiche del punto) relativamente ai seguenti parametri che definiscono lo spettro di risposta elastico, necessario per la determinazione delle azioni sismiche:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione 7orizzontale.

Tali parametri assumono diversi valori a seconda del periodo di ritorno (T_R) dell'azione sismica a sua volta legato alla vita di riferimento dell'opera strutturale (V_R – cfr. § 2.4.3 NTC-18) e allo stato limite (cfr. § 3.2.1 NTC-18) considerato (cfr tabella c.3.2.I NTC sottostante).

Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(\dagger) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni} (\dagger)$

Di seguito si riportano i parametri relativi al sito e all'opera strutturale in esame ricavati attraverso una specifica applicazione software (PS Advanced della GEOSTRU Srl):

COORDINATE GEOGRAFICHE SITO (Datum:WGS84)

Latitudine [°]	44°,9698677
Longitudine [°]	8°,6095343
Zona sismica (D.G.R. 30 dic. 2019, n. 6-887)	3

DATI RELATIVI ALL'OPERA STRUTTURALE¹²

Dato	Valore	Descrizione
Vita nominale opera strutturale V_N [anni]	≥ 50	2. Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Coefficiente d'uso C_U :	1,0	II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Vita di riferimento per l'azione sismica V_R [anni]	50	$V_R = V_N \times C_U$

¹² Tali dati sono stati assunti dallo scrivente in base agli elementi progettuali in possesso. Eventuali variazioni potranno essere apportate dal progettista in base alle proprie considerazioni.

PARAMETRI SISMICI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO PER Tr ASSEGNATI

Stato limite		Tr [anni]	g [g]	Fo [-]	Tc* [s]
di esercizio (SLE)	Operatività (SLO)	30	0,018	2,527	0,161
	Danno (SLD)	50	0,023	2,506	0,191
Ultimo (SLU)	Salvaguardia della vita (SLV)	475	0,052	2,580	0,279
	Prevenzione collasso (SLD)	975	0,065	2,603	0,292

4.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE (metodo semplificato)

L'azione sismica, individuata nelle modalità di cui al paragrafo precedente, viene variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali (amplificazione stratigrafica) e dalla morfologia della superficie (amplificazione topografica). Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Per un sito le cui condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sull'assegnazione di coefficienti di amplificazione predefiniti in base alla categoria di sottosuolo e a condizioni topografiche semplificate.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato ad una categoria di sottosuolo ed una categoria topografica, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S \cdot \eta$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V NTC08) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI NTC),

e η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione : $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione (generalmente si assume $\xi = 5\%$ e quindi $\eta = 1$).

Altri parametri atti a definire le caratteristiche dello spettro elastico di risposta in accelerazioni delle componenti orizzontali del sito sono:

Ascisse (T=periodo di vibrazione)

$T_c = C_c \cdot T_c^*$ Periodo inizio tratto a velocità costante dove T_c^* è lo stesso periodo riferito al sito di riferimento rigido e C_c è un coefficiente in dipendenza della categoria di sottosuolo assegnata.

$T_b = T_c/3$ Periodo inizio tratto ad accelerazione costante

$T_D = 4,0a_g/g + 1,6$ Periodo inizio tratto a spostamento costante

Ordinate ($S_e(T)$ =accelerazione spettrale orizzontale)

$$0 \leq T < T_b \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

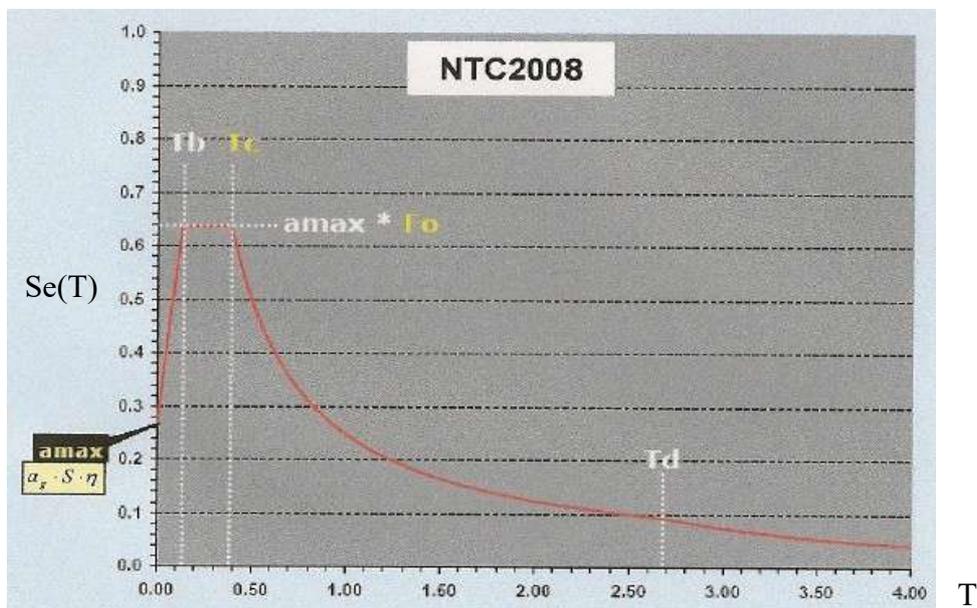


Illustrazione 3: Indicazione parametri spettro di risposta elastico

Di seguito si riportano i parametri assegnati al sito in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC-18)

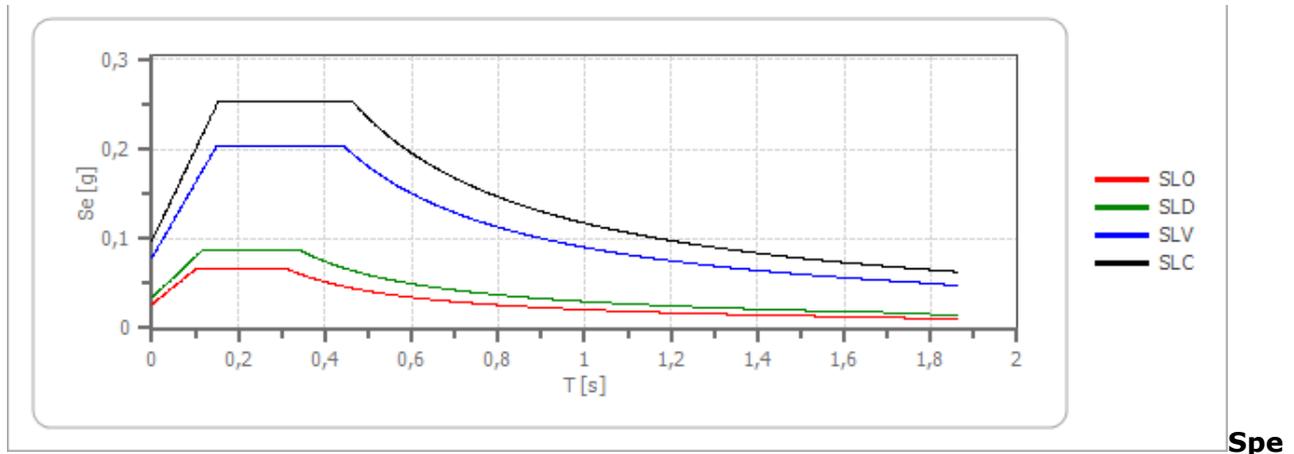
Categoria	Descrizione	Amplificazione stratigrafica S_s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato ¹³ superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	1,5

Tale categoria è stata assunta a seguito della valutazione del parametro $V_{s_{eq(0-30)}}$ (cfr. paragrafo 3.2.2)

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (§ 3.2.2 NTC-18)

Categoria	Descrizione	Amplificazione topografica S_T
T1	Inclinazione media del versante < di 15°	1

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (§ 3.2.3 NTC-18)



ttro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5 \%$

Fattore che altera lo spettro elastico $\eta = 1,000$

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,018	2,527	0,161	1,500	1,920	1,000	1,500	1,000	0,103	0,309	1,671	0,027	0,067
SLD	1,0	0,023	2,506	0,191	1,500	1,810	1,000	1,500	1,000	0,115	0,346	1,692	0,034	0,086
SLV	1,0	0,052	2,580	0,279	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,446	1,809	0,078	0,202
SLC	1,0	0,065	2,603	0,292	1,500	1,580	1,000	1,500	1,000	0,154	0,462	1,860	0,098	0,254

13 Roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

COEFFICIENTI SISMICI PER AZIONI DI PROGETTO

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,005	0,007	0,016	0,020
kv	0,003	0,003	0,008	0,010
amax [m/s ²]	0,260	0,337	0,769	0,956
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,016	0,030	--
kv	--	0,008	0,015	--
amax [m/s ²]	0,260	0,337	0,769	0,956
Beta	--	0,470	0,380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,016	0,030	--
kv	--	0,008	0,015	--
amax [m/s ²]	0,260	0,337	0,769	0,956
Beta	--	0,470	0,380	--

4.3 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (esclusione)

I siti oggetto di edificazione devono essere stabili nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche (eventi sismici di una certa entità) che agiscono in condizioni non drenate. Il sito in esame rientra nelle casistiche¹⁴ previste dal D.M.17.01.2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione in quanto l'insorgere di tale circostanza è da considerarsi alquanto remota.

Più precisamente le accelerazioni massime attese in superficie (in condizioni di *free field*) risultano inferiori a di 0,1 g (punto 1 paragrafo 7.11.3.4.2 NTC2018) in riferimento allo stato limite SLV, come risulta dalla “valutazione dell'azione sismica” di cui al paragrafo precedente ($a_{max} = Se(0)_{SLV} = 0,078g$).

14 Nelle NTC2008 vengono elencati cinque criteri da impiegare come riferimento al fine di individuare la potenziale liquefacibilità dei terreni del sito indagato. I primi due riguardano il terremoto di progetto, i rimanenti tre la suscettibilità dei depositi sciolti. E' sufficiente che uno solo di questi criteri sia soddisfatto per poter omettere ogni ulteriore tipo di verifica.

5. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI GEOTECNICHE

5.1. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Come prescritto dalle Norme tecniche dello Strumento urbanistico comunale, in riferimento alla Classe IIa della Zonizzazione geologica, si è proceduto a verificare dal punto di vista analitico-teorico la stabilità del versante interessato dall'intervento nelle condizioni attuali (Ante Operam) e nelle condizioni progetto (Post Operam), ovvero a seguito della realizzazione delle opere previste, lungo il profilo ritenuto maggiormente significativo (Sezione 2 caratterizzata da maggiore acclività locale).

Dette verifiche si basano sul metodo dell'equilibrio limite, che consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido compreso tra il profilo del pendio e una superficie di potenziale scorrimento.

Perché l'insieme sia considerato stabile occorre che si verifichi la condizione $E_d \leq R_d$

dove: E_d = azione di progetto (forze instabilizzanti);

R_d = valore della resistenza di progetto (forze stabilizzanti).

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite con il metodo di *Bishop* (considerato uno tra i più affidabili) attraverso uno specifico programma software (*Slope della Geostru Srl*), utilizzando l'Approccio 1 - Combinazione 2: A2+M2+R2 (come stabilito al punto 6.8.2 delle NTC2018).

Quest'ultimi rappresentano i coefficienti parziali da applicarsi rispettivamente alle azioni (A), ai parametri geotecnici (M) ed alle resistenze (R). Più precisamente si deve fare riferimento alle seguenti tabelle riportate sulle N.C.T.2018:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
γ_R	1,1

5.1.1. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

La normativa tecnica impone di considerare effetto del sisma sull'azione di progetto.

L'analisi di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante il *metodo pseudostatico* ove l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile (o del peso del singolo concio nel metodo delle strisce es. Bishop, Janbu ecc.).

Nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLU), in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ ed $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$K_h = \beta_s \times a_{max} \qquad K_v = 0,5 \times K_h$$

dove:

β_s = *coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito* (per categorie di suolo B,C,D ed E è pari a 0,2 – cfr. tab. 7.11.I NTC);

a_{max} = *accelerazione orizzontale massima attesa al sito*:

$$a_{max} = S_S \times S_T \times a_g$$

dove:

S_S = *coefficiente di amplificazione stratigrafica*¹⁵

S_T = *coefficiente di amplificazione topografica*¹⁶

a_g = *accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido* (ricavata dalla tabella 1 delle N.T.C. in base alle coordinate del punto e al tempo di ritorno T_r dell'azione sismica, a sua volta correlato con la classe d'uso, la vita nominale dell'opera).

La determinazione di detti parametri sismici è riportata al paragrafo 4.2 a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

5.2.2. RISULTANZE DELLA VERIFICHE

Verifica n.1 – Condizioni attuali (Ante Operam)

Nella simulazione eseguita sono stati considerati:

- il profilo del terreno nelle condizioni attuali
- i parametri geotecnici in regime di resistenze compensate;
- l'azione sismica;

Come si evince anche dall'elaborato grafico che riporta le superfici di scivolamento calcolate (cfr. Allegato n.5), la simulazione ha evidenziato la potenziale instabilità (numerose superficie di scivolamento con coefficienti di sicurezza inferiori all'unità) del tratto di versante caratterizzato da maggiore acclività (fascia centrale).

¹⁵ Per sottosuolo di tipo C è = 1,5

¹⁶ Per categoria topografica T1 è = 1

Verifica n.2 – Condizioni di progetto (Post Operam)

Nella simulazione eseguita sono stati considerati:

- il profilo del terreno nelle condizioni di progetto;
- i parametri geotecnici in regime di resistenze compensate;
- le opere di contrasto previste nelle opere di urbanizzazione (muri di contenimento su pali a medio diametro a sostegno delle scarpate di valle e di monte della strada in progetto)
- le opere di contrasto ipotizzate da realizzarsi con l'edificazione dei lotti (muri di sostegno della scarpata di monte);
- i carichi permanenti (fabbricati) e accidentali (sovraccarico stradale);
- l'azione sismica.

Come si evince dall'elaborato grafico (cfr. Allegato n.5), grazie alle opere di contrasto previste, le superfici di scivolamento calcolate hanno riportato coefficienti di sicurezza superiori all'unità, ossia significa che risulta verificata la condizione $E_d \leq R_d$.

N.B. Le resistenze di progetto delle opere di contrasto considerate (es. resistenza al taglio dei pali) sono state assunte dallo scrivente in modo indicativo al fine di addivenire alla stima del grado di sicurezza dell'insieme opera-terreno. Sarà quindi compito del progettista e/o strutturista procedere al corretto dimensionamento delle opere anche in base al modello geologico-geotecnico fornito.

6. CONCLUSIONI

Si prevede il completamento del Piano Edilizio Convenzionato (P.E.C.) “Le Fontanette”.

L'intervento prioritario consiste nella realizzazione delle opere di urbanizzazione, necessarie per la futura edificazione dei lotti ancora disponibili.

A parere dello scrivente, dai riscontri effettuati, non sono emersi elementi ostativi di carattere geologico che potrebbero impedire o quanto meno limitare in modo determinante le scelte progettuali.

Il modello geologico-geotecnico a scala locale è stato definito attraverso il rilevamento di superficie e indagini geognostiche in sito in sito (n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue e n.2 prove di sismica passiva a stazione singola H/V). Esso è stato rappresentato graficamente attraverso tre Sezioni geologiche interpretative (cfr. Tavv. 3A, 3B, 3C dell'Allegato n.6). I parametri geotecnici caratteristici dei vari orizzonti individuati sono riportati al paragrafo 3.3. Ad essi il progettista e/o strutturista potrà fare riferimento per un corretto dimensionamento delle opere.

Opere di urbanizzazione

L'opera di urbanizzazione avente maggiore incidenza dal punto di vista geologico-geotecnico è rappresentata dalla strada di accesso interna con area di manovra-rotatoria alla sua estremità. Dato che il tracciato si sviluppa lungo un tratto di versante avente acclività non trascurabile e

per contenere il più possibile gli spazi occorrenti, si rendono necessarie opere di sostegno e/o contenimento sia della scarpata di valle, sia della scarpata di monte.

Vista la stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni, per i manufatti di sostegno (ove non risulta possibile raggiungere direttamente i terreni del substrato) risulta fortemente consigliato il ricorso a fondazioni di tipo indiretto su pali (cfr. Sezioni geologiche interpretative di Tav. 3 su Allegato 6). Inoltre si raccomanda di assicurare un adeguato drenaggio delle acque di infiltrazione dietro i muri mediante il riempimento a tergo di materiale altamente permeabile (es. ghiaia) e l'esecuzione di appositi barbacani nel paramento di elevazione.

Come di evince anche dalle verifiche analitiche di stabilità globale eseguite (cfr. paragrafo 4 e Allegato n.5) tali opere di contrasto consentono di ottenere un adeguato grado di sicurezza del tratto versante oggetto di intervento.

Al fine intercettare e smaltire correttamente le acque di corrivazione superficiale provenienti dal settore di versante posto a monte si consiglia di realizzare un fossato lungo il lato nord e sud dell'area oggetto di PEC (cfr. Tav. 2 su Allegato n.6).

Nuove edificazioni in corrispondenza dei lotti

Per quanto riguarda le singole edificazioni e le ulteriori opere di contrasto ad esse associate (es. muri di sostegno di monte), risultano consigliabili ulteriori approfondimenti di carattere sia geognostico, sia geotecnico in fase esecutiva. A livello generale comunque i nuovi fabbricati, trattandosi di opere su versante, dovranno raggiungere con le fondazioni direttamente (mediante realizzazione di piani interrati o seminterrati) o indirettamente (mediante palificazioni) i terreni del substrato. Il tratto di scarpata che si delinea a monte dei fabbricati dovrà essere contrastato con adeguate opere di sostegno. Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla stabilità dei fronti di scavo temporanei che prevedibilmente raggiungeranno altezze non trascurabili.

* * *

A riepilogo, a seguito delle indagini e delle verifiche eseguite, l'intervento previsto in progetto, a parere dello scrivente, se verranno seguite le indicazioni espresse, è da considerarsi fattibile e compatibile con la situazione geologica dei luoghi.

Bistagno, li 01/02/2021

Dr. Geol. AMANDOLA Luciano



ALLEGATO n. 1

ESTRATTI STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

- Carta di Sintesi

P.R.G.C. 1990 - III VARIANTE STRUTTURALE 2007
 (art. 2 L. R. 1/2007)

ELABORATI GEOLOGICI

Norme di attuazione: allegato 2
 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'
 GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA'
 ALL'UTILIZZO URBANISTICO DELL'AREA COLLINARE
 GB06

SCALA:

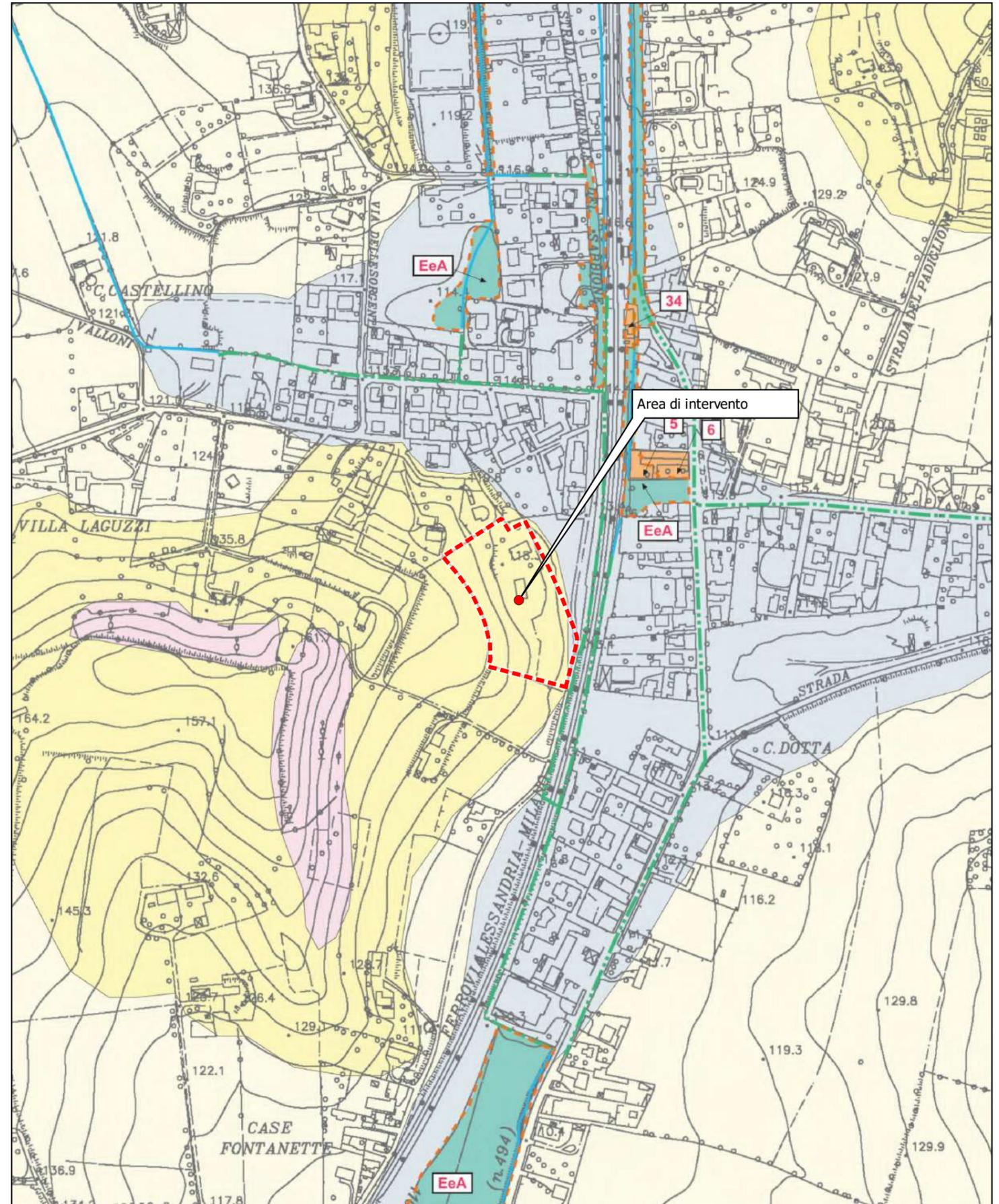
1:5.000

LEGENDA

PERICOLOSITA' GEOLOGICA

**PRESCRIZIONI PER L'USO
 URBANISTICO-EDILIZIO**

	PERICOLOSITA' GEOLOGICA	PRESCRIZIONI PER L'USO URBANISTICO-EDILIZIO
IIa	SETTORI CARATTERIZZATI DA CONDIZIONI DI MODERATA PERICOLOSITA' GEOLOGICA IIa - Settori di versante o di raccordo tra il fondovalle e il versante, ad acclività medio/moderata	SETTORI CON MODERATE LIMITAZIONI URBANISTICHE IIa - Ogni nuovo intervento deve essere preceduto da uno studio geologico di dettaglio che illustri le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e le condizioni di stabilità dell'area e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo.
IIb	IIb - Settori di versante ad acclività medio/moderata, talora localizzati al margine di settori acclivi e/o potenzialmente instabili	IIb - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe II a, ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagine geognostica e a specifiche verifiche di stabilità del versante.
IIc	IIc - Settori potenzialmente interessati dalla presenza di cavità ipogee riferibili all'attività estrattiva progressa	IIc - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe II a, ogni nuovo intervento deve essere subordinato alla realizzazione di un'adeguata campagna d'indagini geognostiche finalizzata alla prevenzione di fenomeni di instabilità imputabili alla possibile presenza di cavità ipogee.
IId	IId - Settori di fondovalle potenzialmente condizionabili da fenomeni di allagamento a bassa energia e tiranti modesti e/o da bassi valori di soggiacenza della falda freatica	IId - Oltre alle prescrizioni generali relative alla classe IIa, ogni nuovo intervento edilizio deve essere supportato da uno studio geologico e idraulico che ne giustifichi la fattibilità e individui ove necessario le soluzioni di mitigazione a livello di progetto esecutivo. In tale classe non è consentita la realizzazione di piani interrati. La realizzazione di piani seminterrati, per i quali vengono esclusi usi abitativi, non dovrà interferire con il regime della falda idrica e sarà pertanto subordinata ai risultati di preventive indagini volte alla verifica della soggiacenza della falda e della relativa escursione massima annuale e storica dalla quale dovrà essere garantito un franco di almeno 50 cm.
IIe	IIe - Settori di versante ad acclività medio/moderata (1) o settori potenzialmente interessati dalla presenza di cavità ipogee (2) precedentemente ascritti alla classe III b per eccessiva cautela	IIe - A seconda degli ambiti, valgono le prescrizioni relative alle classi IIb (settori 1) e IIc (settori 2).



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

- Caratteristiche strumentali
- Tabulato della prova
- Grafico e stratigrafia presunta

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: Deep Drill DM30

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °



ESECUTORE PROVE: Geol. Luciano Amandola

PROVA ... P1

Strumento utilizzato... DeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 11-06-2021
 Profondità prova 3.00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	10	0.857	3.29	3.84	164.36	191.87
0.20	10	0.855	3.28	3.84	163.98	191.87
0.30	6	0.853	1.96	2.30	98.16	115.12
0.40	4	0.851	1.31	1.53	65.29	76.75
0.50	4	0.849	1.30	1.53	65.15	76.75
0.60	4	0.847	1.30	1.53	65.01	76.75
0.70	5	0.845	1.62	1.92	81.08	95.93
0.80	5	0.843	1.62	1.92	80.90	95.93
0.90	5	0.842	1.52	1.80	75.79	90.06
1.00	5	0.840	1.51	1.80	75.63	90.06
1.10	5	0.838	1.51	1.80	75.47	90.06
1.20	4	0.836	1.21	1.44	60.25	72.05
1.30	5	0.835	1.50	1.80	75.16	90.06
1.40	4	0.833	1.20	1.44	60.01	72.05
1.50	5	0.831	1.50	1.80	74.86	90.06
1.60	4	0.830	1.20	1.44	59.77	72.05
1.70	4	0.828	1.19	1.44	59.65	72.05
1.80	4	0.826	1.19	1.44	59.54	72.05
1.90	5	0.825	1.40	1.70	69.99	84.87
2.00	9	0.823	2.51	3.06	125.75	152.76
2.10	10	0.822	2.79	3.39	139.46	169.73
2.20	11	0.820	3.06	3.73	153.12	186.70
2.30	11	0.819	3.06	3.73	152.84	186.70
2.40	11	0.817	3.05	3.73	152.56	186.70
2.50	11	0.816	3.05	3.73	152.29	186.70
2.60	11	0.814	3.04	3.73	152.02	186.70
2.70	12	0.813	3.31	4.07	165.55	203.68
2.80	24	0.711	5.80	8.15	289.80	407.35
2.90	38	0.660	8.05	12.20	402.49	609.80
3.00	50	0.609	9.77	16.05	488.38	802.36

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreni incoerenti	5.11	0.00-2.70	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato alterato	28.03	2.70-3.00	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreni incoerenti	5.11	0.00-2.70	Meyerhof	17.36
Strato (2) Substrato alterato	28.03	2.70-3.00	Meyerhof	20.99

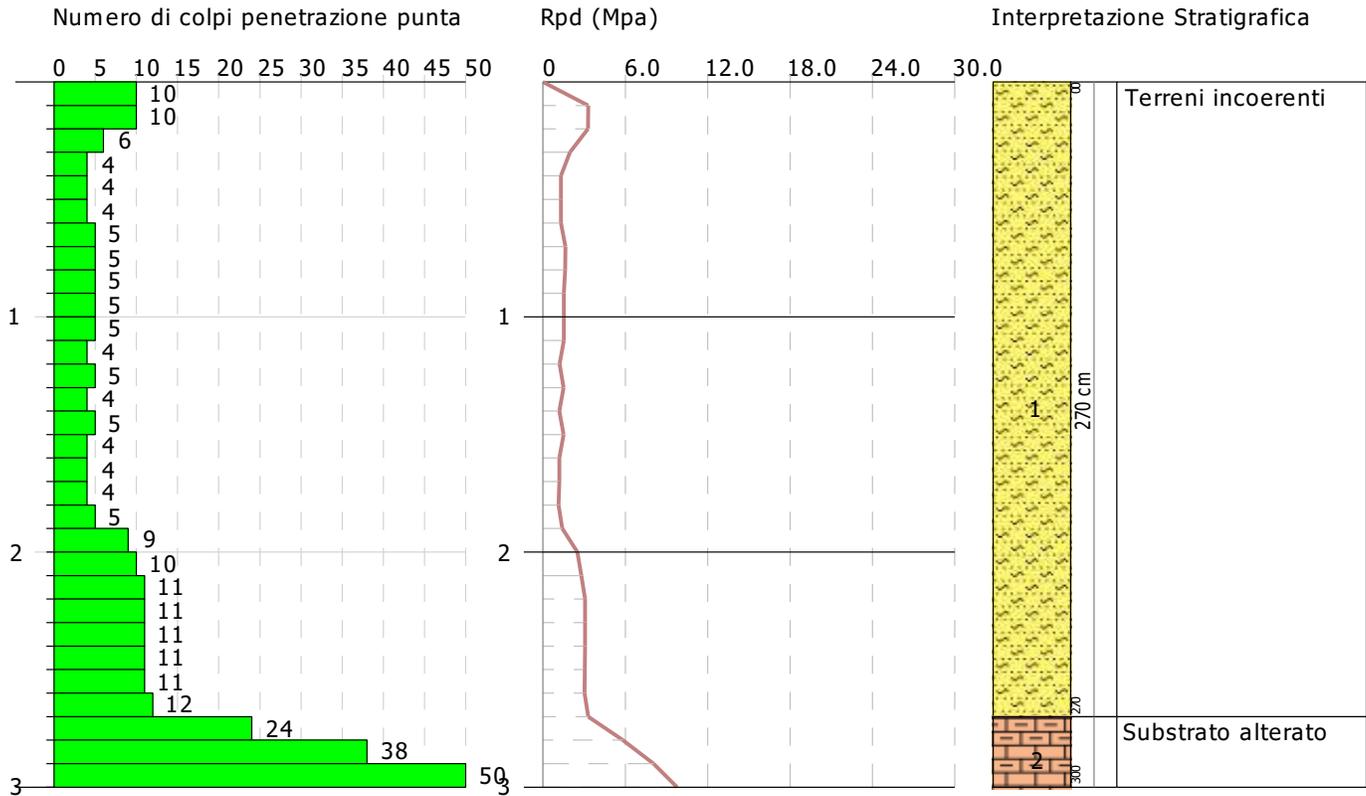
Luciano Amandola. geologo
 Piazza G. Monteverde n.24
 15012 Bistagno AL
 www.geoamandola.it-info@geoamandola.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
 Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
 Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

11-06-2021

Scala 1:30



PROVA ... P2

Strumento utilizzato... DeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 11-06-2021
 Profondità prova 5.50 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	4	0.857	1.31	1.53	65.74	76.75
0.20	6	0.855	1.97	2.30	98.39	115.12
0.30	4	0.853	1.31	1.53	65.44	76.75
0.40	4	0.851	1.31	1.53	65.29	76.75
0.50	4	0.849	1.30	1.53	65.15	76.75
0.60	5	0.847	1.63	1.92	81.26	95.93
0.70	5	0.845	1.62	1.92	81.08	95.93
0.80	5	0.843	1.62	1.92	80.90	95.93
0.90	5	0.842	1.52	1.80	75.79	90.06
1.00	5	0.840	1.51	1.80	75.63	90.06
1.10	7	0.838	2.11	2.52	105.66	126.09
1.20	9	0.836	2.71	3.24	135.57	162.11
1.30	11	0.835	3.31	3.96	165.35	198.13
1.40	11	0.833	3.30	3.96	165.02	198.13
1.50	12	0.831	3.59	4.32	179.66	216.15
1.60	11	0.830	3.29	3.96	164.36	198.13
1.70	12	0.828	3.58	4.32	178.95	216.15
1.80	12	0.826	3.57	4.32	178.61	216.15
1.90	11	0.825	3.08	3.73	153.98	186.70
2.00	11	0.823	3.07	3.73	153.69	186.70
2.10	12	0.822	3.35	4.07	167.35	203.68
2.20	12	0.820	3.34	4.07	167.04	203.68
2.30	11	0.819	3.06	3.73	152.84	186.70
2.40	10	0.817	2.77	3.39	138.69	169.73
2.50	10	0.816	2.77	3.39	138.45	169.73
2.60	10	0.814	2.76	3.39	138.20	169.73
2.70	9	0.813	2.48	3.06	124.16	152.76
2.80	11	0.811	3.03	3.73	151.50	186.70
2.90	12	0.810	3.12	3.85	155.99	192.57
3.00	13	0.759	3.17	4.17	158.27	208.61
3.10	14	0.757	3.40	4.49	170.14	224.66
3.20	14	0.756	3.40	4.49	169.84	224.66
3.30	14	0.755	3.39	4.49	169.55	224.66
3.40	12	0.803	3.09	3.85	154.71	192.57
3.50	12	0.802	3.09	3.85	154.46	192.57
3.60	12	0.801	3.08	3.85	154.22	192.57
3.70	12	0.800	3.08	3.85	153.98	192.57
3.80	12	0.798	3.07	3.85	153.75	192.57
3.90	26	0.697	5.52	7.91	275.85	395.65
4.00	28	0.696	5.93	8.52	296.56	426.08
4.10	28	0.695	5.92	8.52	296.06	426.08

4.20	27	0.694	5.70	8.22	285.02	410.86
4.30	29	0.693	6.11	8.83	305.63	441.30
4.40	31	0.641	6.05	9.43	302.59	471.73
4.50	31	0.640	6.04	9.43	302.06	471.73
4.60	32	0.639	6.23	9.74	311.28	486.95
4.70	32	0.638	6.22	9.74	310.75	486.95
4.80	36	0.637	6.98	10.96	349.02	547.82
4.90	38	0.636	6.99	11.00	349.71	549.82
5.00	39	0.585	6.60	11.29	330.12	564.28
5.10	37	0.634	6.79	10.71	339.41	535.35
5.20	37	0.633	6.78	10.71	338.88	535.35
5.30	40	0.582	6.74	11.58	336.84	578.75
5.40	47	0.581	7.90	13.60	395.13	680.03
5.50	50	0.580	8.39	14.47	419.65	723.44

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreni incoerenti	7.23	0.00-3.80	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato alterato	25.98	3.80-5.50	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreni incoerenti	7.23	0.00-3.80	Meyerhof	18.34
Strato (2) Substrato alterato	25.98	3.80-5.50	Meyerhof	20.79

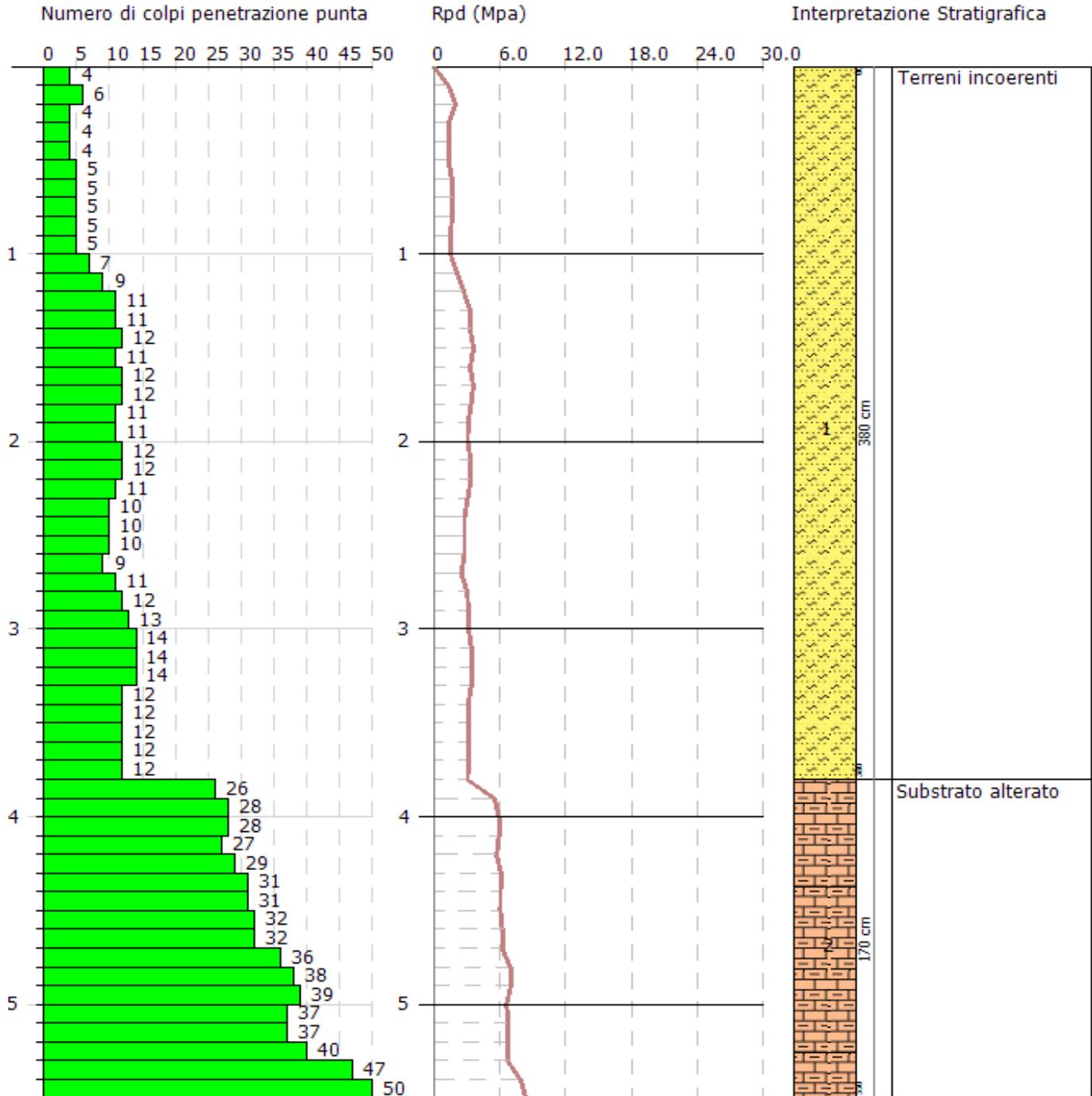
Luciano Amandola. geologo
 Piazza G. Monteverde n.24
 15012 Bistagno AL
 www.geoamandola.it - info@geoamandola.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
 Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
 Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

11-06-2021

Scala 1:30



PROVA ... P3

Strumento utilizzato... DeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 01-06-2021
 Profondità prova 2.00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	3	0.857	0.99	1.15	49.31	57.56
0.20	3	0.855	0.98	1.15	49.19	57.56
0.30	3	0.853	0.98	1.15	49.08	57.56
0.40	3	0.851	0.98	1.15	48.97	57.56
0.50	5	0.849	1.63	1.92	81.44	95.93
0.60	5	0.847	1.63	1.92	81.26	95.93
0.70	5	0.845	1.62	1.92	81.08	95.93
0.80	6	0.843	1.94	2.30	97.09	115.12
0.90	7	0.842	2.12	2.52	106.11	126.09
1.00	8	0.840	2.42	2.88	121.01	144.10
1.10	9	0.838	2.72	3.24	135.85	162.11
1.20	10	0.836	3.01	3.60	150.63	180.12
1.30	10	0.835	3.01	3.60	150.32	180.12
1.40	12	0.833	3.60	4.32	180.02	216.15
1.50	14	0.781	3.94	5.04	197.00	252.17
1.60	32	0.680	7.83	11.53	391.69	576.39
1.70	38	0.678	9.28	13.69	464.02	684.46
1.80	38	0.676	9.26	13.69	462.92	684.46
1.90	42	0.625	8.91	14.26	445.36	712.87
2.00	50	0.623	10.58	16.97	528.87	848.65

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreni incoerenti	5.16	0.00-1.50	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato alterato	30.04	1.50-2.00	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreni incoerenti	5.16	0.00-1.50	Meyerhof	17.36
Strato (2) Substrato alterato	30.04	1.50-2.00	Meyerhof	21.18

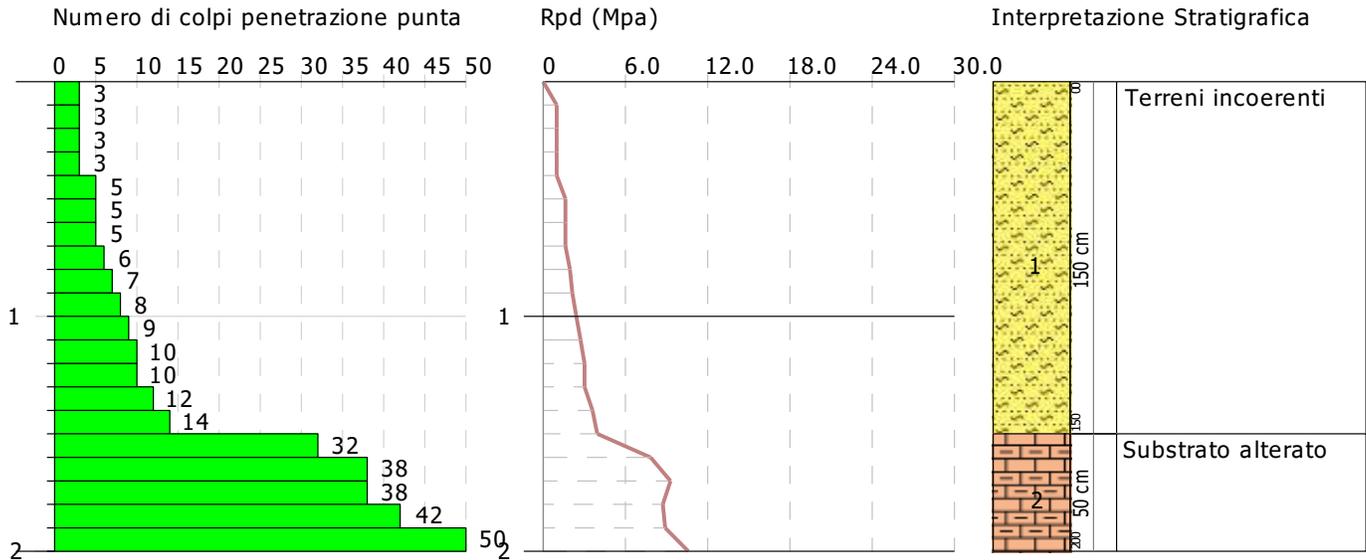
Luciano Amandola. geologo
 Piazza G. Monteverde n.24
 15012 Bistagno AL
 www.geoamandola.it - info@geoamandola.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
 Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
 Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

01-06-2021

Scala 1:30



PROVA ... P4

Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30
 Prova eseguita in data 11-06-2021
 Profondità prova 3.20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	3	0.857	0.99	1.15	49.31	57.56
0.20	3	0.855	0.98	1.15	49.19	57.56
0.30	5	0.853	1.64	1.92	81.80	95.93
0.40	4	0.851	1.31	1.53	65.29	76.75
0.50	5	0.849	1.63	1.92	81.44	95.93
0.60	5	0.847	1.63	1.92	81.26	95.93
0.70	6	0.845	1.95	2.30	97.30	115.12
0.80	7	0.843	2.27	2.69	113.27	134.31
0.90	6	0.842	1.82	2.16	90.95	108.07
1.00	6	0.840	1.82	2.16	90.76	108.07
1.10	6	0.838	1.81	2.16	90.57	108.07
1.20	7	0.836	2.11	2.52	105.44	126.09
1.30	8	0.835	2.41	2.88	120.26	144.10
1.40	8	0.833	2.40	2.88	120.01	144.10
1.50	10	0.831	2.99	3.60	149.72	180.12
1.60	11	0.830	3.29	3.96	164.36	198.13
1.70	12	0.828	3.58	4.32	178.95	216.15
1.80	11	0.826	3.27	3.96	163.72	198.13
1.90	12	0.825	3.36	4.07	167.98	203.68
2.00	12	0.823	3.35	4.07	167.66	203.68
2.10	11	0.822	3.07	3.73	153.40	186.70
2.20	10	0.820	2.78	3.39	139.20	169.73
2.30	11	0.819	3.06	3.73	152.84	186.70
2.40	12	0.817	3.33	4.07	166.43	203.68
2.50	13	0.766	3.38	4.41	168.95	220.65
2.60	25	0.714	6.06	8.49	303.07	424.33
2.70	31	0.663	6.98	10.52	348.75	526.16
2.80	32	0.661	7.18	10.86	359.24	543.14
2.90	36	0.660	7.63	11.55	381.30	577.70
3.00	37	0.659	7.82	11.87	391.09	593.75
3.10	41	0.607	7.99	13.16	399.58	657.94
3.20	50	0.606	9.72	16.05	486.23	802.36

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Terreni incoerenti	6.13	0.00-2.50	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) Substrato alterato	27.04	2.50-3.20	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) Terreni incoerenti	6.13	0.00-2.50	Meyerhof	17.85
Strato (2) Substrato alterato	27.04	2.50-3.20	Meyerhof	20.89

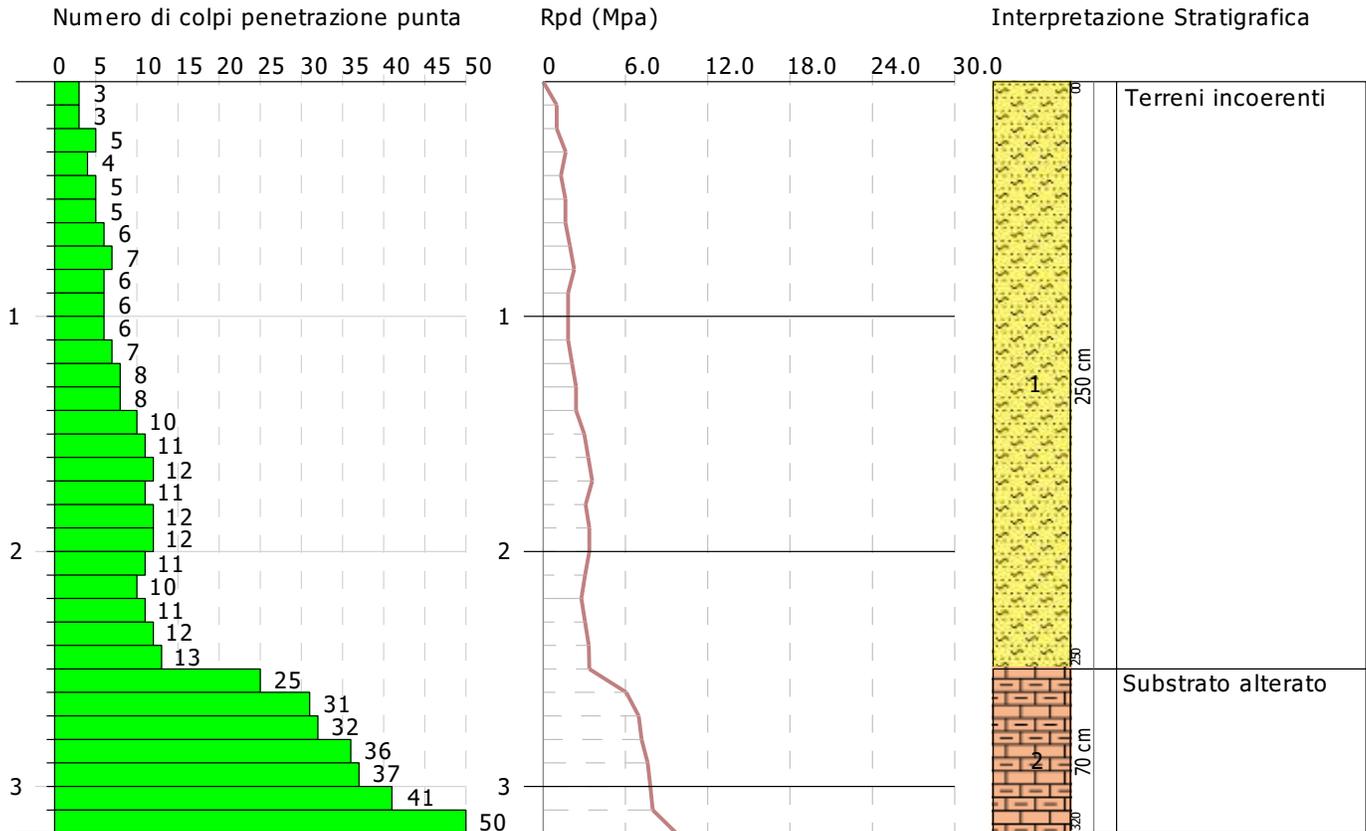
Luciano Amandola. geologo
 Piazza G. Monteverde n.24
 15012 Bistagno AL
 www.geoamandola.it - info@geoamandola.it

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
 Strumento utilizzato... GeoDeepDrill DM30

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
 Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
 Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

11-06-2021

Scala 1:30



ALLEGATO n. 3

**PROVE DI SISMICA PASSIVA
A STAZIONE SINGOLA H/V**

PROVE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA H/V ANALISI DI MICROTREMORE AMBIENTALE A FINI STRATIGRAFICI

Committente: Bio Calore Energy Soc. agricola
Descrizione: Piano Esecutivo Convenzionato "Le Fontanelle"
Località: Frazione Valmadonna, Alessandria

PROVA S1 – Ubicazione: in prossimità della Prova penetrom. P1

Strumento: TRZ-0130/01-10
Inizio registrazione: 11/06/21 16:59:02 Fine registrazione: 11/06/21 17:15:03
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 20%

FIG. 1 - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 15.16 ± 6.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

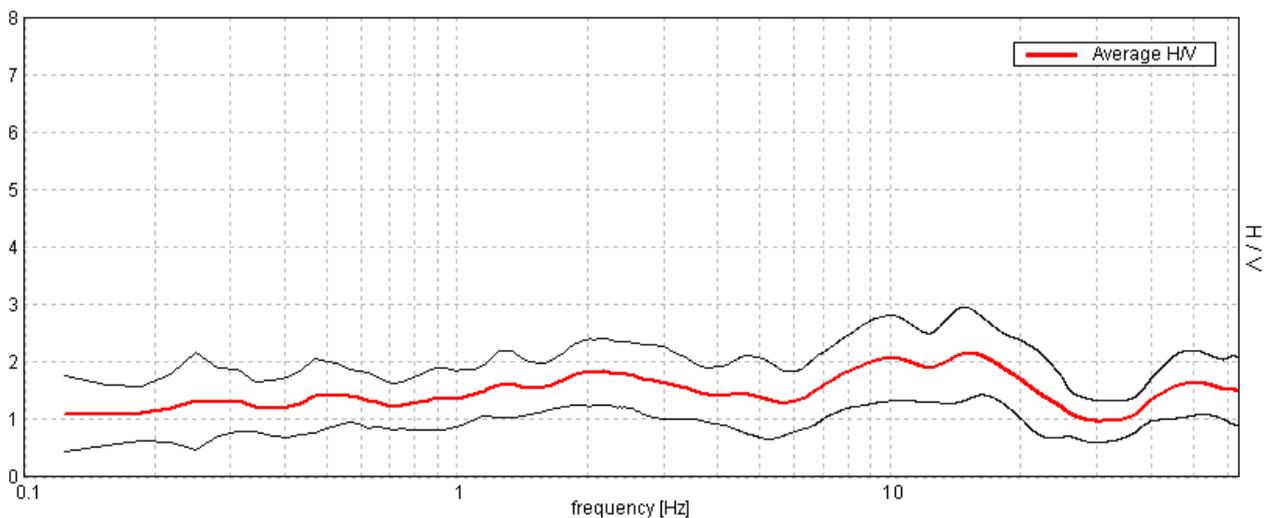


FIG. 2 - SERIE TEMPORALE H/V

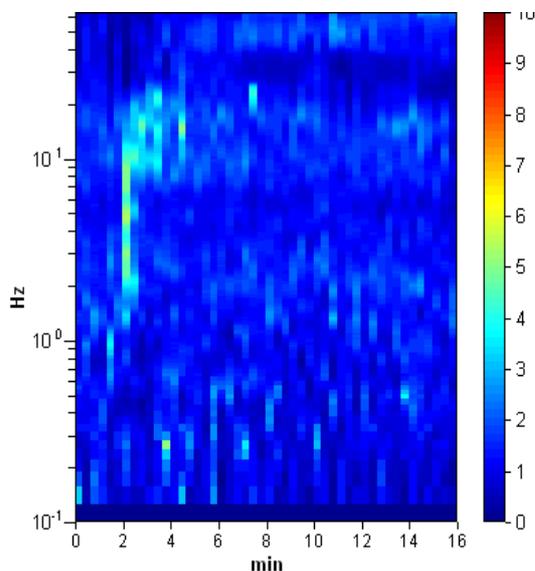
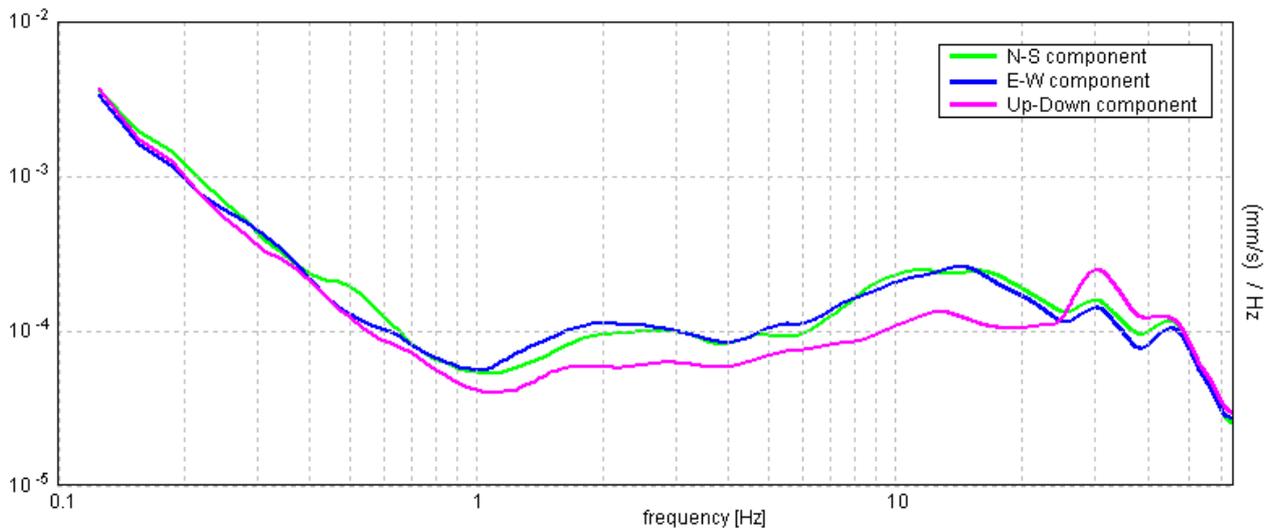


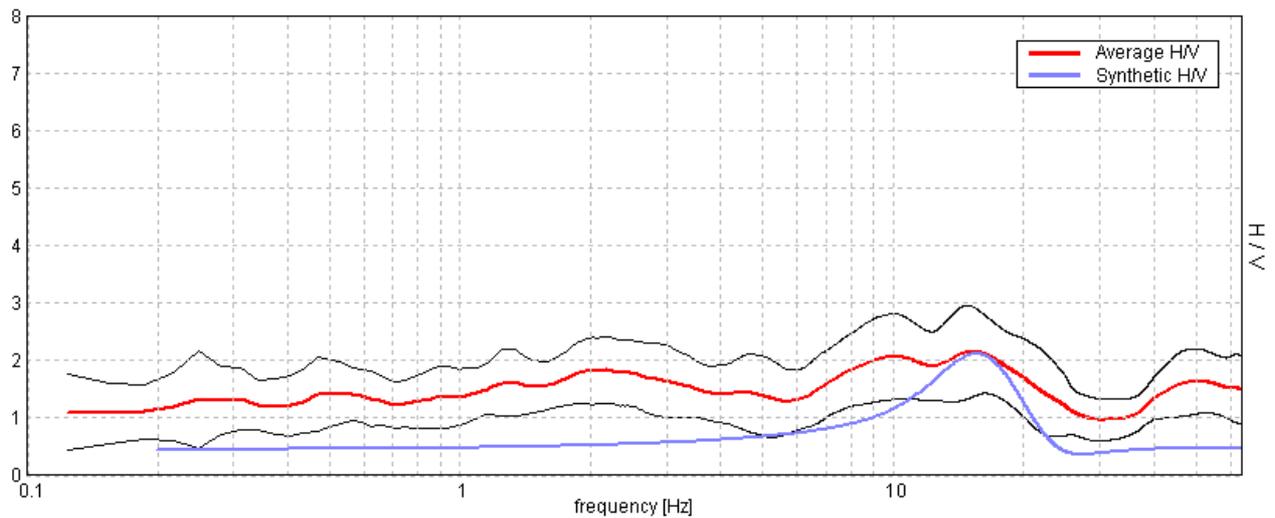
FIG. 3 - SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICO-SISMICA E STIMA PARAMETRO Vs30

FIG. 4 - H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

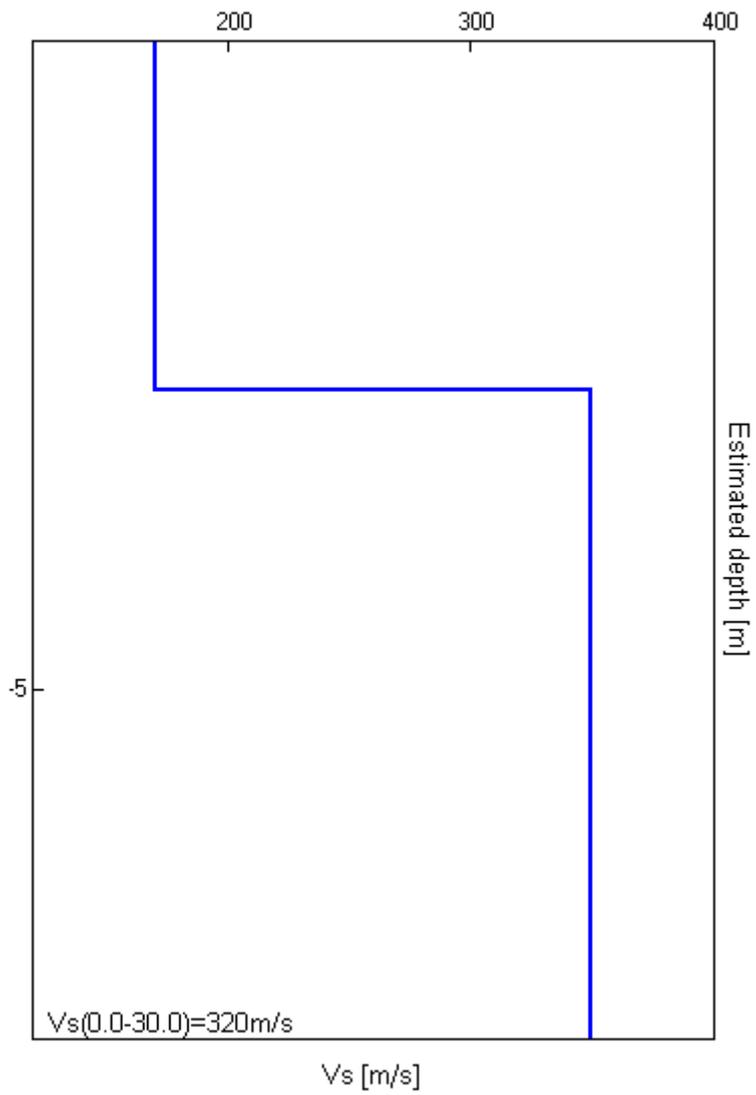
Picco H/V a 15.16 ± 6.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreni incoerenti	2.70	2.70	170	0.35	18
Substrato litoide	-	-	350	0.35	21

Vs(0.0-30.0)=320m/s

FIG. 5 – PROFILO STRATIGRAFICO-SISMICO



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 15.16 ± 6.17 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$15.16 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$14550.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 728	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	26.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.15 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.40699 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$6.16846 < 0.75781$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7932 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PROVA S2 – Ubicazione: in prossimità della Prova penetrom. P3

Strumento: TRZ-0130/01-10
Inizio registrazione: 11/06/21 15:46:04 Fine registrazione: 11/06/21 16:02:05
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 20%

FIG. 1 - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a 31.72 ± 1.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

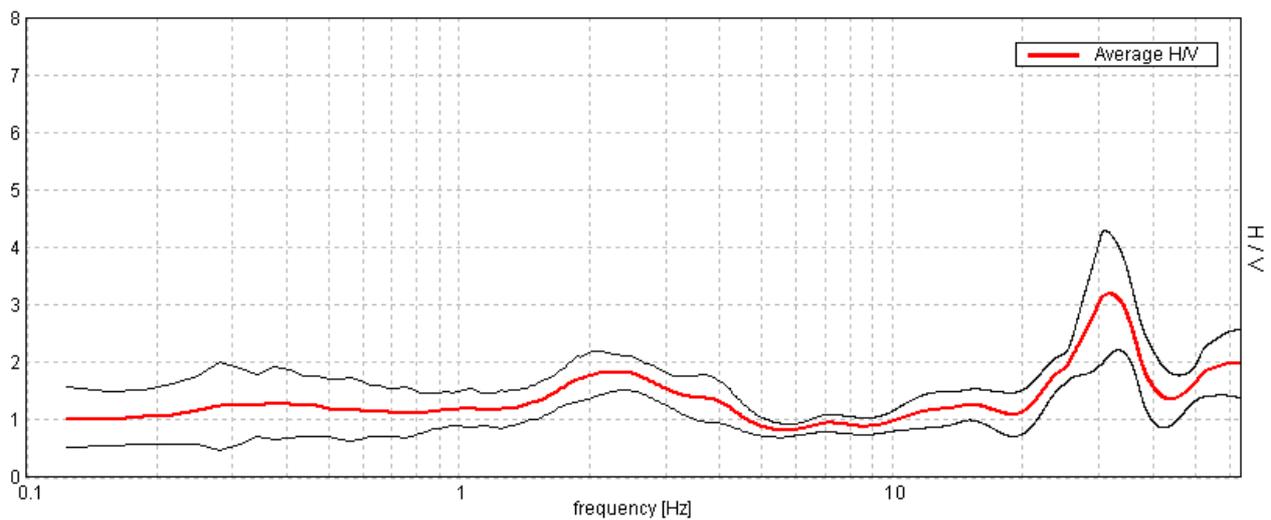


FIG. 2 - SERIE TEMPORALE H/V

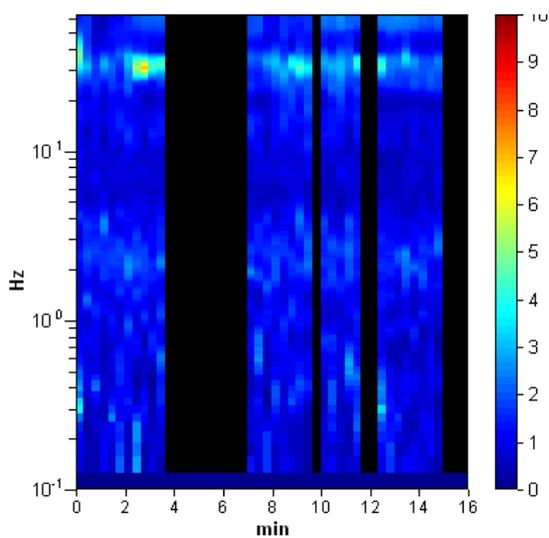
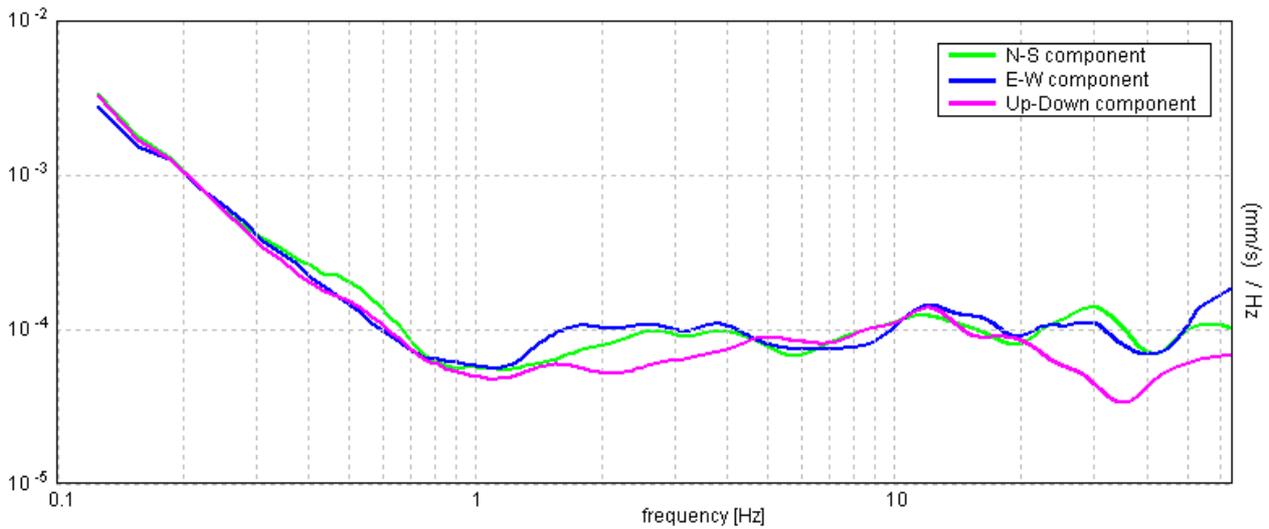


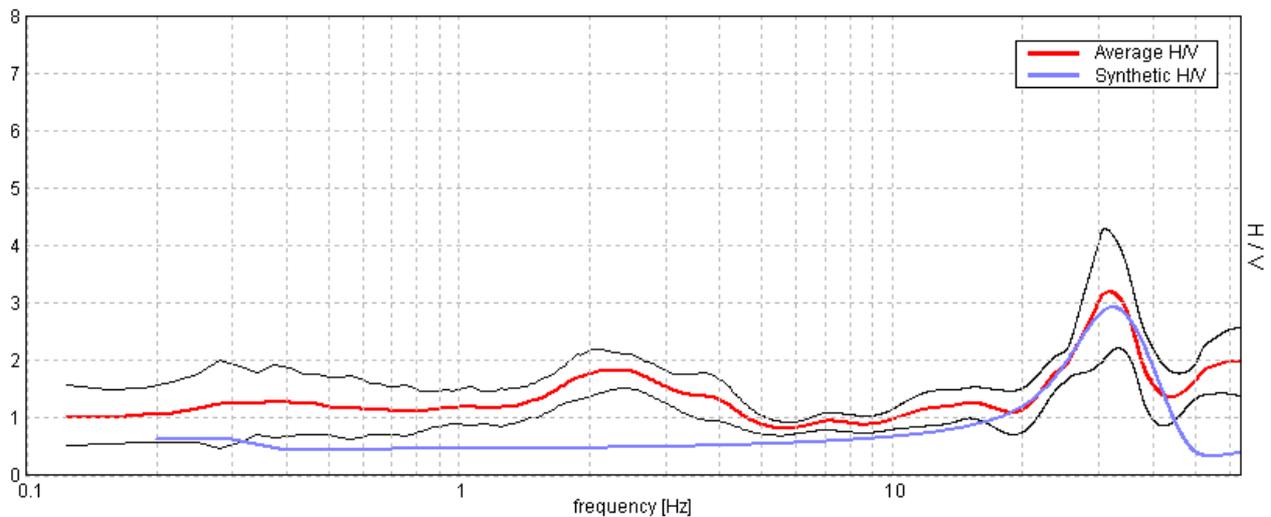
FIG. 3 - SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICO-SISMICA E STIMA PARAMETRO Vs30

FIG. 4 - H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

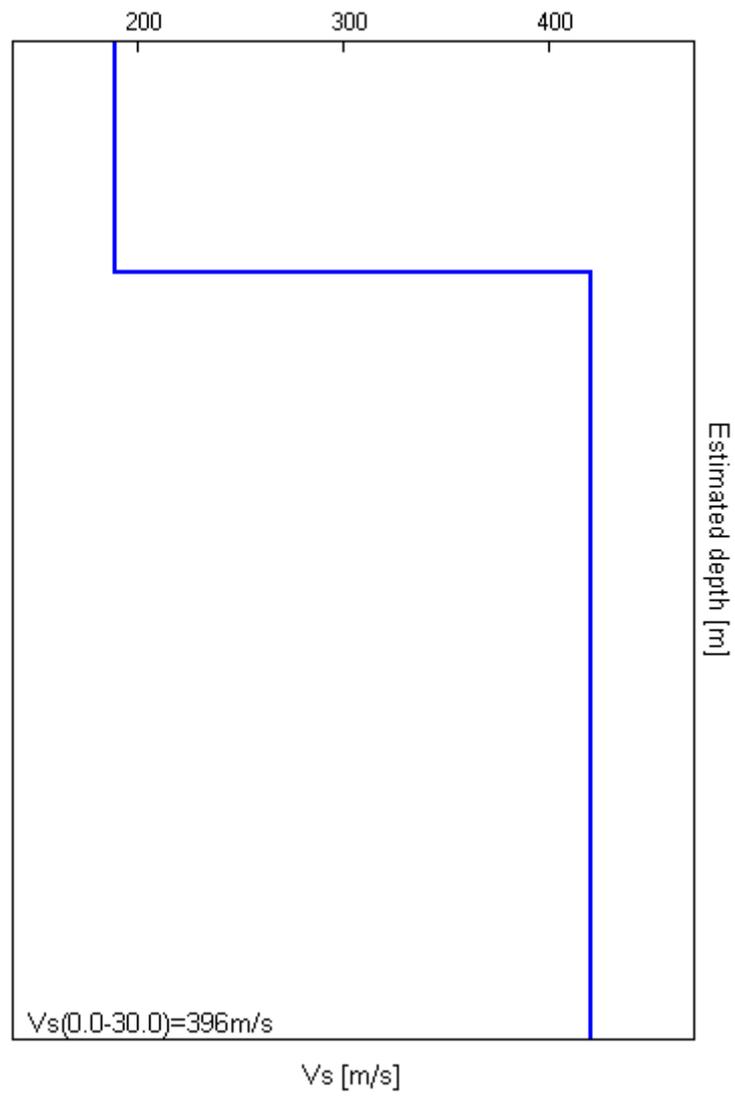
Picco H/V a 31.72 ± 1.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità kN/mc
Terreni incoerenti	1.50	1.50	190	0.35	18
Substrato litoide	-	-	420	0.35	21

Vs(0.0-30.0)=396m/s

FIG. 5 – PROFILO STRATIGRAFICO-SISMICO



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 31.72 ± 1.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$31.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$20300.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1524	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	22.719 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	39.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.19 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03397 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.07759 < 1.58594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0612 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**DETERMINAZIONE
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI**

- Angolo di resistenza al taglio
- Modulo edometrico

ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI MEDIANTE METODI STATISTICI

UNITA' LITOLOGICA I

Descrizione | Terreni incoerenti
Numero misure | 105

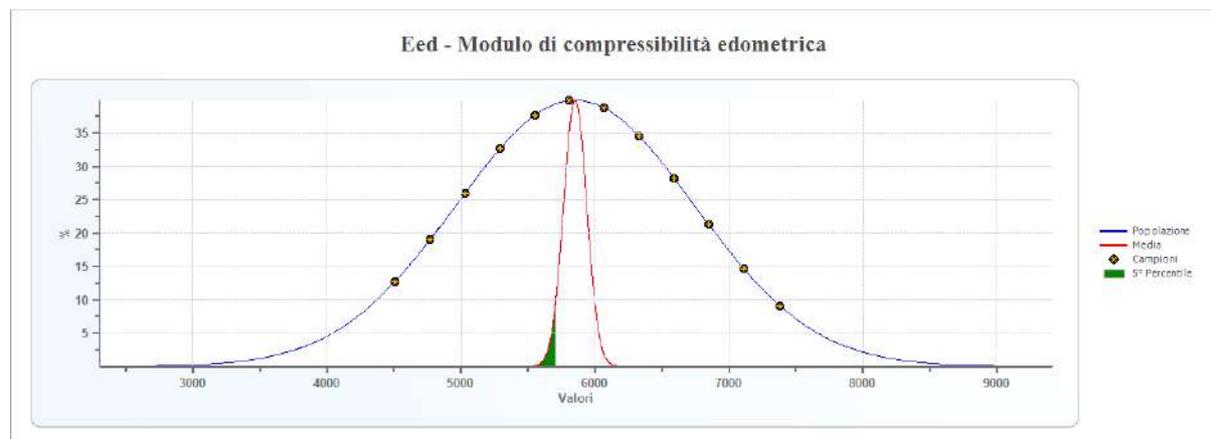
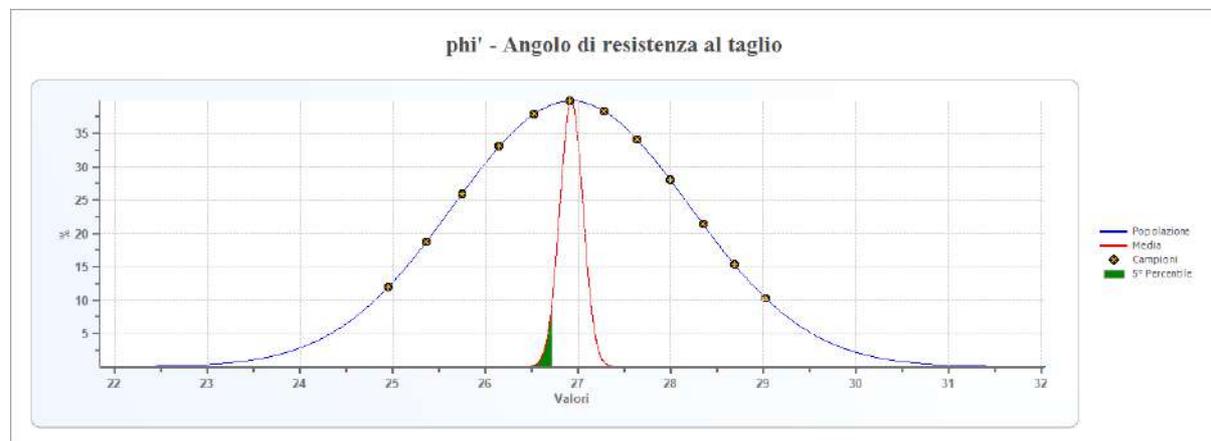
Elenco delle misure

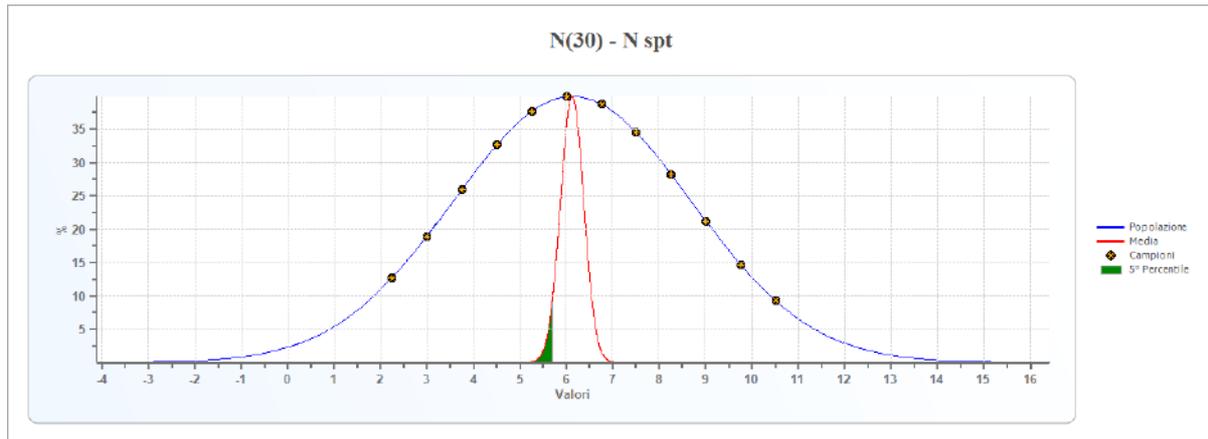
N. misura	Prova penetrom.	N spt [n.]	Angolo di resistenza al taglio [°] Owasaki & Iwasaki	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq] Menzenbach e Malcev
1	P1	7,51	27,64	6330,00
2	P1	7,51	27,64	6330,00
3	P1	4,51	26,15	5290,00
4	P1	3,00	25,36	4770,00
5	P1	3,00	25,36	4770,00
6	P1	3,00	25,36	4770,00
7	P1	3,75	25,75	5030,00
8	P1	3,75	25,75	5030,00
9	P1	3,75	25,75	5030,00
10	P1	3,75	25,75	5030,00
11	P1	3,75	25,75	5030,00
12	P1	3,00	25,36	4770,00
13	P1	3,75	25,75	5030,00
14	P1	3,00	25,36	4770,00
15	P1	3,75	25,75	5030,00
16	P1	3,00	25,36	4770,00
17	P1	3,00	25,36	4770,00
18	P1	3,00	25,36	4770,00
19	P1	3,75	25,75	5030,00
20	P1	6,76	27,28	6070,00
21	P1	7,51	27,64	6330,00
22	P1	8,26	28,00	6590,00
23	P1	8,26	28,00	6590,00
24	P1	8,26	28,00	6590,00
25	P1	8,26	28,00	6590,00
26	P1	8,26	28,00	6590,00
27	P1	9,01	28,35	6850,00
28	P2	3,00	25,36	4770,00
29	P2	4,51	26,15	5290,00
30	P2	3,00	25,36	4770,00
31	P2	3,00	25,36	4770,00
32	P2	3,00	25,36	4770,00
33	P2	3,75	25,75	5030,00
34	P2	3,75	25,75	5030,00
35	P2	3,75	25,75	5030,00
36	P2	3,75	25,75	5030,00
37	P2	3,75	25,75	5030,00
38	P2	5,26	26,53	5550,00
39	P2	6,76	27,28	6070,00
40	P2	8,26	28,00	6590,00
41	P2	8,26	28,00	6590,00
42	P2	9,01	28,35	6850,00
43	P2	8,26	28,00	6590,00
44	P2	9,01	28,35	6850,00
45	P2	9,01	28,35	6850,00
46	P2	8,26	28,00	6590,00
47	P2	8,26	28,00	6590,00

48	P2	9,01	28,35	6850,00
49	P2	9,01	28,35	6850,00
50	P2	8,26	28,00	6590,00
51	P2	7,51	27,64	6330,00
52	P2	7,51	27,64	6330,00
53	P2	7,51	27,64	6330,00
54	P2	6,76	27,28	6070,00
55	P2	8,26	28,00	6590,00
56	P2	9,01	28,35	6850,00
57	P2	9,76	28,69	7110,00
58	P2	10,51	29,03	7380,00
59	P2	10,51	29,03	7380,00
60	P2	10,51	29,03	7380,00
61	P2	9,01	28,35	6850,00
62	P2	9,01	28,35	6850,00
63	P2	9,01	28,35	6850,00
64	P2	9,01	28,35	6850,00
65	P2	9,01	28,35	6850,00
66	P3	2,25	24,95	4510,00
67	P3	2,25	24,95	4510,00
68	P3	2,25	24,95	4510,00
69	P3	2,25	24,95	4510,00
70	P3	3,75	25,75	5030,00
71	P3	3,75	25,75	5030,00
72	P3	3,75	25,75	5030,00
73	P3	4,51	26,15	5290,00
74	P3	5,26	26,53	5550,00
75	P3	6,01	26,91	5810,00
76	P3	6,76	27,28	6070,00
77	P3	7,51	27,64	6330,00
78	P3	7,51	27,64	6330,00
79	P3	9,01	28,35	6850,00
80	P3	10,51	29,03	7380,00
81	P4	2,25	24,95	4510,00
82	P4	2,25	24,95	4510,00
83	P4	3,75	25,75	5030,00
84	P4	3,00	25,36	4770,00
85	P4	3,75	25,75	5030,00
86	P4	3,75	25,75	5030,00
87	P4	4,51	26,15	5290,00
88	P4	5,26	26,53	5550,00
89	P4	4,51	26,15	5290,00
90	P4	4,51	26,15	5290,00
91	P4	4,51	26,15	5290,00
92	P4	5,26	26,53	5550,00
93	P4	6,01	26,91	5810,00
94	P4	6,01	26,91	5810,00
95	P4	7,51	27,64	6330,00
96	P4	8,26	28,00	6590,00
97	P4	9,01	28,35	6850,00
98	P4	8,26	28,00	6590,00
99	P4	9,01	28,35	6850,00
100	P4	9,01	28,35	6850,00
101	P4	8,26	28,00	6590,00
102	P4	7,51	27,64	6330,00
103	P4	8,26	28,00	6590,00
104	P4	9,01	28,35	6850,00
105	P4	9,76	28,69	7110,00

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	N spt [n.]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	26,72	36,37	5709,87	5,72
Minimo	24,95	13,83	4510,00	2,25
Massimo	29,03	69,53	7380,00	10,51
Valore medio	26,93	39,18	5852,48	6,13
Varianza	1,62	307,90	789132,27	6,58
Dev. St.	0,12	1,71	86,69	0,25
Dev. St. Med.	0,12	1,71	86,69	0,25
Percentile	(5°) 24,83	(5°) 10,32	(5°) 4391,17	(5°) 1,91
percentile media	(5°) 26,72	(5°) 36,37	(5°) 5709,87	(5°) 5,72
C.O.V.	0,05	0,45	0,15	0,42





UNITA' LITOLOGICA II

Descrizione | Substrato alterato
 Numero misure | 32

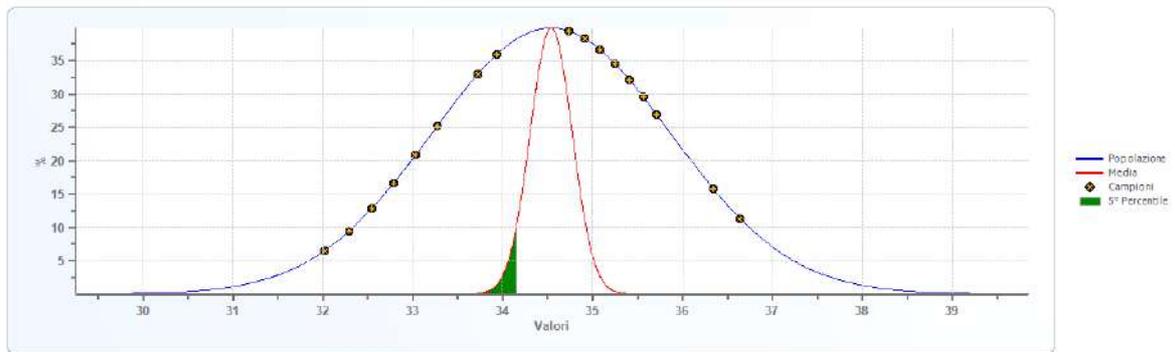
Elenco delle misure

N. misura	Prova penetrom.	N spt [n.]	Angolo di resistenza al taglio [°] Owasaki & Iwasaki	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq] Menzenbach e Malcev
1	P1	18,02	32,02	9980,00
2	P1	28,54	35,08	13630,00
3	P1	37,55	36,64	16760,00
4	P2	19,53	32,54	10510,00
5	P2	21,03	33,03	11030,00
6	P2	21,03	33,03	11030,00
7	P2	20,28	32,79	10770,00
8	P2	21,78	33,27	11290,00
9	P2	23,28	33,72	11810,00
10	P2	23,28	33,72	11810,00
11	P2	24,03	33,93	12070,00
12	P2	24,03	33,93	12070,00
13	P2	27,04	34,73	13110,00
14	P2	28,54	35,08	13630,00
15	P2	29,29	35,25	13900,00
16	P2	27,79	34,91	13370,00
17	P2	27,79	34,91	13370,00
18	P2	30,04	35,41	14150,00
19	P2	35,30	36,34	15980,00
20	P2	37,55	36,64	16760,00
21	P2	24,03	33,93	12070,00
22	P3	28,54	35,08	13630,00
23	P3	28,54	35,08	13630,00
24	P3	31,54	35,71	14680,00
25	P3	37,55	36,64	16760,00
26	P3	18,77	32,29	10240,00
27	P4	23,28	33,72	11810,00
28	P4	24,03	33,93	12070,00
29	P4	27,04	34,73	13110,00
30	P4	27,79	34,91	13370,00
31	P4	30,79	35,56	14420,00
32	P4	37,55	36,64	16760,00

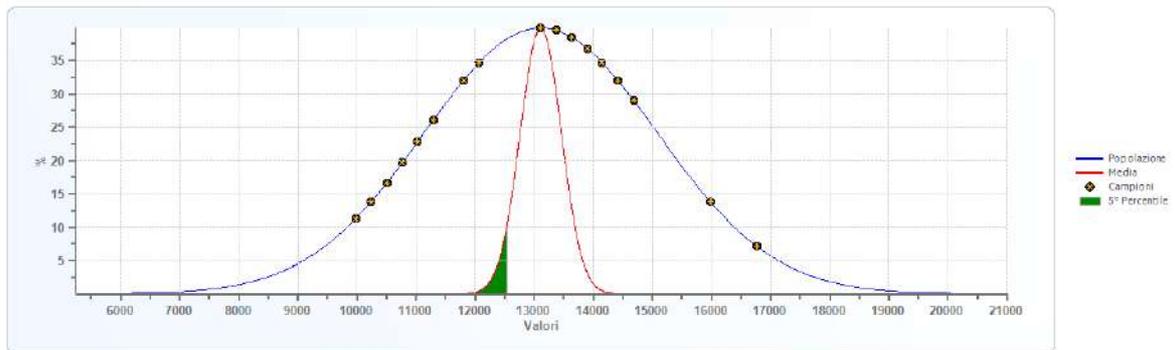
Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	N spt [n.]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	34,15	168,03	12538,95	25,39
Minimo	32,02	119,25	9980,00	18,02
Massimo	36,64	248,60	16760,00	37,55
Valore medio	34,54	178,96	13111,87	27,04
Varianza	1,75	1413,72	3881577,21	32,24
Dev. St.	0,23	6,65	348,28	1,00
Dev. St. Med.	0,23	6,65	348,28	1,00
Percentile	(5°) 32,36	(5°) 117,11	(5°) 9870,94	(5°) 17,70
percentile media	(5°) 34,15	(5°) 168,03	(5°) 12538,95	(5°) 25,39
C.O.V.	0,04	0,21	0,15	0,21

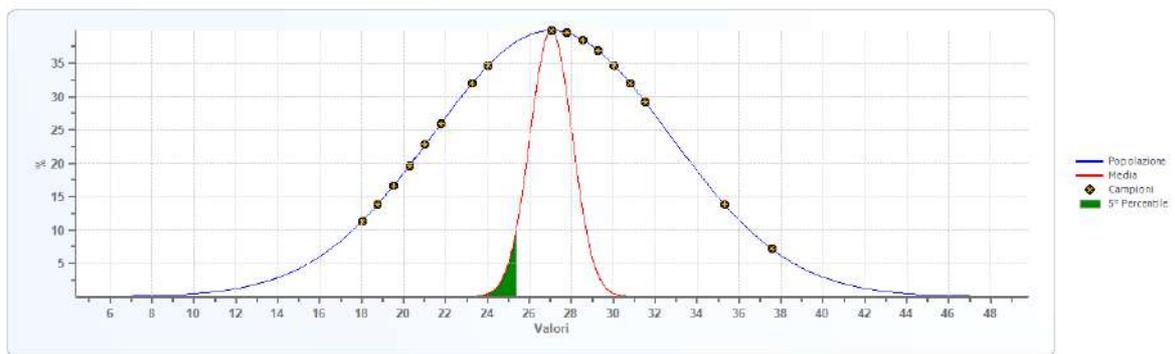
phi' - Angolo di resistenza al taglio



Eed - Modulo di compressibilità edometrica



N(30) - N spt



VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE OPERA-TERRENO

- Situazione attuale (ANTE OPERAM)
- Situazione di progetto (POST OPERAM)

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE OPERA-TERRENO
Condizioni attuali (ANTE OPERAM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,969867/8,609534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Caratteristici regime resistenze compensate
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0,73 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29,53 m
Ascissa vertice destro superiore xs	41,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	46,59 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,53	0,16
S.L.D.	50,0	0,23	2,51	0,19
S.L.V.	475,0	0,51	2,58	0,28
S.L.C.	975,0	0,64	2,6	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,27	0,2	0,0055	0,0028
S.L.D.	0,345	0,2	0,007	0,0035
S.L.V.	0,765	0,2	0,0156	0,0078
S.L.C.	0,96	0,2	0,0196	0,0098

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0156
Coefficiente azione sismica verticale	0,0078

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	13,38
2	9,66	13,37
3	16,07	13,94
4	17,4	14,25
5	25,15	18,1
6	26,79	19,36
7	27,62	20,15
8	31,36	21,0
9	34,72	22,24
10	36,29	23,01
11	39,76	24,17
12	42,68	25,06
13	50,0	26,8

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	10,36
2	13,03	12,17
3	31,52	18,7
4	50,0	25,23

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	26.72	17.50	19	Unità litologica I - Terreni incoerenti
2	0	34.15	21	21.50	Unità litologica II - Substrato alterato

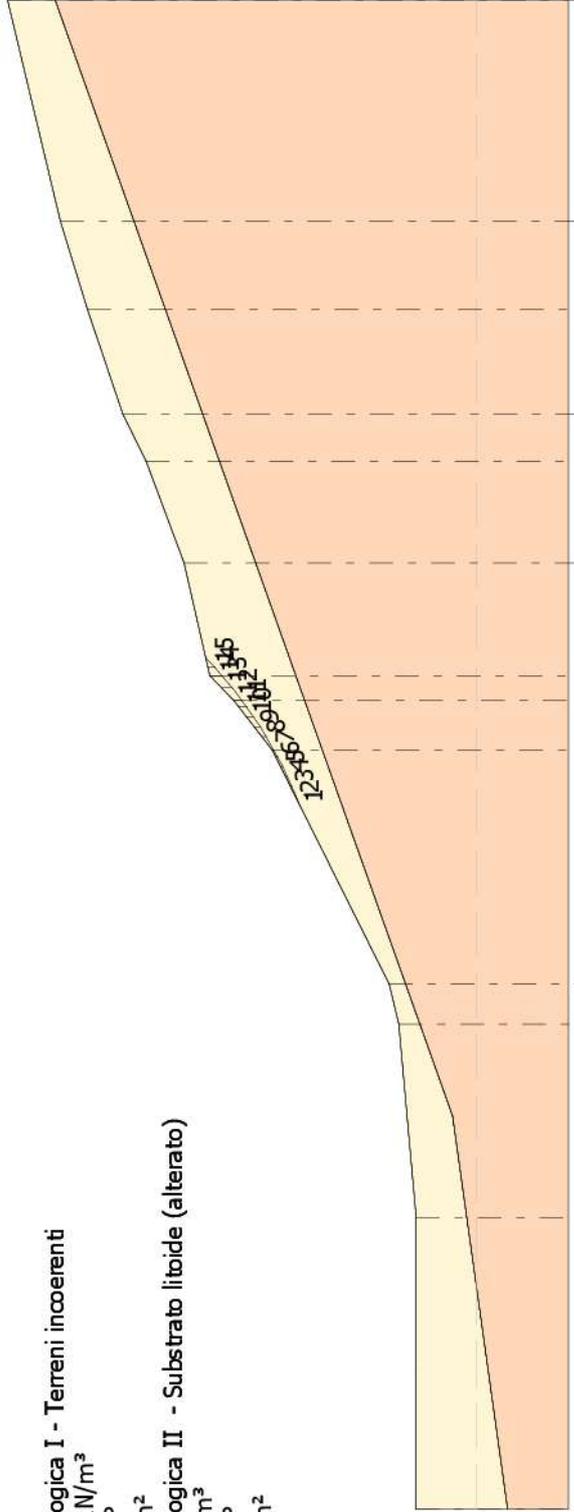
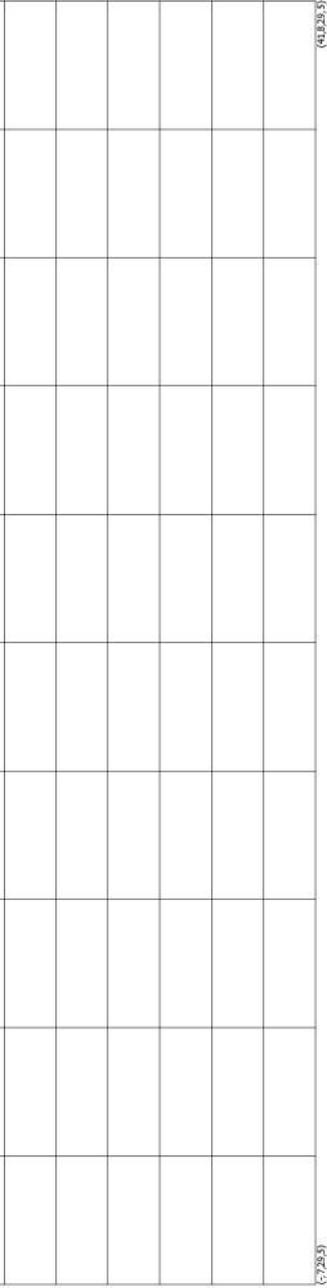
Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	0,5
Ascissa centro superficie	18,4 m
Ordinata centro superficie	30,38 m
Raggio superficie	14,08 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie critica $x_c = 18,404$ $y_c = 30,383$ $R_c = 14,081$ $F_s = 0,503$

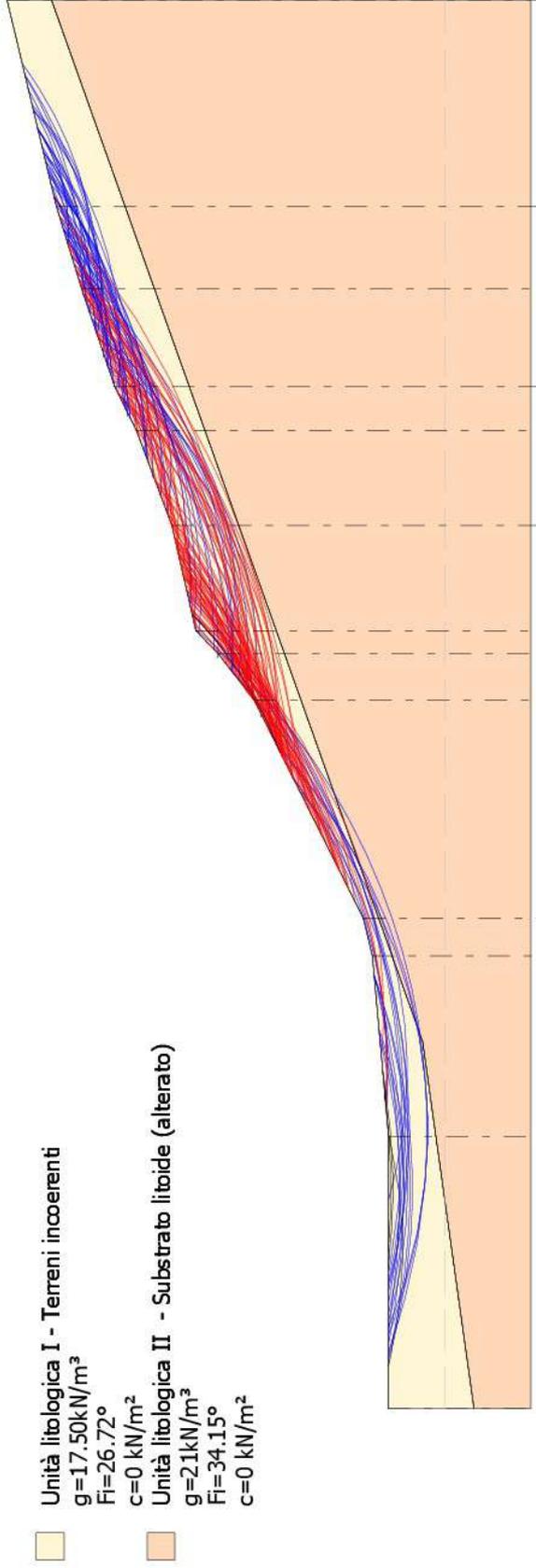
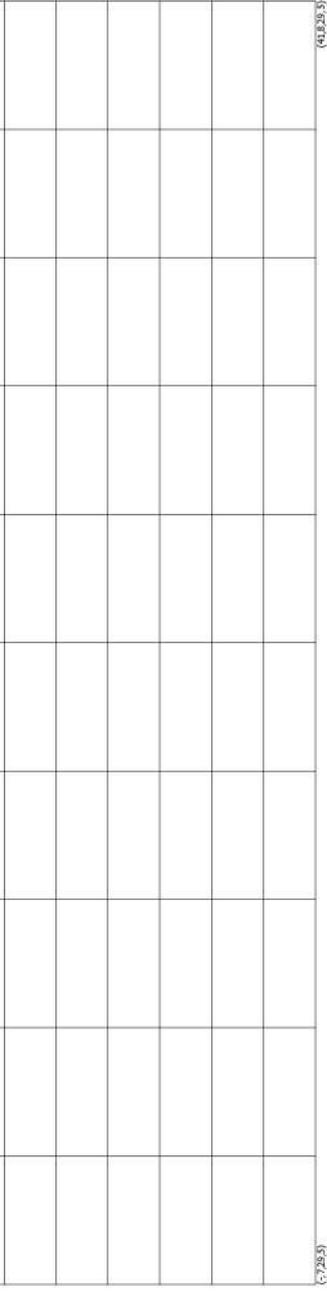
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,33	21,1	0,35	0,11	0,0	0,0	0,0	21,9	0,0	0,1	0,1
2	0,33	22,5	0,36	0,3	0,0	0,0	0,0	21,9	0,0	0,2	0,2
3	0,33	23,9	0,36	0,42	0,01	0,0	0,0	21,9	0,0	0,3	0,3
4	0,33	25,4	0,36	0,49	0,01	0,0	0,0	21,9	0,0	0,4	0,3
5	0,33	26,9	0,37	0,5	0,01	0,0	0,0	21,9	0,0	0,4	0,3
6	0,21	28,1	0,24	0,3	0,0	0,0	0,0	21,9	0,0	0,2	0,2
7	0,44	29,7	0,51	0,96	0,01	0,01	0,0	21,9	0,0	0,8	0,6
8	0,33	31,5	0,38	1,1	0,02	0,01	0,0	21,9	0,0	0,9	0,7
9	0,33	33,1	0,39	1,36	0,02	0,01	0,0	21,9	0,0	1,1	0,8
10	0,33	34,7	0,4	1,54	0,02	0,01	0,0	21,9	0,0	1,2	0,9
11	0,21	36,0	0,26	1,06	0,02	0,01	0,0	21,9	0,0	0,9	0,6
12	0,44	37,7	0,56	2,58	0,04	0,02	0,0	21,9	0,0	2,1	1,5
13	0,39	39,9	0,5	2,66	0,04	0,02	0,0	21,9	0,0	2,2	1,6
14	0,27	41,6	0,36	1,54	0,02	0,01	0,0	21,9	0,0	1,2	0,9
15	0,33	43,3	0,45	0,69	0,01	0,01	0,0	21,9	0,0	0,6	0,4



- Unità litologica I - Terreni incoerenti**
 g=17.50kN/m³
 Fi=26.72°
 c=0 kN/m²
- Unità litologica II - Substrato litoido (alterato)**
 g=21kN/m³
 Fi=34.15°
 c=0 kN/m²

Quote	13,38	13,37	16,07	17,40	25,15	26,79	27,62	31,36	34,72	36,29	39,76	42,68	50,00
Distanze Parziali	0,00	9,66	6,41	1,33	7,75	1,64	0,83	3,74	3,36	1,57	3,47	2,92	7,32
Distanze Progressive	0,00	9,66	16,07	17,40	25,15	26,79	27,62	31,36	34,72	36,29	39,76	42,68	50,00

Verifica di stabilità globale opera-terreno - ANTE OPERAM (A2+M2+R2) - Visualizzazione superficie critica - Fs = 0.50 - Scala 1:250



- Unità litologica I - Terreni incoerenti**
 $g=17.50\text{kN/m}^3$
 $F_i=26.72^\circ$
 $c=0\text{ kN/m}^2$
- Unità litologica II - Substrato litoido (alterato)**
 $g=21\text{kN/m}^3$
 $F_i=34.15^\circ$
 $c=0\text{ kN/m}^2$

Quote	13,38	13,37	13,94	14,25	17,40	18,10	19,36	20,15	21,00	22,24	23,01	24,17	25,06	26,80
Distanze Parziali	0,00	9,66	16,07	17,40	26,79	27,62	31,36	34,72	36,29	39,76	42,68	50,00	7,32	
Distanze Progressive	0,00	9,66	16,07	17,40	26,79	27,62	31,36	34,72	36,29	39,76	42,68	50,00	7,32	

Verifica di stabilità globale opera-terreno - ANTE OPERAM (A2+M2+R2) - Visualizzazione superfici calcolate - F_s minimo = 0.50 - Scala 1:250
 In rosso le superfici con $F_s < 1$, in blu con $F_s > 1$

VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE OPERA-TERRENO
Condizioni di progetto (POST OPERAM)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,969867/8,609534
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Caratteristici regime resistenze compensate
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-0,73 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	29,53 m
Ascissa vertice destro superiore xs	41,79 m
Ordinata vertice destro superiore ys	46,59 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,18	2,53	0,16
S.L.D.	50,0	0,23	2,51	0,19
S.L.V.	475,0	0,51	2,58	0,28
S.L.C.	975,0	0,64	2,6	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,27	0,2	0,0055	0,0028
S.L.D.	0,345	0,2	0,007	0,0035
S.L.V.	0,765	0,2	0,0156	0,0078
S.L.C.	0,96	0,2	0,0196	0,0098

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,016
Coefficiente azione sismica verticale	0,008

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	13,38
2	8,4	13,37
3	13,01	14,28
4	13,91	14,28
5	13,91	16,89
6	20,91	16,89
7	21,21	17,02
8	21,21	17,94
9	23,2	19,65
10	40,78	19,65
11	40,78	22,05
12	42,3	22,85
13	43,2	22,85
14	43,2	25,35
15	44,78	25,57
16	50,0	26,8

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	10,36
2	13,03	12,17
3	23,62	15,91
4	34,2	19,65
5	41,38	19,65
6	42,13	22,45
7	50,0	25,23

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	26.72	17.50	19	Unità litologica I - Terreni incoerenti
2	0	34.15	21	21.50	Unità litologica II - Substrato alterato

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (kN/m³)
1	13,91	14,28	0,4	1	2,7	0,3	0,5	25
2	40,78	19,65	0,4	0,6	2,5	0,3	0,5	25
3	43,2	22,85	0,4	0,6	2,5	0,3	0,5	25
4	21,21	17,02	0	0,5	1,05	0,3	0,3	25

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kN/m²)	Metodo stabilizzazione
1	13,28	13,78	0,4	3	90	4	1000	Tensione tangenziale
2	14,33	13,78	0,4	3	90	4	1000	Tensione tangenziale
3	21,10	16,62	0,4	3	90	4	1000	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m²)
1	14,91	16,89	19,91	16,89	10
2	25,01	19,65	38,41	19,65	50

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,4
Ascissa centro superficie	20,53 m
Ordinata centro superficie	29,53 m
Raggio superficie	13,24 m

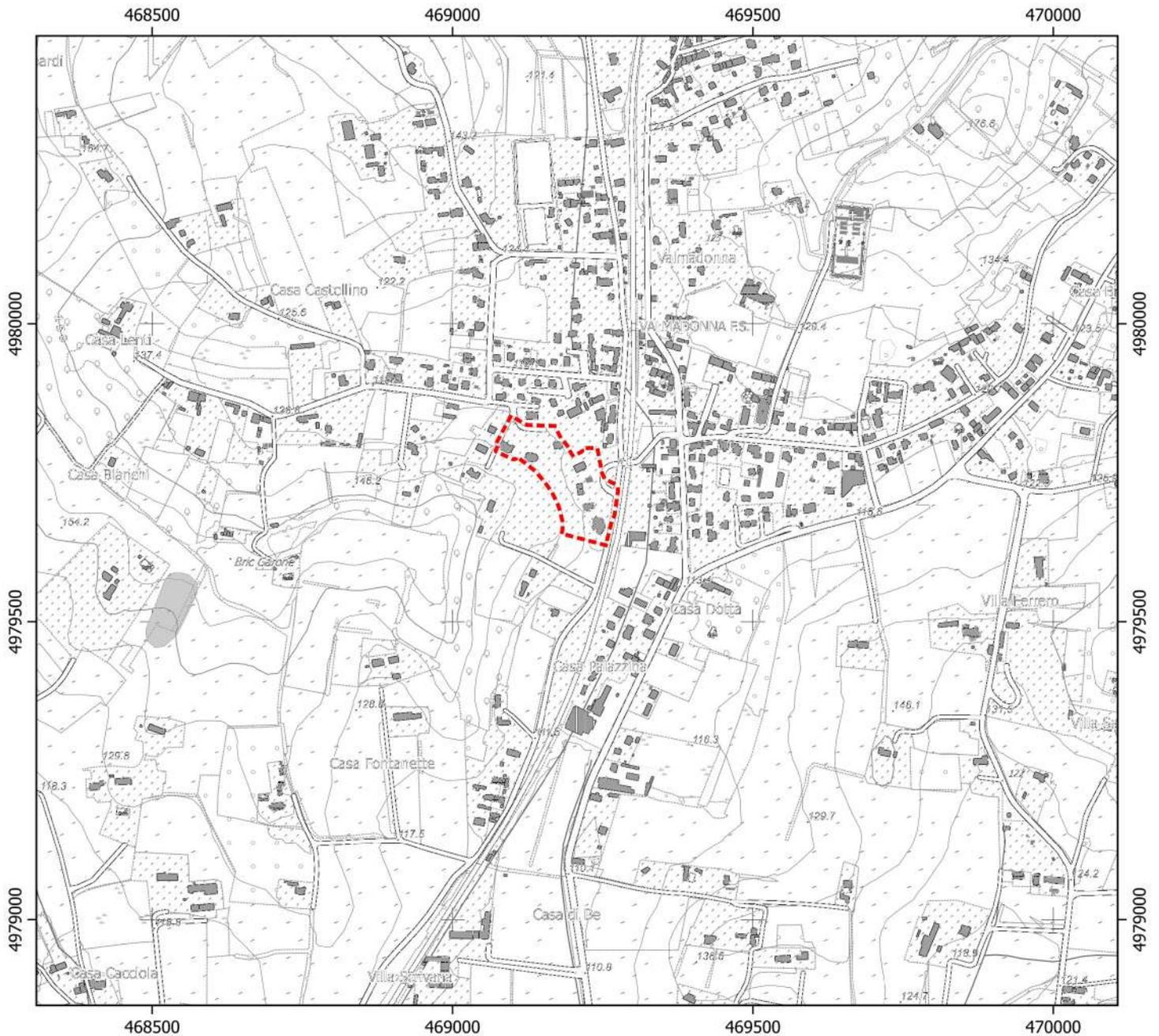
B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Superficie critica $x_c = 20,53$ $y_c = 29,533$ $R_c = 13,241$ $F_s = 1,398$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (kN)	Kh•Wi (kN)	Kv•Wi (kN)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (kN)	N'i (kN)	Ti (kN)
1	0,85	-15,4	0,88	9,35	0,15	0,07	0,0	21,9	0,0	10,4	2,7
2	0,85	-11,6	0,87	13,38	0,21	0,11	0,0	21,9	0,0	14,4	3,8
3	0,85	-7,9	0,86	15,54	0,25	0,12	0,0	21,9	0,0	16,3	4,3
4	0,85	-4,2	0,85	16,03	0,26	0,13	0,0	21,9	0,0	16,4	4,3
5	1,22	0,3	1,22	28,59	0,46	0,23	0,0	21,9	0,0	28,5	7,5
6	0,48	4,0	0,49	15,12	0,24	0,12	0,0	21,9	0,0	14,9	3,9
7	0,85	6,9	0,86	34,34	0,55	0,27	0,0	21,9	0,0	33,5	8,8
8	0,66	10,2	0,67	32,84	0,53	0,26	0,0	21,9	0,0	31,9	8,3
9	1,04	14,0	1,08	54,19	0,87	0,43	0,0	21,9	0,0	52,4	13,7
10	0,85	18,2	0,89	44,23	0,71	0,35	0,0	21,9	0,0	42,9	11,2
11	0,85	22,1	0,92	77,92	1,25	0,62	0,0	21,9	0,0	76,0	19,9
12	0,85	26,2	0,95	72,25	1,16	0,58	0,0	21,9	0,0	71,3	18,7
13	0,85	30,4	0,98	65,46	1,05	0,52	0,0	21,9	0,0	65,8	17,2
14	0,85	34,7	1,03	57,41	0,92	0,46	0,0	21,9	0,0	59,1	15,5
15	0,85	39,3	1,1	42,89	0,69	0,34	0,0	21,9	0,0	45,7	12,0

TAVOLE GRAFICHE

- Corografia con tematismi SIFraP Scala 1:10.000
- Planimetria indagini e interventi Scala 1:1000
- Sezioni geologiche interpretative Scala 1:250
- Documentazione fotografica



SIFRAP_SI_Frane_Piemonte

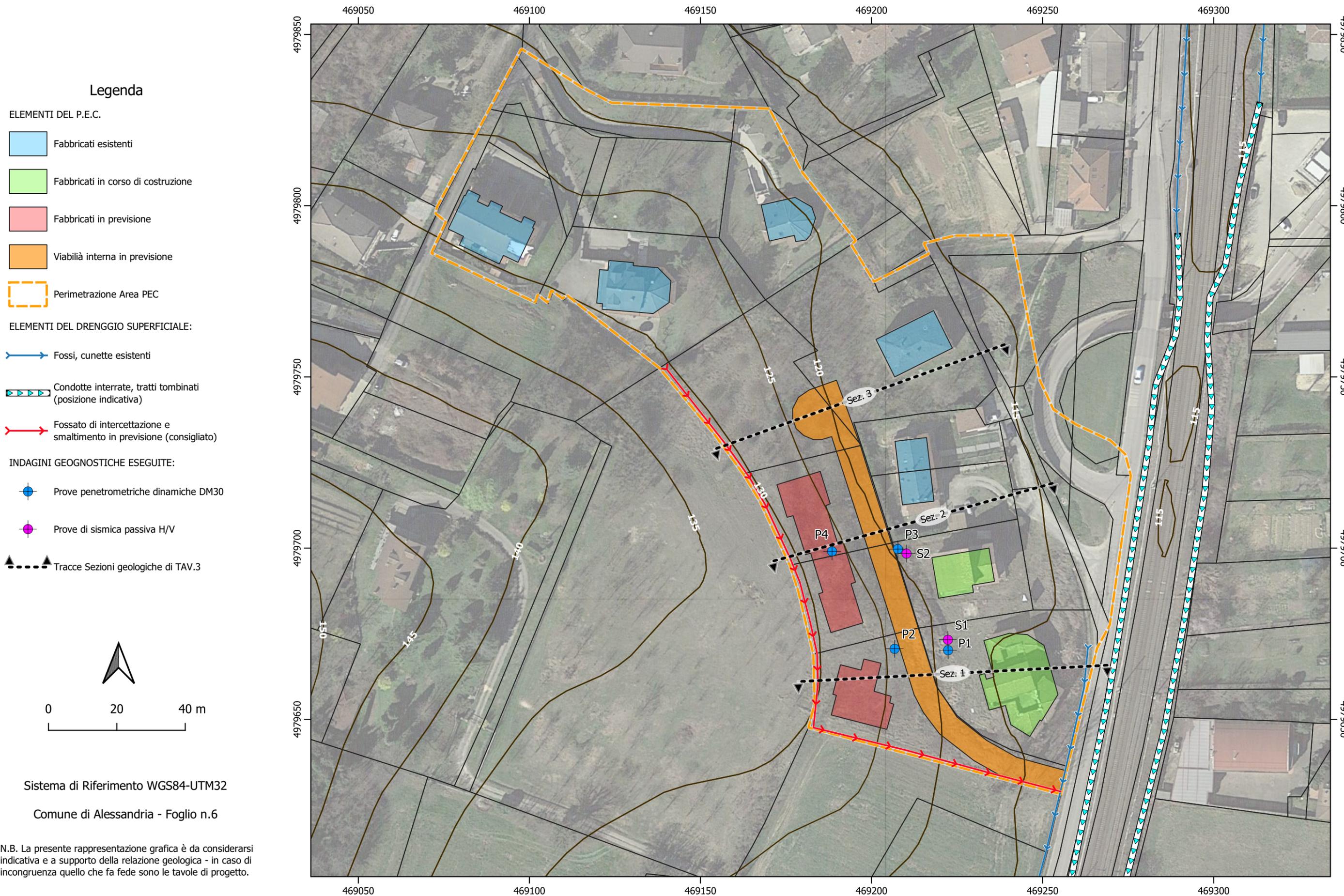
Frane areali

- Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Complesso
- Crollo/Ribaltamento
- DGPV
- Espansione
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Settore CARG
- Sprofondamento
- n.d.



Perimetro PEC "Le Fontanelle"

Rielaborazione basata su dati originali del Dataset
SIFRAP - Sistema Informativo Frane in Piemonte di
Arpa Piemonte
(collegamento WMS con software GIS)



Legenda

ELEMENTI DEL P.E.C.

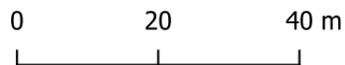
- Fabbricati esistenti
- Fabbricati in corso di costruzione
- Fabbricati in previsione
- Viabilità interna in previsione
- Perimetrazione Area PEC

ELEMENTI DEL DRENGGIO SUPERFICIALE:

- Fossi, cunette esistenti
- Condotte interrato, tratti tombinati (posizione indicativa)
- Fossato di intercettazione e smaltimento in previsione (consigliato)

INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE:

- Prove penetrometriche dinamiche DM30
- Prove di sismica passiva H/V
- Tracce Sezioni geologiche di TAV.3

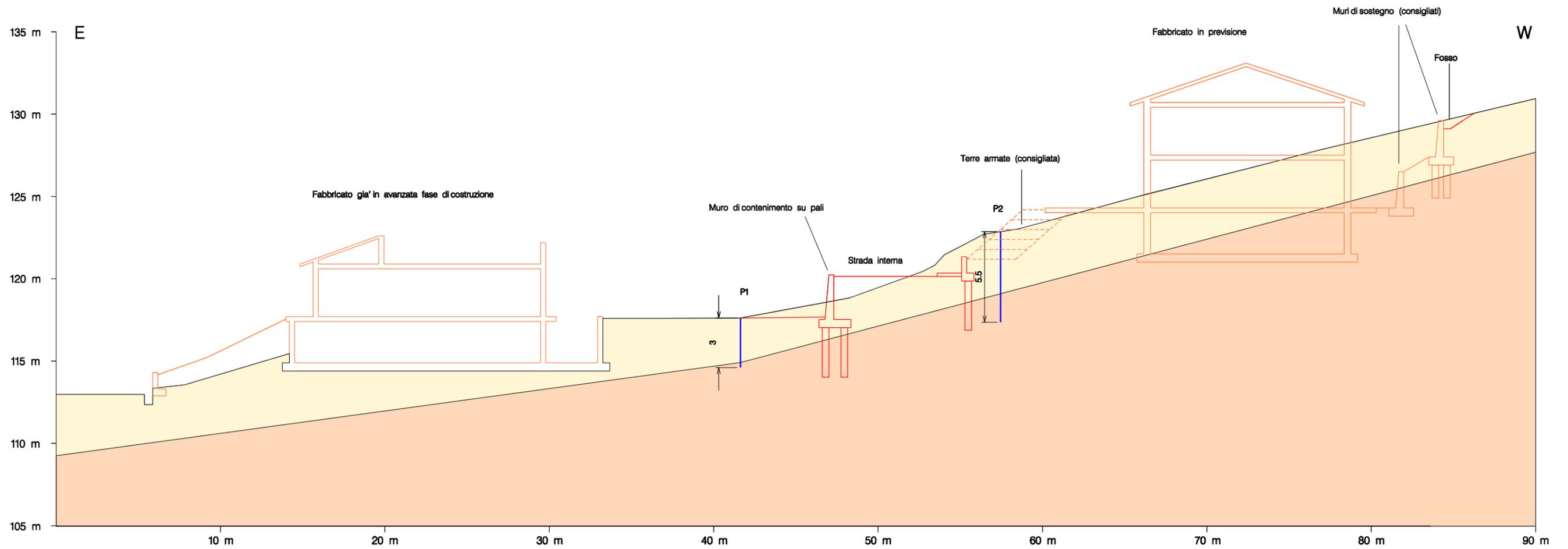


Sistema di Riferimento WGS84-UTM32

Comune di Alessandria - Foglio n.6

N.B. La presente rappresentazione grafica è da considerarsi indicativa e a supporto della relazione geologica - in caso di incongruenza quello che fa fede sono le tavole di progetto.

SEZIONE 1



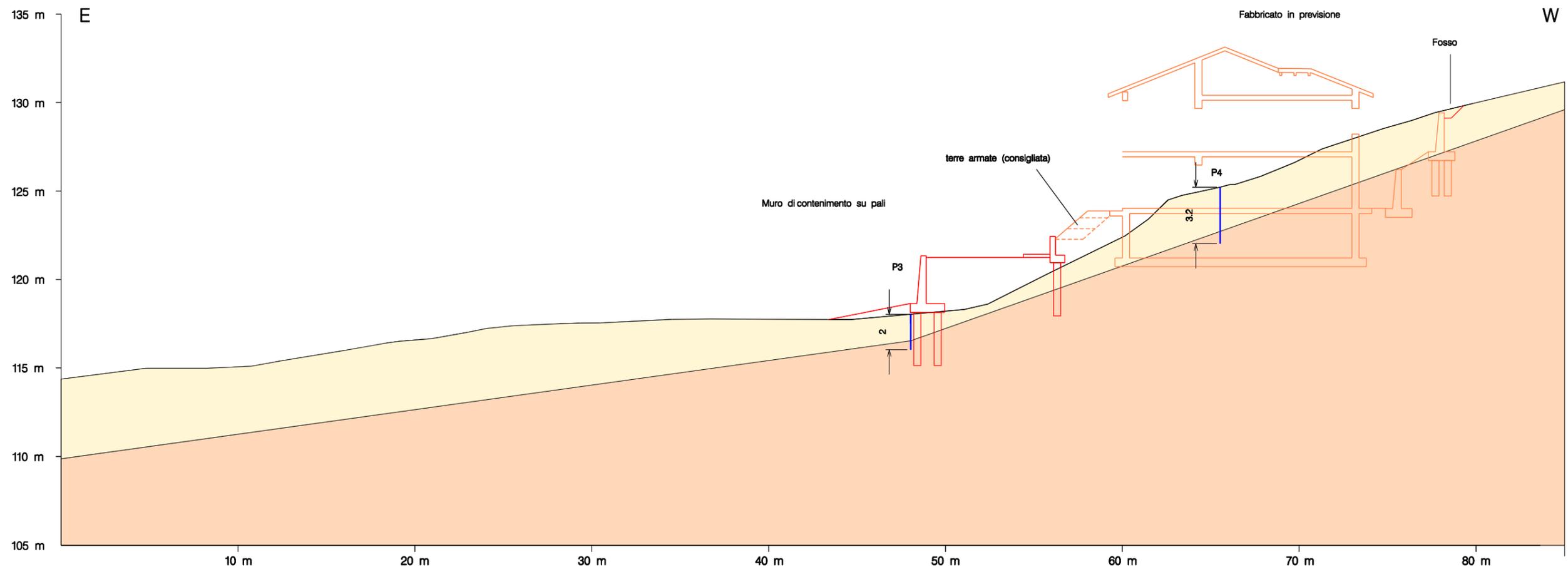
- Unita' litologica I – Terreni incoerenti indifferenziati
- Unita' litologica II – Substrato litolde (molto alterato nella porzione superiore)

Prove penetrometriche dinamiche eseguite

Interventi inerenti opere di urbanizzazione (viabilità interna)

Interventi inerenti l'edificazione dei singoli lotti

SEZIONE 2

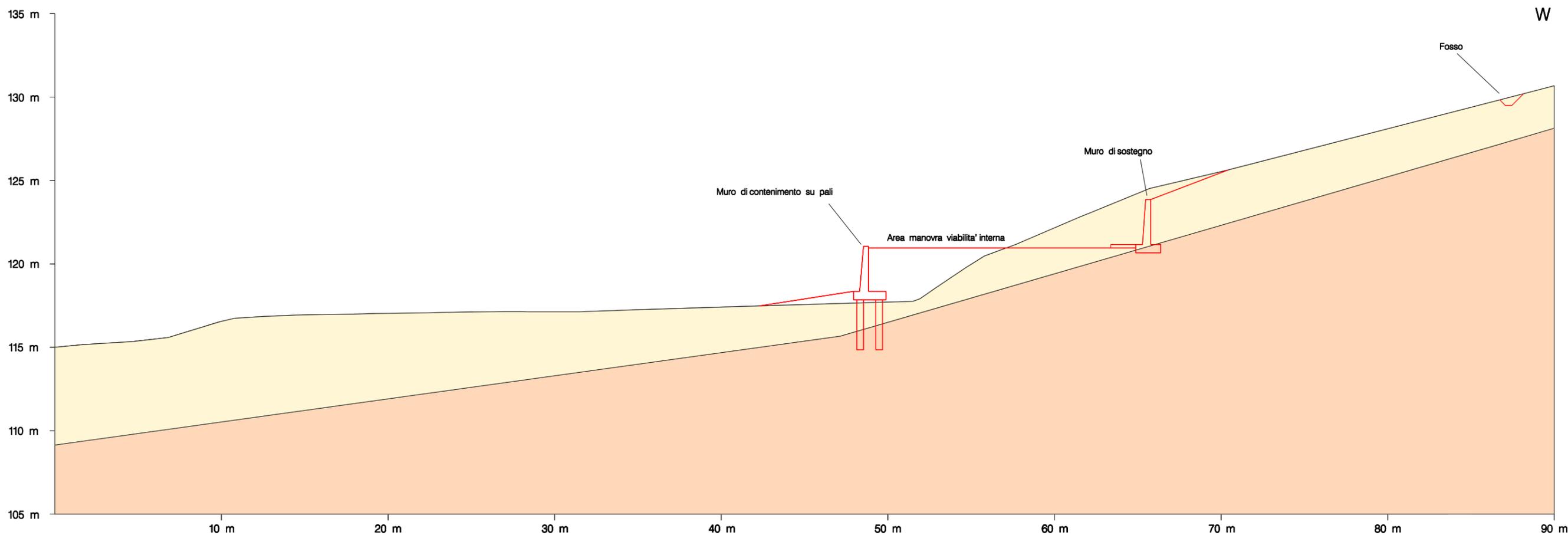


- Unita' litologica I – Terreni incoerenti indifferenziati
- Unita' litologica II – Substrato litoide (molto alterato nella porzione superiore)

Prove penetrometriche dinamiche eseguite

- Interventi inerenti opere di urbanizzazione (viabilità interna)
- Interventi inerenti l'edificazione dei singoli lotti

SEZIONE 3



Unità litologica I - Terreni incoerenti indifferenziati

Unità litologica II - Substrato litoide (molto alterato nella porzione superiore)

Prove penetrometriche dinamiche eseguite

Interventi inerenti opere di urbanizzazione (viabilità interna)

Interventi inerenti l'edificazione dei singoli lotti



Foto n.1: Prova penetrometrica P1



Foto n.2: Prova penetrometrica dinamica P2



Foto n.3: Prova di sismica passiva H/V – S1, in prossimità di P1