

COMUNE DI CASTEL DI CASIO

CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims
Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili



NUOVA COSTRUZIONE DI ALLOGGI ERP ED ERS IN AMBITO COMUNALE URBANIZZATO PRIVO DI TALE OFFERTA, CON FABBRICATO ANTISISMICO E AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
MISSIONE M5C2 - COMPONENTE C2 - INVESTIMENTO 2.3
PROGRAMMA INNOVATIVO NAZIONALE PER LA QUALITÀ DELL'ABITARE

CUP G31B20001440001

COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Castel di Casio, Sindaco Dott. Marco Aldrovandi
Via Marconi 9, 40030 Castel di Casio (BO)

R.U.P. COMUNE DI CASTEL DI CASIO

Geom. Stefano Vitali

GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ciascuno per le proprie competenze:

PROGETTISTI OPERE ARCHITETTONICHE

ARCH. LORENZO DOMENICALI (Capogruppo)

Via Dossetti 96, 40026 Imola (BO)

ARCH. LAURA MANCINI

Via Macchiavelli 1, 40026 Imola (BO)

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI

ING. ANNA LISA GRANDI

Via E. Masi 2, 40137 Bologna

PROGETTISTI OPERE IMPIANTISTICHE e ACUSTICA

Studio Associato ENERGIA - Viale Marconi 30/3, 48018 Faenza (RA)

PER. IND. CHRISTIAN FABBI PER. IND. PIERO PONTI ING. DANIELE TASSINARI

GEOLOGIA E PROVE GEOLOGICHE

DOTT. GEOL. LUCA MONTI

Via Rigola 19, 40133 Bologna

COORDINATORE PER LA SICUREZZA

GEOM. ANDREA PALMIERI

Comune di Castel di Casio

Via Marconi 9, 40030 Castel di Casio (BO)

RELAZIONE GEOLOGICA

REL. GEOL

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO	3
3.	PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO	3
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO	4
5.	SISMICITÀ.....	4
5.1.	COORDINATE DEL SITO DI INTERVENTO.....	5
5.2.	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	5
5.3.	CATEGORIA DI SUOLO	5
6.	LITOSTRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	6
7.	INTERVENTO IN PROGETTO.....	8
8.	VERIFICHE ANALITICHE DI STABILITÀ GLOBALE.....	9
9.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	10

Allegati a fine testo

1. PREMESSA

Scopo del presente studio è stato individuare le condizioni morfologiche, litologiche, geotecniche e sismiche di un'area posta in Località Berzantina in via Fornace nel Comune di Castel di Casio (BO), dove è in progetto la costruzione di alloggi ERP ed ERS, con fabbricato antisismico e ad alta efficienza energetica, come rappresentato negli elaborati progettuali cui si rimanda per una completa visione.

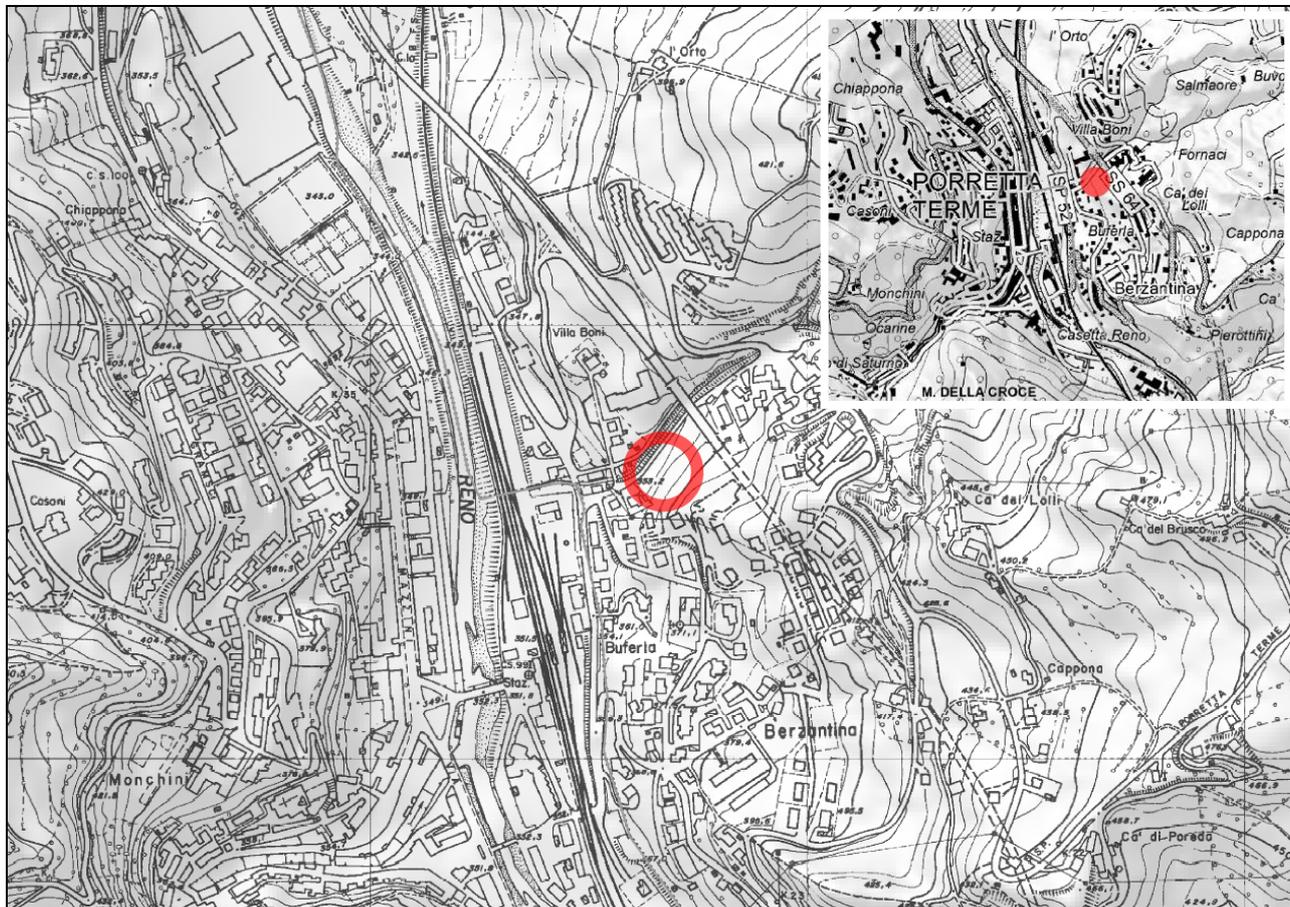


Figura 1. Stralci CTR Regione Emilia Romagna.

Per determinare la situazione geologica e morfologica generale e accertare la natura litologica dei terreni è stata effettuata un'analisi di superficie a cui è seguita, al fine di creare un panorama conoscitivo il più completo possibile, la consultazione della seguente cartografia:

- *Cartografia geologica on-line a cura del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna;*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno;*
- *Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Bologna;;*

Vista la tipologia di opera in progetto e il contesto di inserimento, per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica dell'area si è fatto riferimento alle indagini realizzate nell'ambito del precedente progetto inerente la realizzazione del parcheggio posto in adiacenza all'area di intervento nel medesimo contesto geologico e morfologico. Si tratta in particolare di due prove penetrometriche dinamiche super pesanti e un'indagine sismica passiva a stazione singola con tromografo digitale (Tromino®).

L'area di intervento è ubicata nell'Elemento n° 251042 "Porretta Terme" della Carta Tecnica Regionale, alla scala 1:5.000.

2. PIANO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino del Reno, al Titolo I relativo al Rischio da frana e all'Assetto dei versanti, ed in particolare la Carta delle Attitudini alle Trasformazioni Urbanistiche, inserisce l'ambito in oggetto in una U.I.E. perimetrata dalla Scheda 118 "Berzantina" della Zonizzazione delle Aree a Rischio classificata come *Zona 5 area di influenza (art.9-10)*.

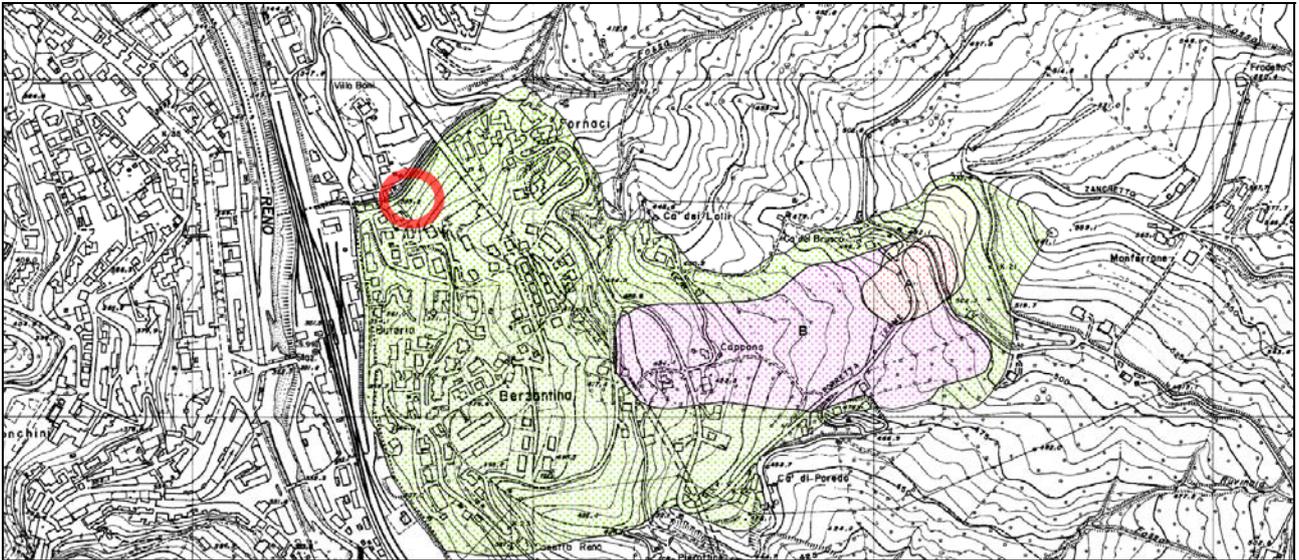


Figura 2. Stralcio Scheda 118 "Berzantina" Zonizzazioni Aree a Rischio Perimetrata.

In base alle norme di Piano, le lavorazioni previste sono consentite senza prevedere ulteriori approfondimenti per quanto riguarda la pericolosità e il rischio di versante.

3. PIANO TERRITORIALE METROPOLITANO

La Carta di Area Vasta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali del PTM (Figura 3), che costituisce il primo livello di microzonazione sismica, riporta in corrispondenza dell'area di intervento una superficie classificata in parte come NP: "Substrato non rigido affiorante/subaffiorante"; substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture $H < 3m$).
Inclinazione del pendio $15^\circ < i < 50^\circ$

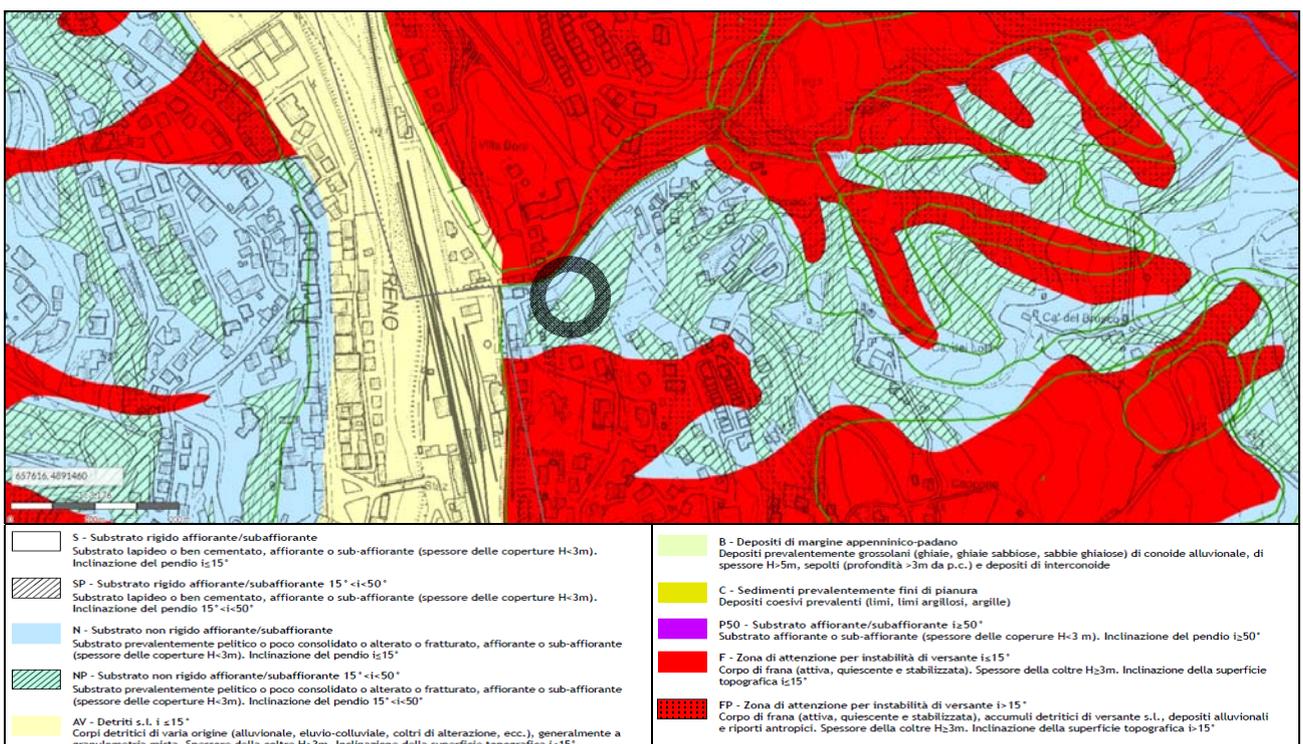


Figura 3. Stralcio della Tavola 2C Foglio VII della Variante al PTCP "Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di

effetti locali”.

In base alle Norme di Attuazione del PTM (art. 28) per l'area in esame gli effetti attesi e approfondimenti richiesti sono: *"Effetti attesi e approfondimenti richiesti: aree suscettibili di amplificazione stratigrafica e topografica. È richiesta la stima dell'amplificazione stratigrafica e, in caso di differenze di quota (dislivello) >30m, l'amplificazione topografica e la sua area d'influenza. In relazione a tali aree è ritenuto sufficiente il II livello di approfondimento.*

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E MORFOLOGICO

L'area in oggetto ricade ad una quota di circa 360 m s.l.m. alla base di un versante posto in destra idrografica del Fiume Reno. Il rilevamento geologico-morfologico effettuato non ha evidenziato la presenza di elementi e indicatori morfologici che individuino la presenza di fenomeni di dissesto in atto e/o potenzialmente tali; il comparto risulta stabile.

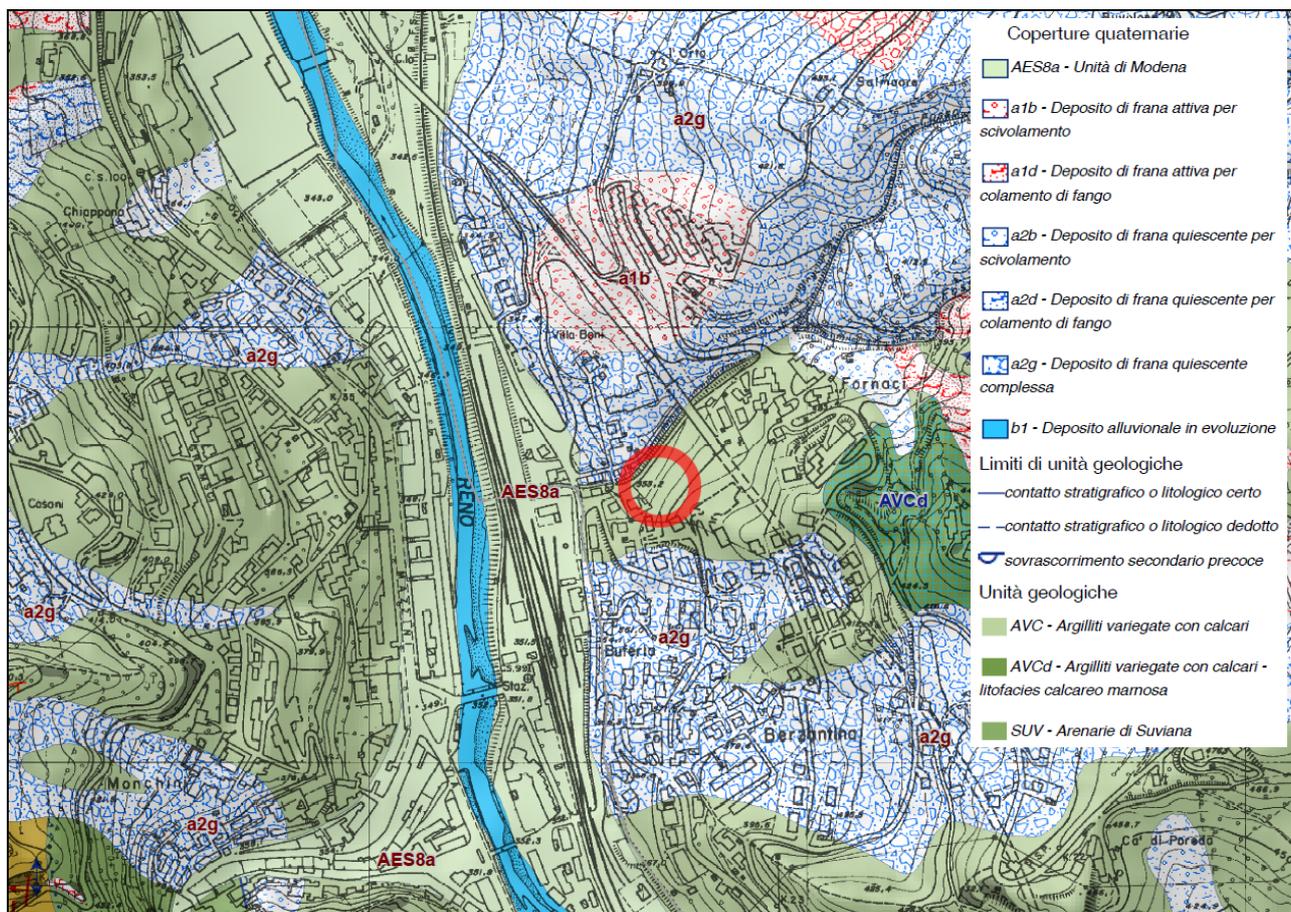


Figura 4. Stralcio carta geologica.

Dal punto di vista geologico il substrato è costituito da depositi ascrivibili alle Argilliti Variegata con Calcari (AVC). Si tratta di marne e marne argillose grigiastre o nerastre alla frattura fresca, verdastre, bruno-rossastre o giallastre in seguito all'alterazione superficiale. Si presentano con un'intensa fratturazione a scaglie e squame dalla forma appiattita e dai contorni irregolari; la presenza di sottili spalmature brunastre ferro-manganesifere, dà untuosità e lucidità alle superfici dei piccoli frammenti marnosi. Frequenti sono gli interstrati, di spessore compreso solitamente fra i 20 e i 50 cm, a volte lentiformi, di calcare marnoso o di calcilutite grigio chiara alla frattura, brunastra o bluasta in superficie per le patine manganesifere.

5. SISMICITÀ

In base alla classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n° 3274, il Comune di Castel di Casio (BO) è inserito in **Zona 3**. Di

seguito si riportano gli elementi per definire l'azione sismica di progetto come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

5.1. coordinate del sito di intervento

Le coordinate del sito di intervento sono:

- WGS84 (Lat,Lng): 44.157757,10.979481;
- ED50 (Lat,Lng): 44.158708,10.980477;

5.2. Condizioni topografiche

L'area in esame è ascrivibile, secondo la classificazione della Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche delle NTC18, alla categoria T2, dove si prevedono fenomeni di amplificazione topografica. Vista la collocazione propria del fabbricato, posto alla base del versante, il coefficiente topografico assume valore unitario ($S_T=1$).

5.3. Categoria di suolo

Al fine di caratterizzazione da un punto di vista sismico il comparto si è fatto riferimento all'indagine sismica passiva a stazione singola realizzata nell'ambito del precedente progetto relativo alla realizzazione del parcheggio ubicato in adiacenza all'area di intervento nel medesimo contesto geologico e morfologico. L'ubicazione del punto di misura è riportata nella seguente Foto e nella successiva Figura 5.



Foto 1. Indagine sismica passiva a stazione singola; punto di ripresa fotografica da SO.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200 Hz. In sintesi, dopo che il segnale dei tre velocimetri è stato acquisito, per un determinato tempo t , e digitalizzato a 24 bit, viene trasmesso ad un software dedicato, denominato Grilla il quale, per ciascuna delle 3 componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

1. divisione del tracciato in finestre la cui lunghezza è immessa dall'operatore;
2. depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
3. "taper" con una finestra di Bartlett;
4. "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;

6. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. smoothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
8. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura.

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre sia, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore perché riguarda oscillazioni molto piccole ($10 - 15 \text{ mm/s}^2$ in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. Nel 2004, nell'ambito di un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations), sono state elaborate le linee guida per l'esecuzione e l'interpretazione di misure sismiche di microtremore, creando così le premesse per la standardizzazione di questo tipo di indagine geofisica. Le misure di microtremori vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

I dati misurati dallo strumento sono stati elaborati e interpretati fornendo un report finale così strutturato:

Dati delle misura.	Ora di inizio e fine registrazione, frequenza di campionamento, ecc.
Horizontal to vertical spectral ratio	Grafico H/V
H/V Time history	Grafico Time history del rapporto H/V
Directional H/V	Grafico Direzionalità del rapporto H/V
Single component spectra	Grafico delle singole componenti spettrali
Experimental vs. sintetic H/V	Sovrapposizione della curva sperimenta alla curva H/V e istogramma Velocità/Profondità

Nell'ultima pagina dei singoli report è riportata la rispondenza delle misure, e relative elaborazioni, alle linee guida del progetto SESAME. I criteri si riferiscono all'utilizzo della misura per la valutazione della risposta sismica locale in accordo con il metodo di Nakamura.

L'elaborazione misura ha consentito di definire un valore del parametro V_{s30} di **410 m/sec** ascrivibile alla **categoria B** definita, nella Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC18, come: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato 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".

6. LITOSTRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Visto il contesto di inserimento e i riscontri effettuati durante il sopralluogo, per la definizione del quadro litostratigrafico e geotecnico si è fatto riferimento alle prove penetrometriche dinamiche super pesanti realizzate nell'ambito del progetto del parcheggio ubicato in adiacenza all'area di intervento nel medesimo conteso geologico e stratigrafico. I punti di indagini sono riportati nella successive immagini (Figura 5, Foto 2 e Foto 3).

Lo strumento utilizzato è un penetrometro Pagani TG 63-200 costituito da un maglio di 63,50 kg che, con una volata di 75 cm, infigge nel terreno una punta avente diametro di 51 mm mediante una batteria di aste. Il numero di colpi necessario per un avanzamento di 20 cm è assunto come indice della resistenza alla penetrazione ed utilizzato per le valutazioni dei parametri geotecnici/geomeccanici.



Figura 5. Ubicazione indagini geonostiche su immagine ortofoto con sovrapposta planimetria di progetto. P1,2= prove penetrometriche dinamiche super pesanti, Tr= indagine sismica passiva a stazione singola.



Foto 2. Prova penetrometrica P1; punto di ripresa fotografica da Ovest.



Foto 3. Prova penetrometrica P2; punto di ripresa fotografica da SSO.

Le prove sono state spinte sino a rifiuto strumentale terminando alla profondità di 4,4 e 5,4 m rispettivamente per la prova P1 e P2. Durante la fase esecutiva non è stato rilevato alcun livello freaticometrico, le aste sono risultate asciutte..

Alla luce dei dati raccolti e della tipologia di intervento in progetto, il modello geotecnico di riferimento per il progettista può essere rappresentato da due unità litotecniche. La prima (unità A) è costituita terreno limoso argilloso ascrivibile alla coltre eluvio colluviale, mentre la seconda (unità B), è costituita dai litotipi ascrivibili al substrato argillitico inizialmente alterato e decompresso. Il modello litotecnico è rappresentato graficamente nella sezione allegata a fine testo, nella seguente tabella, attenendosi alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con il D.M. 17-01-2018, si riportano i parametri geotecnici caratteristici di tali unità.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI				
<i>Unità litostratigrafiche</i>	γ_k [t/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [KPa]	c_{uk} [KPa]
Unità A: coltre eluvio colluviale	1,9	24	6	80
Unità B: substrato argillitico decompresso	2,1	28	12	150

Tabella 1: Parametri geotecnici caratteristici. γ_k = peso di volume; ϕ'_k = angolo d'attrito interno, c'_k = coesione efficace, c_{uk} = coesione non drenata.

Tali parametri rappresentano la caratterizzazione geotecnica dei terreni effettuata sulla base del modello geologico del sottosuolo ricostruito a seguito delle indagini e delle verifiche effettuate.

7. INTERVENTO IN PROGETTO

L'intervento in progetto prevede la costruzione di un fabbricato antisismico e ad alta efficienza energetica da adibire ad alloggi ERP e ERS, come rappresentato negli elaborati progettuali cui si rimanda per una completa visione. Si tratta, in particolare, di un edificio di tre piani collocato alla base di un versante in via Fornaci località Berzantina. Per impostare il piano di sedime del fabbricato, che sarà realizzato su pali del di diametro di 600 mm, saranno necessarie delle operazioni di scavo che, visto il contesto di inserimento e l'assetto topografico dell'area, saranno realizzati, al fine anche di limitare i movimenti terra, mediante un preliminare diaframma su pali collegato con trave di coronamento.

Alla luce delle soluzioni tecniche adottate, le lavorazioni sono, da un punto di vista geologico e geomorfologico, pienamente fattibili.

Per il dimensionamento delle strutture pere si dovrà fare riferimento ai parametri geotecnici caratteristici riportati nella precedente Tabella 1 e alla sezione litotecnica allegata a fine testo..

8. VERIFICHE ANALITICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Le analisi di stabilità sono state eseguite sia in condizioni statiche che sismiche con il programma di calcolo "Slope" della Geostru Software, che consente di determinare il coefficiente di sicurezza relativo ad ipotetiche superfici di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata. I metodi di calcolo prevedono la suddivisione della porzione di pendio in oggetto in un numero determinato di conci di uguale ampiezza. Ipotizzando che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali, le incognite risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione e le reazioni normali alla base. La risoluzione del calcolo analitico si ottiene introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci, che risultano differenti a seconda del metodo di calcolo utilizzato (Bell, Bishop, ecc).

Per la definizione delle superfici di scivolamento è stato scelto il metodo delle superfici circolari che permette di esaminare tutte le superfici aventi per centro il generico nodo di una maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Facendo riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 le analisi sono state eseguite seguendo l'Approccio 1 - Combinazione 2 verificando che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, si ritengono pertanto verificate tutte quelle superfici che presentano un fattore di sicurezza $FS \geq 1,0$.

Il modello geotecnico utilizzato è quello rappresentato nella sezione litotecnica allegata a fine testo, facendo riferimento ai parametri geotecnici riportati nella Tabella 1 espressi in termini di tensioni efficaci in quanto indicativi della condizione critica dei terreni nel lungo periodo.

Le NTC18 prevedono l'applicazione di differenti coefficienti parziali a seconda che le verifiche di stabilità siano realizzate in condizioni statiche o sismiche (verifiche pseudostatica). In particolare nelle verifiche sismiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici sono posti uguali ad 1 mentre per le resistenze si utilizza un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$ (par. 7.11 NTC18). Il fabbricato in progetto, è stato simulato con l'inserimento di un sovraccarico uniformemente distribuito sull'intero piano di sedime di 15 KPa.

Per le verifiche in condizioni sismiche sono stati considerati i seguenti dati di input:

- categoria di suolo B;
- coordinate geografiche del sito d'intervento ED50 (Lat,Lng): 44.158708,10.980477;
- tipo di opera: 2-Opere ordinarie;
- classe d'uso: Classe II;
- stato limite: Salvaguardia della vita (SLV; TR = 475 anni);
- categoria Topografica T2 con coefficiente topografico unitario ($S_T = 1,0$);
- coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito: $\beta_s = 0.24$;
- $a_{max} = 0.229g$; $k_h = 0.055$; $k_v = 0.028$;

Le verifiche di stabilità sono state realizzate lungo la sezione più critica rappresentata dal profilo S3 individuato planimetricamente nella Figura 5.

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle analisi analitiche effettuate; la relazione di calcolo con i relativi tabulati sono allegati a fine testo.

VERIFICA ANALITICA DI STABILITÀ METODO DI CALCOLO DI BELL		
<i>Descrizione</i>	<i>Coefficiente di sicurezza minimo</i>	
	<i>Cond. Statiche</i>	<i>Cond. Sismiche</i>
Stabilità globale sezione 3	1.61	1.60

Tabella 2: Quadro sinottico verifiche analitiche di stabilità.

Come si può osservare tutte le analisi di stabilità sono verificate mostrando un fattore di sicurezza maggiore di 1 (fattore minimo richiesto FS= 1.0).

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'analisi di quanto esposto nei paragrafi precedenti, i terreni si prestano all'intervento previsto dal progetto. Le opere risultano, da un punto di vista geologico e morfologico, pienamente fattibile attenendosi a quanto contenuto nella presente relazione e di seguito sinteticamente riassunto:

a) Classificazione sismica:

- Comune di Castel di Casio: **Zona 3**;
- Coordinate geografiche del sito d'intervento ED50 (Lat,Lng): **44.158708,10.980477**;
- Categoria topografica **T1, S_T= 1,0**;
- Categoria di suolo **B**;

b) Modello geotecnico del sottosuolo:

- Il modello geotecnico è rappresentato graficamente nella sezione litotecnica allegata a fine testo;
- La parametrizzazione geotecnica è riportato nella Tabella 1.

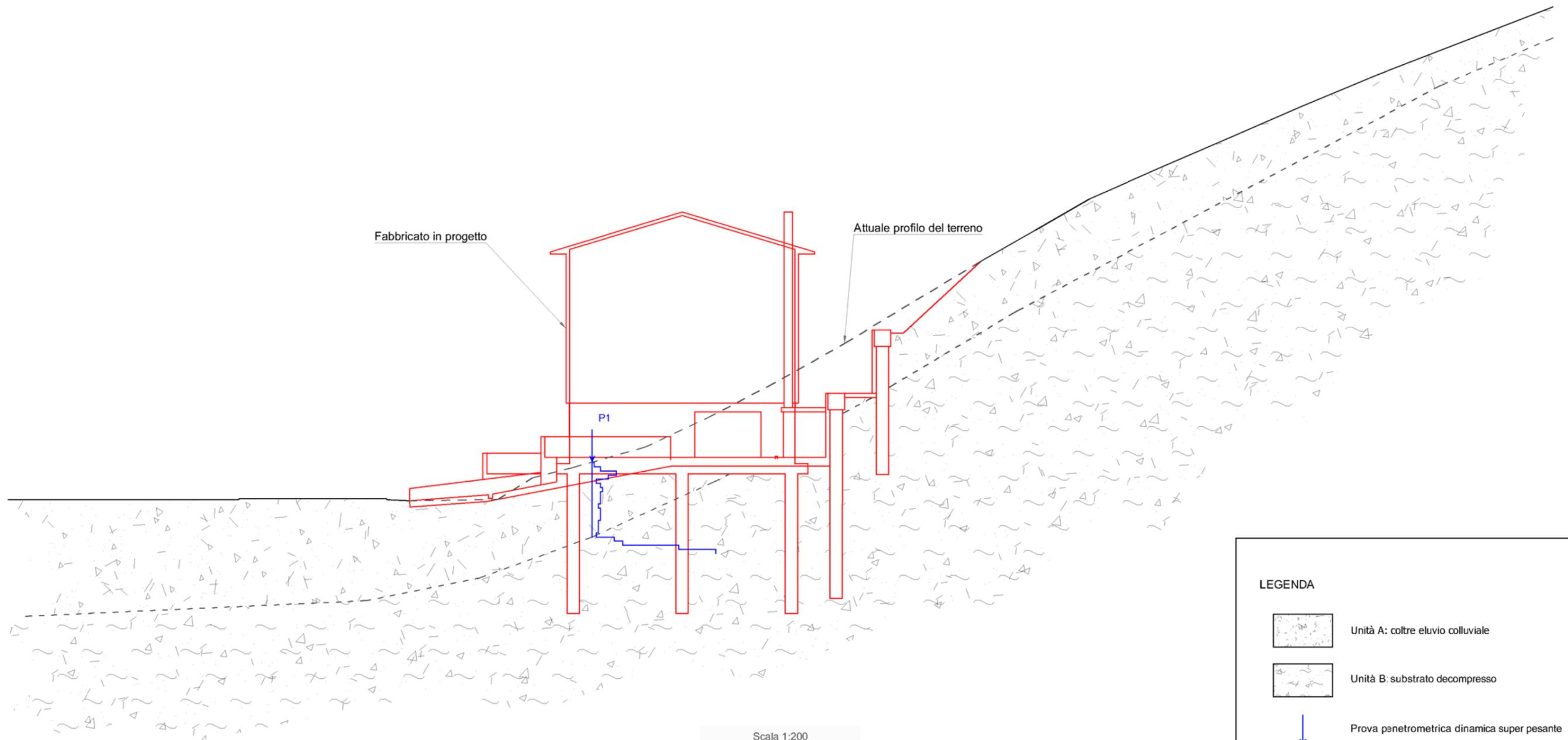
c) Opere in progetto:

- Fondazioni di tipo indiretto su pali;
- Scavi eseguiti con la realizzazione preliminare di diaframmi di pali.



Bologna, luglio 2023.

SEZIONE LITOTECNICA
Profilo S3

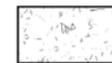


Fabbricato in progetto

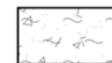
Attuale profilo del terreno

P1

LEGENDA



Unità A: coltre eluvio colluviale



Unità B: substrato decompresso



Prova penetrometrica dinamica super pesante



ALLEGATO A

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN

riferimento

B1**04-2022**Committente: **dott geol Luca Monti**

Cantiere:

Località: **Berzantina v Fornaci**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 18/01/2022

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0.20	1	1		7.45					
0.40	1	4		29.80					
0.60	2	12		89.38					
0.80	2	8		59.59					
1.00	2	2		13.81					
1.20	2	4		27.62					
1.40	2	5		34.52					
1.60	3	4		27.62					
1.80	3	4		27.62					
2.00	3	4		25.74					
2.20	3	3		19.30					
2.40	3	4		25.74					
2.60	4	4		25.74					
2.80	4	4		25.74					
3.00	4	3		18.07					
3.20	4	3		18.07					
3.40	4	3		18.07					
3.60	5	2		12.05					
3.80	5	11		66.27					
4.00	5	15		84.95					
4.20	5	42		237.86					
4.40	5	60		339.80					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN

riferimento

B2**04-2022**Committente: **dott geol Luca Monti**

Cantiere:

Località: **Berzantina v Fornaci**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 18/01/2022

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm ²
0.20	1	1		7.45					
0.40	1	3		22.35					
0.60	2	6		44.69					
0.80	2	10		74.49					
1.00	2	3		20.71					
1.20	2	3		20.71					
1.40	2	3		20.71					
1.60	3	4		27.62					
1.80	3	4		27.62					
2.00	3	3		19.30					
2.20	3	4		25.74					
2.40	3	3		19.30					
2.60	4	4		25.74					
2.80	4	5		32.17					
3.00	4	5		30.12					
3.20	4	4		24.10					
3.40	4	5		30.12					
3.60	5	4		24.10					
3.80	5	5		30.12					
4.00	5	5		28.32					
4.20	5	4		22.65					
4.40	5	6		33.98					
4.60	6	18		101.94					
4.80	6	15		84.95					
5.00	6	18		96.18					
5.20	6	58		309.90					
5.40	6	65		347.30					

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata

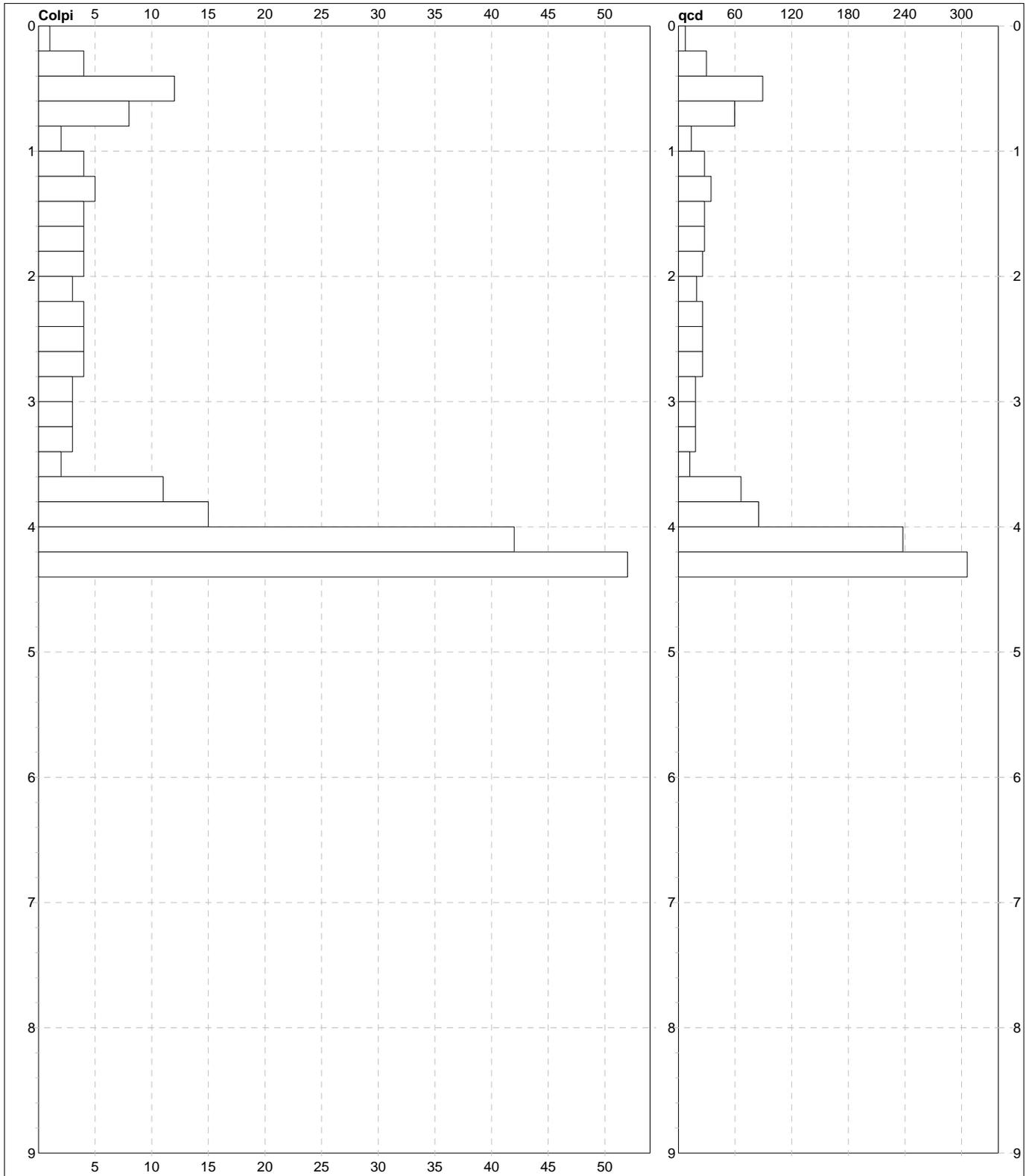


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	B1
riferimento	04-2022

Committente: **dott geol Luca Monti**
Cantiere:
Località: **Berzantina v Fornaci**

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: 18/01/2022
Scala: 1:45 Quota ass.:
Pagina: 1
Elaborato: Falda: Non rilevata



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)
Massa battente: 63.50 m
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

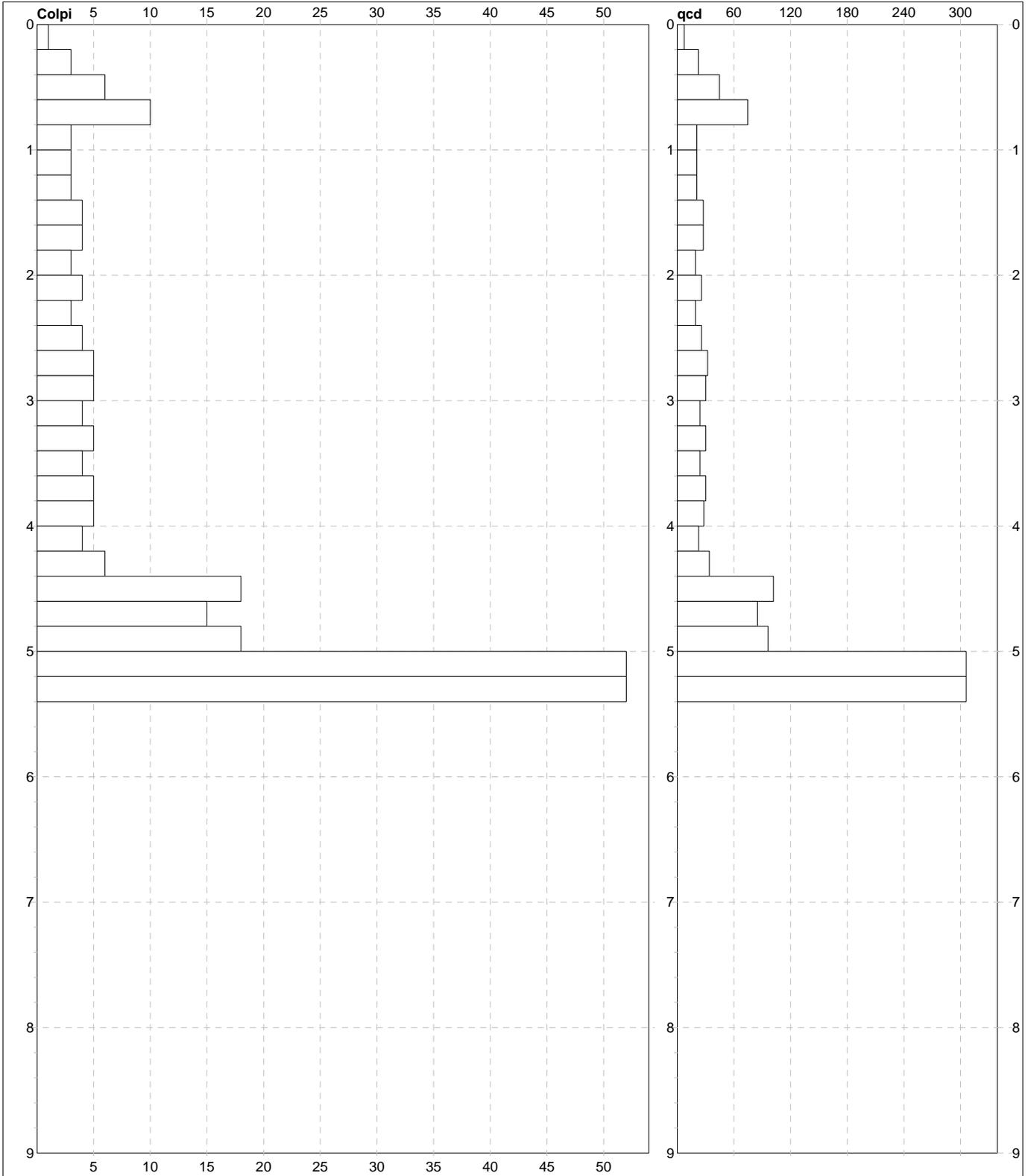


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	B2
riferimento	04-2022

Committente: **dott geol Luca Monti**
Cantiere:
Località: **Berzantina v Fornaci**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:45**
Pagina: **1**
Elaborato:
Data esec.: **18/01/2022**
Quota ass.:
Falda: **Non rilevata**



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)
Massa battente: 63.50 m
Altezza caduta: 0.75 m
Avanzamento: 0.20 m

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN

referimento

B1

04-2022

Committente: **dott geol Luca Monti**

Cantiere:

Località: **Berzantina v Fornaci**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 18/01/2022

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.80	Media	6	1.52	10	46.56	46.55	93	76	2.33	Granulare	
2	0.80 : 3.60	Media	4	1.52	5	22.84	20.27	115	43	1.14	Coes./Gran.	
3	3.60 : 4.00	Media	13	1.52	20	75.61	78.32	162	132	3.78	Granulare	
4	4.00 : 4.40	Media	51	1.52	78	288.83	288.83	228	392	14.44	Granulare	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 0.80	10	---	---	---	---	---	35	30	268	1.93	1.50	184	---
2	0.80 : 3.60	5	0.31	1.83	39.28	1.06	33	18	28	230	1.88	1.41	127	---
3	3.60 : 4.00	20	---	---	---	---	---	50	33	345	1.99	1.59	292	---
4	4.00 : 4.40	78	---	---	---	---	---	96	44	793	2.21	1.94	787	---

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

DIN

B2

referimento

04-2022

Committente: **dott geol Luca Monti**

Cantiere:

Località: **Berzantina v Fornaci**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 18/01/2022

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: Non rilevata

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp _d kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0.00 : 0.80	Media	5	1.52	8	37.25	37.24	90	63	1.86	Granulare	
2	0.80 : 4.40	Media	4	1.52	6	25.73	23.81	122	50	1.29	Coes./Gran.	
3	4.40 : 5.00	Media	17	1.52	26	94.36	96.28	177	163	4.72	Granulare	
4	5.00 : 5.40	Media	62	1.52	93	328.60	328.60	245	451	16.43	Granulare	

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0.00 : 0.80	8	---	---	---	---	---	28	29	253	1.91	1.46	161	---
2	0.80 : 4.40	6	0.38	1.85	37.04	1.00	36	22	28	238	1.89	1.43	139	---
3	4.40 : 5.00	26	---	---	---	---	---	59	35	392	2.03	1.65	343	---
4	5.00 : 5.40	93	---	---	---	---	---	100	45	908	2.24	1.99	915	---

ALLEGATO B

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

CASTEL DI CASIO_BERZANTINA VIA FORNACI TR8

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 18/01/22 13:15:36 Fine registrazione: 18/01/22 13:35:36

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

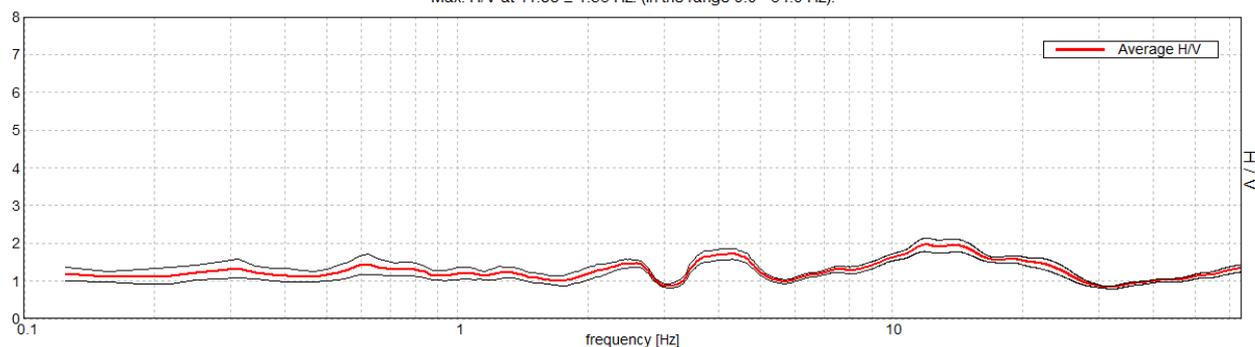
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

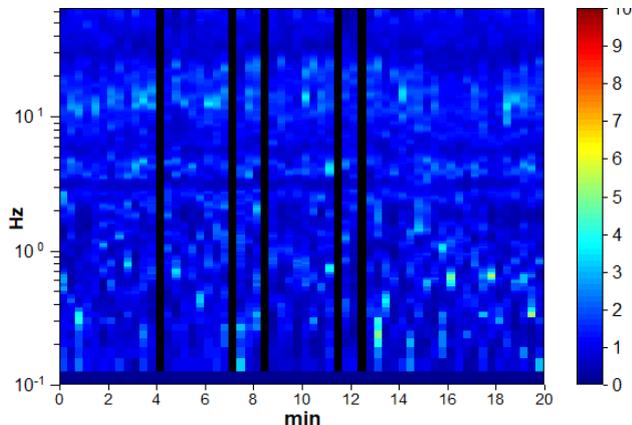
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

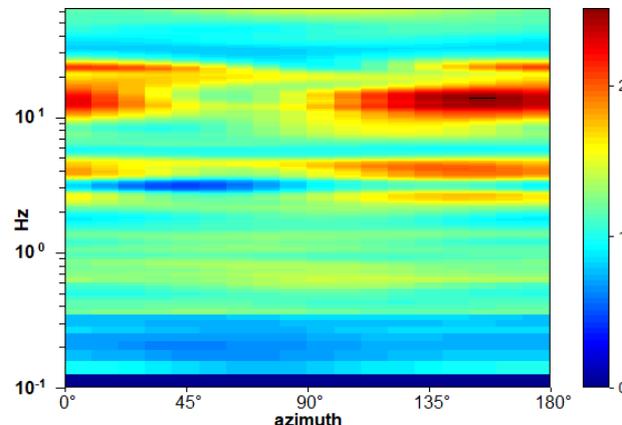
Max. H/V at 11.88 ± 1.36 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



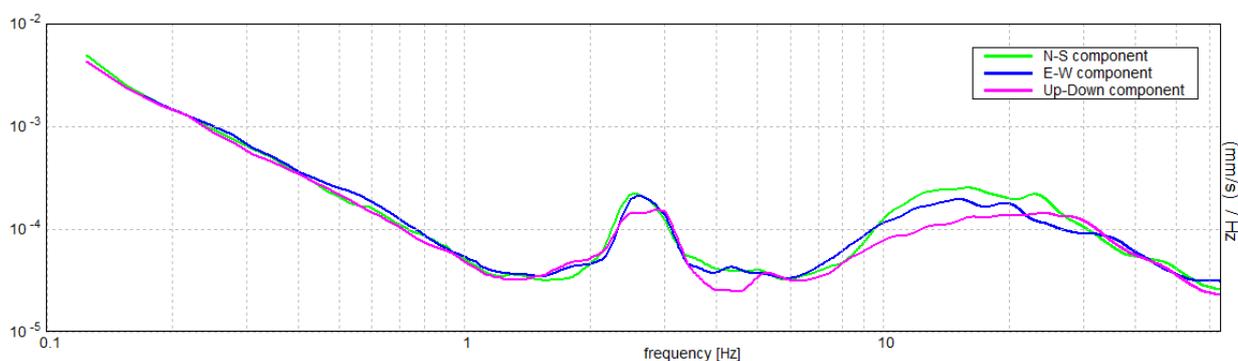
SERIE TEMPORALE H/V



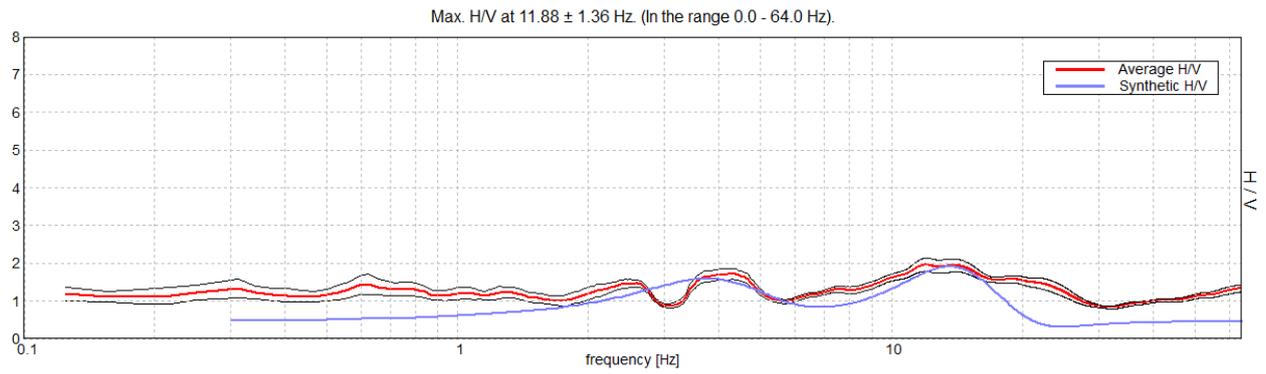
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

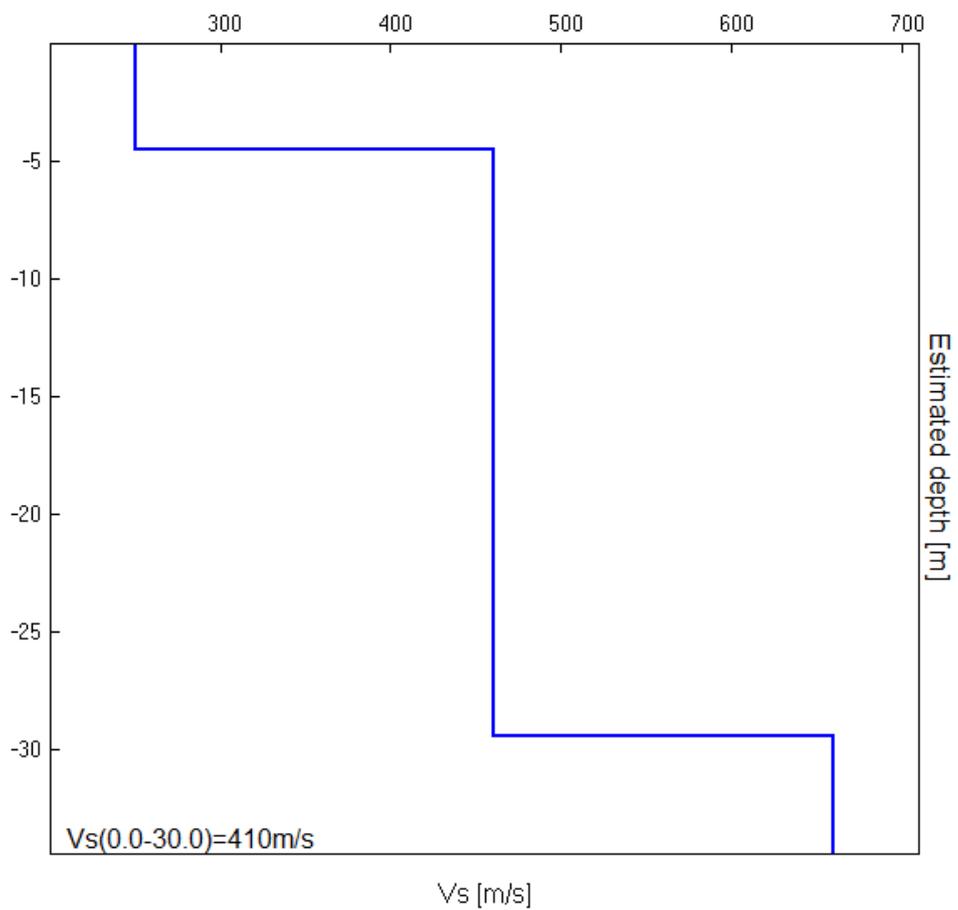


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
4.50	4.50	250	0.48
29.50	25.00	460	0.46
inf.	inf.	660	0.42

Vs(0.0-30.0)=410m/s



[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 11.88 ± 1.36 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$11.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$13062.5 > 200$	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 571	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.281 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	27.594 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.96 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11456 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.36038 < 0.59375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1735 < 1.58$	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

ALLEGATO C

VERIFICHE ANALITICHE DI STABILITA'

Relazione di calcolo

Definizione

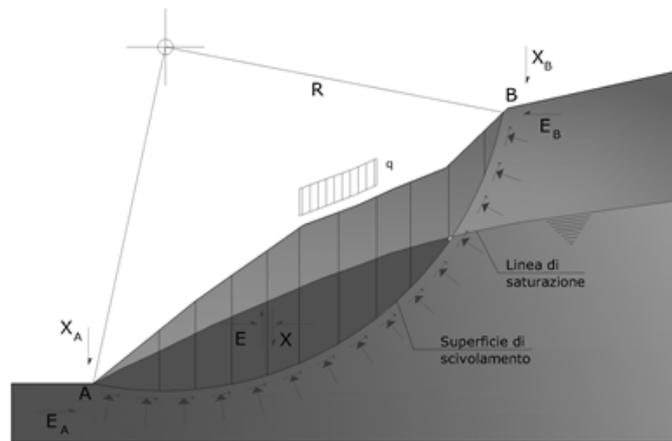
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in concii considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei concii.



Metodo dei concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;
- n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i ;
- $(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;
- $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_X W$ e $K_Z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento. Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

Φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.

Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_Z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i -esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno $K_Z g$ può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_Z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

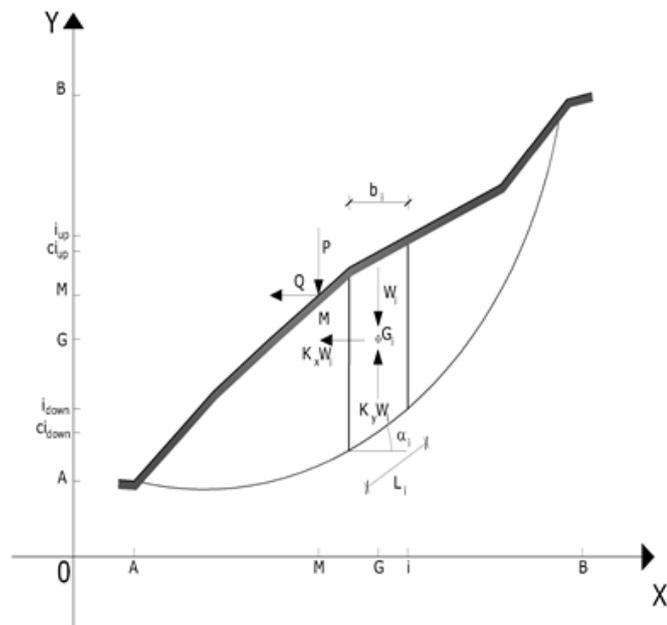
$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F , sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

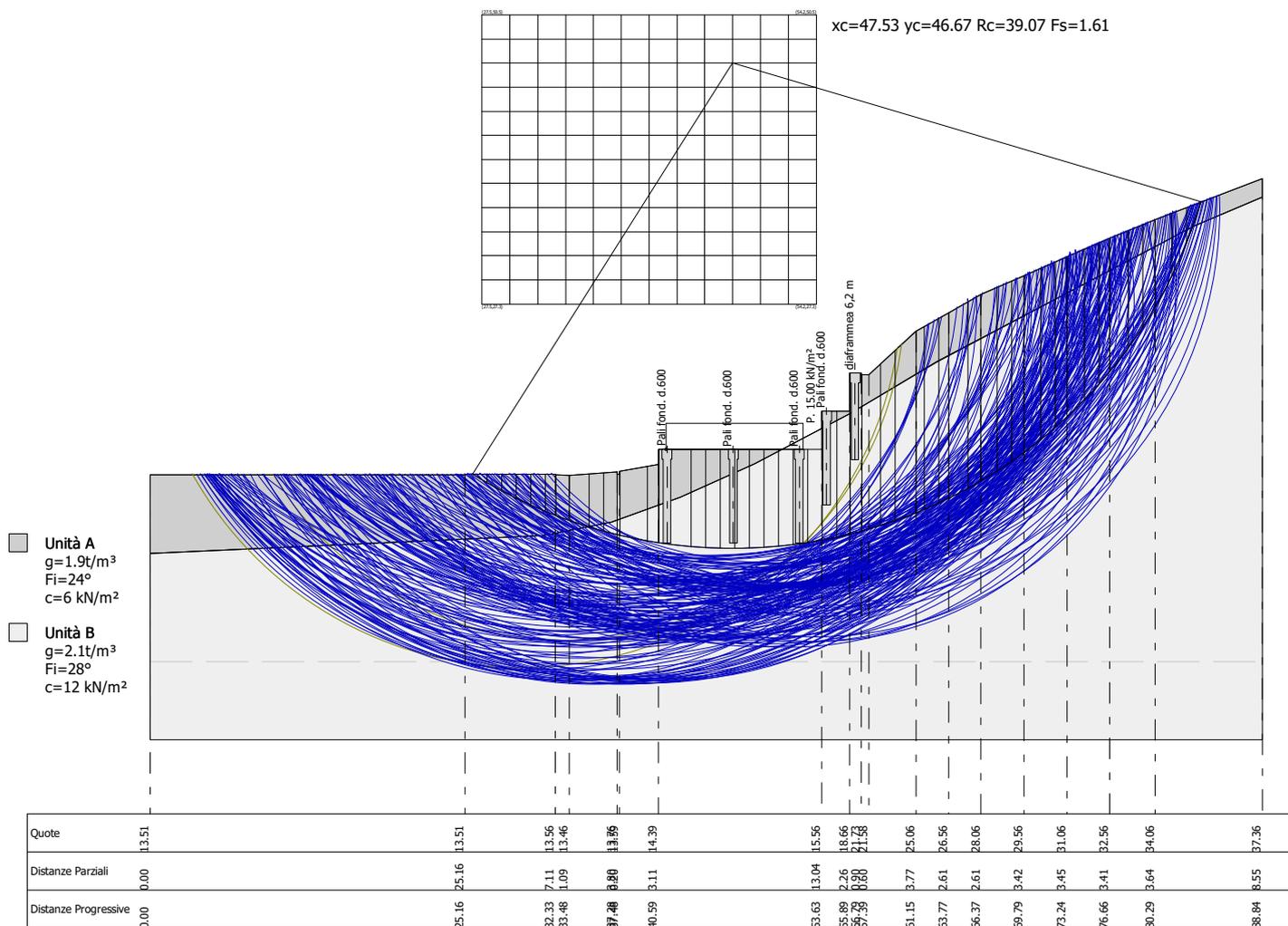
Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.



Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE
 SEZIONE 3 - IN CONDIZIONI STATICHE



Analisi di stabilità dei pendii con: BELL (1968)

Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	27.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54.21 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.54 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	12.0
Numero di celle lungo y	12.0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1.01	13.51
2	26.16	13.51
3	26.23	13.56
4	33.34	13.56
5	33.4	13.51
6	34.49	13.46
7	38.29	13.76
8	38.29	13.59
9	38.49	13.59
10	38.49	13.79
11	41.6	14.39
12	41.6	15.56
13	54.64	15.56
14	54.64	18.66
15	56.9	18.66
16	56.9	21.73
17	57.8	21.73
18	57.8	21.58
19	58.4	21.58
20	62.16	25.06
21	64.77	26.56
22	67.38	28.06
23	70.8	29.56
24	74.25	31.06
25	77.67	32.56
26	81.3	34.06
27	89.85	37.36

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1.01	7.19

2	32.4	8.63
3	37.85	9.73
4	43.31	11.71
5	49.3	14.41
6	56.91	18.46
7	63.86	22.63
8	84.41	33.56
9	89.85	35.86

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
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)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia
1	6		24	1.9		Unità A
2	12		28	2.1		Unità B

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 (t/m ³)
1	42.7	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
2	47.98	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
3	53.27	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
4	55.44	17.86	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
5	57.7	20.93	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	42.2	15.56	53.15	15.56	15

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.61
Ascissa centro superficie	47.53 m
Ordinata centro superficie	46.67 m
Raggio superficie	39.07 m

Numero di superfici esaminate....(198)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	27.5	27.3	17.7	20.00
2	28.6	28.3	18.2	20.00
3	30.8	28.3	30.2	7.37
4	34.2	27.3	27.1	6.60
5	35.3	28.3	28.1	5.17
6	36.4	27.3	30.6	4.14
7	37.5	28.3	28.5	4.01
8	38.6	27.3	27.7	3.87
9	39.7	28.3	31.5	3.25
10	40.9	27.3	30.5	3.22
11	42.0	28.3	31.3	2.97
12	43.1	27.3	27.2	3.00
13	44.2	28.3	28.1	2.73
14	45.3	27.3	27.1	2.74
15	46.4	28.3	27.8	2.55
16	47.5	27.3	27.3	2.58
17	48.6	28.3	28.1	2.43
18	49.8	27.3	27.6	2.49
19	50.9	28.3	28.3	2.36
20	52.0	27.3	27.6	2.43
21	53.1	28.3	28.2	2.32
22	54.2	27.3	27.2	2.43
23	32.0	29.2	31.4	5.77
24	33.1	30.2	32.6	4.75
25	34.2	29.2	32.2	4.43
26	35.3	30.2	33.2	3.88
27	36.4	29.2	32.4	3.75
28	37.5	30.2	33.4	3.38
29	38.6	29.2	32.5	3.30
30	39.7	30.2	33.3	3.03
31	40.9	29.2	32.3	2.99
32	42.0	30.2	33.1	2.78
33	43.1	29.2	28.7	2.76
34	44.2	30.2	29.7	2.56
35	45.3	29.2	28.9	2.55
36	46.4	30.2	29.7	2.39
37	47.5	29.2	28.7	2.40
38	48.6	30.2	29.5	2.27
39	49.8	29.2	28.8	2.31
40	50.9	30.2	26.0	2.19
41	52.0	29.2	25.7	2.24
42	53.1	30.2	26.2	2.15
43	54.2	29.2	28.7	2.23
44	27.5	31.2	21.3	20.00
45	28.6	32.1	21.6	20.00
46	32.0	31.2	32.2	5.48
47	34.2	31.2	30.3	4.94
48	35.3	32.1	35.0	3.57
49	36.4	31.2	30.8	3.79
50	37.5	32.1	31.8	3.31
51	38.6	31.2	30.9	3.22
52	39.7	32.1	35.1	2.86
53	40.9	31.2	34.1	2.81

54	42.0	32.1	31.0	2.61
55	43.1	31.2	30.2	2.58
56	44.2	32.1	31.1	2.40
57	45.3	31.2	30.6	2.39
58	46.4	32.1	28.0	2.25
59	47.5	31.2	26.9	2.25
60	48.6	32.1	27.6	2.13
61	49.8	31.2	26.5	2.16
62	50.9	32.1	27.3	2.06
63	52.0	31.2	26.6	2.09
64	53.1	32.1	29.8	2.02
65	54.2	31.2	29.0	2.08
66	29.7	33.1	21.9	20.00
67	32.0	33.1	33.0	5.19
68	33.1	34.1	34.3	4.22
69	34.2	33.1	34.8	3.79
70	35.3	34.1	36.3	3.36
71	36.4	33.1	36.0	3.23
72	37.5	34.1	37.0	2.97
73	38.6	33.1	36.0	2.91
74	39.7	34.1	33.0	2.72
75	40.9	33.1	32.0	2.66
76	42.0	34.1	32.6	2.47
77	43.1	33.1	31.8	2.43
78	44.2	34.1	32.6	2.28
79	45.3	33.1	32.1	2.26
80	46.4	34.1	29.2	2.13
81	47.5	33.1	28.8	2.12
82	48.6	34.1	29.5	2.01
83	49.8	33.1	28.4	2.03
84	50.9	34.1	28.0	1.95
85	52.0	33.1	30.6	1.99
86	53.1	34.1	29.6	1.91
87	54.2	33.1	28.8	1.95
88	33.1	36.0	35.4	3.97
89	34.2	35.0	35.8	3.59
90	35.3	36.0	37.2	3.16
91	36.4	35.0	37.7	3.04
92	37.5	36.0	38.8	2.82
93	38.6	35.0	37.8	2.76
94	39.7	36.0	34.6	2.57
95	40.9	35.0	33.6	2.52
96	42.0	36.0	34.1	2.34
97	43.1	35.0	33.4	2.30
98	44.2	36.0	34.1	2.17
99	45.3	35.0	29.5	2.15
100	46.4	36.0	30.5	2.01
101	47.5	35.0	30.2	2.01
102	48.6	36.0	30.1	1.92
103	49.8	35.0	29.1	1.93
104	50.9	36.0	31.6	1.86
105	52.0	35.0	30.6	1.88
106	53.1	36.0	33.1	1.85
107	54.2	35.0	32.2	1.88
108	27.5	37.0	25.9	20.00
109	28.6	37.9	26.5	20.00
110	34.2	37.0	36.8	3.40

111	35.3	37.9	38.3	3.02
112	36.4	37.0	38.7	2.90
113	37.5	37.9	40.0	2.70
114	38.6	37.0	35.6	2.64
115	39.7	37.9	36.2	2.44
116	40.9	37.0	35.1	2.39
117	42.0	37.9	35.7	2.23
118	43.1	37.0	34.9	2.20
119	44.2	37.9	35.7	2.08
120	45.3	37.0	30.7	2.04
121	46.4	37.9	30.9	1.94
122	47.5	37.0	30.6	1.92
123	48.6	37.9	33.7	1.85
124	49.8	37.0	32.6	1.85
125	50.9	37.9	31.5	1.78
126	53.1	37.9	33.2	1.76
127	29.7	38.9	27.2	20.00
128	34.2	38.9	37.9	3.23
129	36.4	38.9	35.9	2.92
130	37.5	39.9	41.0	2.58
131	38.6	38.9	37.1	2.51
132	39.7	39.9	37.7	2.32
133	40.9	38.9	36.7	2.28
134	42.0	39.9	37.3	2.14
135	43.1	38.9	36.4	2.11
136	44.2	39.9	36.8	1.99
137	45.3	38.9	35.8	1.97
138	46.4	39.9	35.1	1.86
139	47.5	38.9	34.4	1.85
140	48.6	39.9	33.6	1.76
141	49.8	38.9	32.5	1.77
142	50.9	39.9	35.2	1.73
143	52.0	38.9	34.1	1.75
144	34.2	40.9	39.1	3.09
145	35.3	41.8	40.5	2.76
146	36.4	40.9	40.8	2.65
147	37.5	41.8	42.1	2.47
148	38.6	40.9	38.0	2.40
149	39.7	41.8	39.0	2.23
150	40.9	40.9	38.3	2.18
151	42.0	41.8	38.6	2.05
152	43.1	40.9	37.6	2.01
153	44.2	41.8	37.0	1.89
154	45.3	40.9	35.7	1.86
155	46.4	41.8	35.1	1.77
156	47.5	40.9	34.4	1.76
157	48.6	41.8	37.5	1.74
158	49.8	40.9	36.4	1.73
159	34.2	42.8	40.2	2.94
160	35.3	43.8	41.7	2.64
161	36.4	42.8	42.0	2.53
162	38.6	42.8	39.0	2.31
163	39.7	43.8	39.9	2.14
164	40.9	42.8	39.8	2.10
165	42.0	43.8	38.8	1.96
166	43.1	42.8	37.7	1.92
167	44.2	43.8	37.2	1.82

168	45.3	42.8	36.0	1.79
169	46.4	43.8	39.6	1.76
170	47.5	42.8	38.6	1.75
171	48.6	43.8	37.7	1.66
172	27.5	44.7	33.1	20.00
173	34.2	44.7	41.5	2.83
174	38.6	44.7	40.0	2.22
175	39.7	45.7	40.9	2.07
176	40.9	44.7	40.0	2.01
177	43.1	44.7	42.6	1.93
178	44.2	45.7	41.9	1.81
179	45.3	44.7	40.7	1.79
180	47.5	44.7	38.8	1.67
181	35.3	47.6	44.2	2.45
182	39.7	47.6	46.4	2.05
183	42.0	47.6	44.2	1.88
184	43.1	46.7	42.9	1.84
185	44.2	47.6	42.2	1.73
186	45.3	46.7	41.1	1.71
187	47.5	46.7	39.1	1.61
188	35.3	49.6	45.5	2.36
189	36.4	48.6	45.5	2.26
190	39.7	49.6	46.8	1.96
191	40.9	48.6	45.5	1.92
192	42.0	49.6	44.6	1.79
193	43.1	48.6	43.3	1.76
194	44.2	49.6	42.6	1.66
195	45.3	48.6	41.5	1.64
196	36.4	50.5	46.8	2.19
197	40.9	50.5	45.9	1.84
198	43.1	50.5	43.7	1.69

Indice

1.Dati generali	1
2.Vertici profilo	1
3.Vertici strato1	1
4.Coefficienti parziali azioni	2
5.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	2
6.Stratigrafia	2
7.Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	2
8.Risultati analisi pendio [NTC 2018]	2
Indice	7

Analisi di stabilità dei pendii con: BELL (1968)

Lat./Long.	44.157757/10.979482
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	50.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.5 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	27.28 m
Ascissa vertice destro superiore xs	54.21 m
Ordinata vertice destro superiore ys	50.54 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	12.0
Numero di celle lungo y	12.0

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:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.6	2.47	0.25
S.L.D.	50.0	0.76	2.44	0.26
S.L.V.	475.0	1.87	2.39	0.29
S.L.C.	975.0	2.33	2.43	0.3

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.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.D.	0.912	0.2	0.0186	0.0093
S.L.V.	2.244	0.24	0.0549	0.0275
S.L.C.	2.7239	0.28	0.0778	0.0389

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0549
Coefficiente azione sismica verticale	0.0275

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	1.01	13.51
2	26.16	13.51
3	26.23	13.56
4	33.34	13.56
5	33.4	13.51
6	34.49	13.46
7	38.29	13.76
8	38.29	13.59
9	38.49	13.59
10	38.49	13.79
11	41.6	14.39
12	41.6	15.56
13	54.64	15.56
14	54.64	18.66
15	56.9	18.66
16	56.9	21.73
17	57.8	21.73
18	57.8	21.58
19	58.4	21.58
20	62.16	25.06
21	64.77	26.56
22	67.38	28.06
23	70.8	29.56
24	74.25	31.06
25	77.67	32.56
26	81.3	34.06
27	89.85	37.36

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	1.01	7.19
2	32.4	8.63
3	37.85	9.73
4	43.31	11.71
5	49.3	14.41
6	56.91	18.46
7	63.86	22.63
8	84.41	33.56
9	89.85	35.86

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.0
Coesione efficace	1.0
Coesione non drenata	1.0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia
1	6		24	1.9		Unità A
2	12		28	2.1		Unità B

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 (t/m ³)
1	42.7	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
2	47.98	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
3	53.27	14.76	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
4	55.44	17.86	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3
5	57.7	20.93	-0.1	-0.1	0.8	0.8	0.8	2.3

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	42.2	15.56	53.15	15.56	15

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1.6
Ascissa centro superficie	47.53 m
Ordinata centro superficie	46.67 m
Raggio superficie	39.07 m

Numero di superfici esaminate....(172)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	27.5	27.3	17.2	9.54
2	36.4	27.3	26.1	4.40
3	39.7	28.3	27.0	3.25
4	40.9	27.3	26.0	3.23
5	42.0	28.3	26.8	2.90
6	43.1	27.3	23.2	3.21
7	44.2	28.3	26.9	2.67
8	45.3	27.3	25.9	2.69
9	46.4	28.3	26.8	2.51
10	47.5	27.3	26.1	2.54
11	48.6	28.3	26.9	2.40
12	49.8	27.3	26.2	2.46
13	50.9	28.3	27.1	2.35
14	52.0	27.3	26.2	2.43
15	53.1	28.3	24.2	2.36
16	54.2	27.3	26.0	2.44
17	36.4	29.2	27.9	3.89
18	37.5	30.2	28.9	3.37
19	39.7	30.2	28.8	2.98

20	40.9	29.2	27.8	2.93
21	42.0	30.2	25.4	2.94
22	43.1	29.2	24.7	2.90
23	44.2	30.2	25.7	2.59
24	45.3	29.2	27.8	2.48
25	46.4	30.2	25.7	2.38
26	47.5	29.2	24.7	2.42
27	48.6	30.2	28.6	2.25
28	49.8	29.2	27.8	2.29
29	50.9	30.2	25.6	2.20
30	52.0	29.2	27.9	2.25
31	53.1	30.2	25.7	2.17
32	54.2	29.2	27.7	2.24
33	27.5	31.2	21.3	8.63
34	28.6	32.1	21.6	8.43
35	35.3	32.1	30.5	3.65
36	37.5	32.1	30.7	3.08
37	40.9	31.2	26.4	2.98
38	42.0	32.1	30.3	2.51
39	43.1	31.2	29.4	2.49
40	44.2	32.1	30.4	2.33
41	45.3	31.2	26.6	2.38
42	46.4	32.1	30.6	2.21
43	47.5	31.2	26.5	2.23
44	48.6	32.1	27.3	2.11
45	49.8	31.2	29.5	2.15
46	50.9	32.1	27.1	2.06
47	52.0	31.2	26.3	2.11
48	53.1	32.1	27.1	2.03
49	54.2	31.2	29.5	2.10
50	29.7	33.1	21.9	8.67
51	35.3	34.1	32.3	3.32
52	36.4	33.1	31.5	3.19
53	37.5	34.1	32.5	2.86
54	38.6	33.1	31.5	2.80
55	40.9	33.1	28.0	2.73
56	42.0	34.1	32.1	2.37
57	43.1	33.1	27.8	2.44
58	44.2	34.1	32.1	2.22
59	45.3	33.1	31.4	2.21
60	46.4	34.1	29.0	2.09
61	47.5	33.1	28.4	2.10
62	48.6	34.1	29.2	2.00
63	49.8	33.1	28.1	2.02
64	50.9	34.1	28.9	1.95
65	52.0	33.1	27.9	1.98
66	53.1	34.1	28.6	1.92
67	54.2	33.1	31.2	1.99
68	34.2	35.0	33.1	3.48
69	35.3	36.0	34.1	3.07
70	36.4	35.0	33.3	2.96
71	37.5	36.0	34.3	2.69
72	38.6	35.0	33.3	2.63
73	39.7	36.0	34.1	2.44
74	40.9	35.0	33.1	2.40
75	42.0	36.0	33.8	2.26
76	43.1	35.0	29.4	2.28

77	44.2	36.0	33.8	2.12
78	45.3	35.0	29.5	2.09
79	46.4	36.0	30.5	1.98
80	47.5	35.0	30.0	1.99
81	48.6	36.0	30.9	1.91
82	49.8	35.0	29.9	1.92
83	50.9	36.0	30.4	1.86
84	52.0	35.0	29.5	1.89
85	53.1	36.0	33.1	1.86
86	54.2	35.0	32.2	1.90
87	27.5	37.0	25.9	9.32
88	28.6	37.9	26.5	9.23
89	35.3	37.9	35.9	2.87
90	37.5	37.9	36.0	2.55
91	39.7	37.9	35.8	2.32
92	40.9	37.0	34.8	2.29
93	42.0	37.9	35.6	2.16
94	43.1	37.0	34.7	2.14
95	44.2	37.9	31.7	2.02
96	45.3	37.0	31.0	2.00
97	46.4	37.9	31.9	1.90
98	47.5	37.0	31.4	1.90
99	48.6	37.9	32.3	1.83
100	49.8	37.0	31.4	1.84
101	50.9	37.9	31.5	1.78
102	53.1	37.9	33.2	1.77
103	29.7	38.9	27.2	9.07
104	34.2	38.9	36.7	2.98
105	35.3	39.9	37.7	2.70
106	37.5	39.9	37.8	2.43
107	38.6	38.9	36.8	2.37
108	40.9	38.9	36.6	2.19
109	42.0	39.9	37.3	2.07
110	43.1	38.9	36.4	2.05
111	44.2	39.9	33.3	1.93
112	45.3	38.9	32.5	1.91
113	46.4	39.9	33.4	1.83
114	47.5	38.9	32.9	1.82
115	48.6	39.9	33.6	1.76
116	49.8	38.9	32.5	1.77
117	50.9	39.9	35.2	1.74
118	52.0	38.9	34.1	1.75
119	34.2	40.9	38.5	2.81
120	36.4	40.9	38.7	2.50
121	37.5	41.8	39.5	2.33
122	38.6	40.9	38.6	2.28
123	39.7	41.8	39.3	2.14
124	42.0	41.8	39.1	2.00
125	43.1	40.9	38.2	1.98
126	44.2	41.8	39.2	1.90
127	45.3	40.9	33.9	1.83
128	46.4	41.8	34.9	1.76
129	47.5	40.9	34.3	1.75
130	48.6	41.8	37.5	1.73
131	49.8	40.9	36.4	1.73
132	34.2	42.8	40.2	2.66
133	35.3	43.8	41.3	2.45

134	36.4	42.8	40.5	2.37
135	37.5	43.8	41.3	2.22
136	40.9	42.8	40.1	2.03
137	45.3	42.8	39.9	1.83
138	46.4	43.8	39.6	1.75
139	47.5	42.8	38.6	1.74
140	48.6	43.8	37.7	1.66
141	27.5	44.7	33.1	9.97
142	34.2	44.7	41.5	2.57
143	36.4	44.7	42.3	2.28
144	38.6	44.7	42.1	2.10
145	39.7	45.7	42.8	2.00
146	40.9	44.7	41.8	1.96
147	42.0	45.7	42.6	1.88
148	43.1	44.7	41.7	1.86
149	44.2	45.7	41.9	1.78
150	45.3	44.7	40.7	1.76
151	47.5	44.7	38.8	1.66
152	35.3	47.6	44.2	2.28
153	36.4	46.7	44.0	2.20
154	37.5	47.6	44.8	2.08
155	39.7	47.6	44.6	1.94
156	42.0	47.6	44.2	1.83
157	43.1	46.7	42.9	1.80
158	44.2	47.6	42.2	1.70
159	45.3	46.7	41.1	1.69
160	47.5	46.7	39.1	1.60
161	35.3	49.6	45.5	2.20
162	36.4	48.6	45.5	2.13
163	37.5	49.6	46.6	2.02
164	40.9	48.6	45.3	1.86
165	42.0	49.6	44.6	1.75
166	43.1	48.6	43.3	1.72
167	44.2	49.6	42.6	1.64
168	45.3	48.6	41.5	1.62
169	36.4	50.5	46.8	2.07
170	38.6	50.5	47.3	1.93
171	40.9	50.5	45.9	1.79
172	43.1	50.5	43.7	1.66

Indice

1.Dati generali	1
2.Vertici profilo	2
3.Vertici strato1	2
4.Coefficienti parziali azioni	2
5.Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	2
6.Stratigrafia	3
7.Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche	3
8.Risultati analisi pendio [NTC 2018]	3
Indice	7