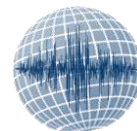




COGEO STUDIO GEOLOGICO

Dott. Cocetti Marcello - Dott. Cocetti Pier Luigi
Via Don Natale Monticelli n°5 - 41026 Pavullo nel Frignano (MODENA)
TEL: 0536/324537 - E-MAIL: cogeo.geologia@gmail.com



Geologica Geotecnica Sismica

(CONFORME AI PUNTI 6.1, 6.2, 6.3 DELL'ALLEGATO B.2.1 DEL BURERT N° 153)

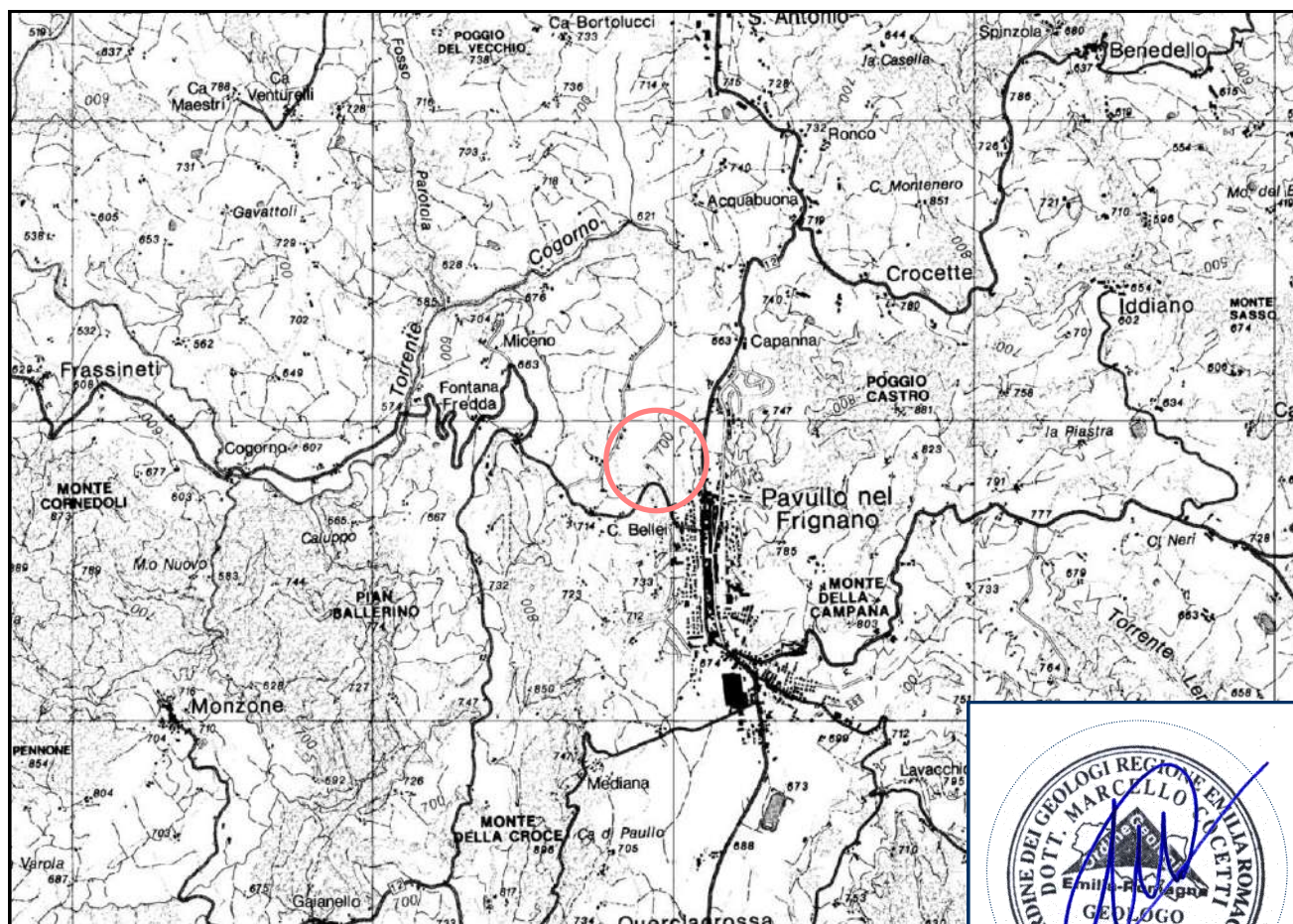
OGGETTO : **PIANO ATTUATIVO URBANISTICO PER PARTE DELL'AMBITO ANS 1.13**

LOCALITÀ : **LA VERZANELLA — VIA MAMELI**

COMUNE : **PAVULLO NEL FRIGNANO**

COMMITTENTE : **BRUSIANI GIOVANNI**

PROGETTO : **FUNDO SRL**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. 236.

COORD. UTM-ED50

Est: 645883

Nord: 911677





INDICE

- 1. RELAZIONE GEOLOGICA** (punto 6.1, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
 - 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
 - 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
 - 1.3 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA
 - 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'
 - 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE
 - 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche (parametri nominali)
 - 1.5.2 RegISTRAZIONI Sismiche HVSR
 - 1.5.3 Modello Stratigrafico del Terreno
- 2. RELAZIONE SISMICA** (punto 6.3, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
 - 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 17/01/2018)
 - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle HVSR
 - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 17/01/2018)
 - 2.3 STUDI SISMICI PREGRESSI
 - 2.4 APPROFONDIMENTI SISMICI II LIVELLO (Tabelle RER)
 - 2.5 APPROFONDIMENTI SISMICI III LIVELLO (RSL)
 - 2.5.1 Modello Sismo Stratigrafico del terreno
 - 2.5.2 Curve di degradazione dei Materiali
 - 2.5.3 Gli Input Sismici
 - 2.5.4 Dati di Disaggregazione
 - 2.5.5 Estrazione di Accelerogrammi naturali
 - 2.5.6 Il Software per la RSL
 - 2.5.7 Amplificazioni Sismiche (DGR 630/2019)
 - 2.5.8 Regolarizzazione degli Spettri in Accelerazione della RSL
- 3. RELAZIONE GEOTECNICA** (punto 6.2, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
 - 3.1 DATI DI PROGETTO
 - 3.1.1 Premessa
 - 3.1.2 Parametri Caratteristici per Calcoli Stabilità e per Pali
 - 3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE
 - 3.2.1 Calcoli di Stabilità
 - 3.2.2 Resistenza Assiale alla Compressione del Palo Singolo
 - 3.3 QUADRO RIASSUNTIVO
- 4. CONCLUSIONI**

RIFERIMENTI NORMATIVI

NORME DI ATTUAZIONE PAI PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO
DGR RER 630/2019, DGR RER 476/2021, DGR RER 564-2021
AGGIORNAMENTO NTC 17/01/2018 DEL 20/02/2018
DM 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
DGR RER 2193/2015 - (Aggiornamento Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)
DM 10/10/2012 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo)
Circ. 02/02/09 n°617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)
DAL RER 112/2007 (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)
O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 (Normativa antisismica)
D.M.LL.PP. 11/03/1988
D.M. 21/01/1981
Circ. LL.PP. n° 21597/81
Circ. R.E.R n° 12831
R.D. 03/12/23 n° 3267 e succ. mod. e integr.
T.L. 27/06/1985 n° 312



RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.
TAVOLA 236NO, 236NE

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.
SEZIONE 236060, 236070

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.
ELEMENTO 236061, 236074

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:1000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.
FOGLIO 67; MAPPALE 501.

CARTA GEOLOGICO-SCHEMATICA DELL'APPENNINO MODENESE E ZONE
LIMITROFE. Scala 1:100000. Istituto di Geologia dell'Università di Modena

CARTA GEOLOGICA DELL'APPENNINO EMILIANO-ROMAGNOLO 1:10000.
SEZIONE 236060, 236070

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.
SEZIONE 236060, 236070

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).
SEZIONE 236060, 236070

TAVOLE ED ALLEGATI

- TAV. 1, 2 - Localizzazione del sito su cartografia CTR
- TAV. 3 - Morfometria del Versante a scala 1:5000
- TAV. 4 - Carta Geologica CARG a scala 1:10000
- TAV. 5 - Carta del Dissesto a scala 1:10000
- TAV. 6 - Carta del Rischio Sismico a scala 1:10000
- TAV. 7 - Carta Forestale a scala 1:10000
- TAV. 8 - Carta Microzonazione Sismica I° Livello MOPS - PSC
- TAV. 9a - Carta Microzonazione sismica II Livello PGA/PGAo (Fx) - PSC
- TAV. 9b - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fy) - PSC
- TAV. 9c - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fz) - PSC
- TAV. 10 - Estratto Catastale con prove geognostiche scala 1:1000
- TAV. 11 - Planimetria con prove geognostiche (sc. 1:500)
- TAV. 12 - Carta a Curve di Livello con prove Geognostiche
- TAV. 13 - Sezione Geotecnico-Stratigrafica

ALLEGATO A - Prove Penetrometriche Dinamiche

ALLEGATO B - Registrazioni Sismiche, Parametri Sismici (DM 2018)

ALLEGATO C - Input e Spettri Elastici della RSL

ALLEGATO D - Tabulati dei Calcoli di Stabilità

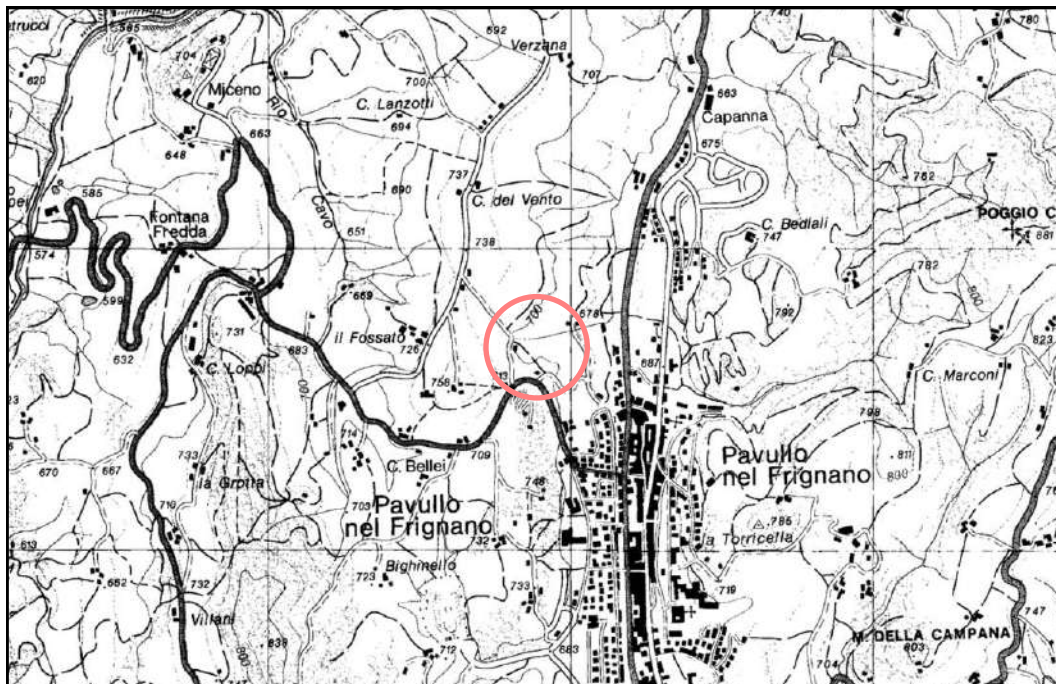


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236NO, 236NE

TAV. 1

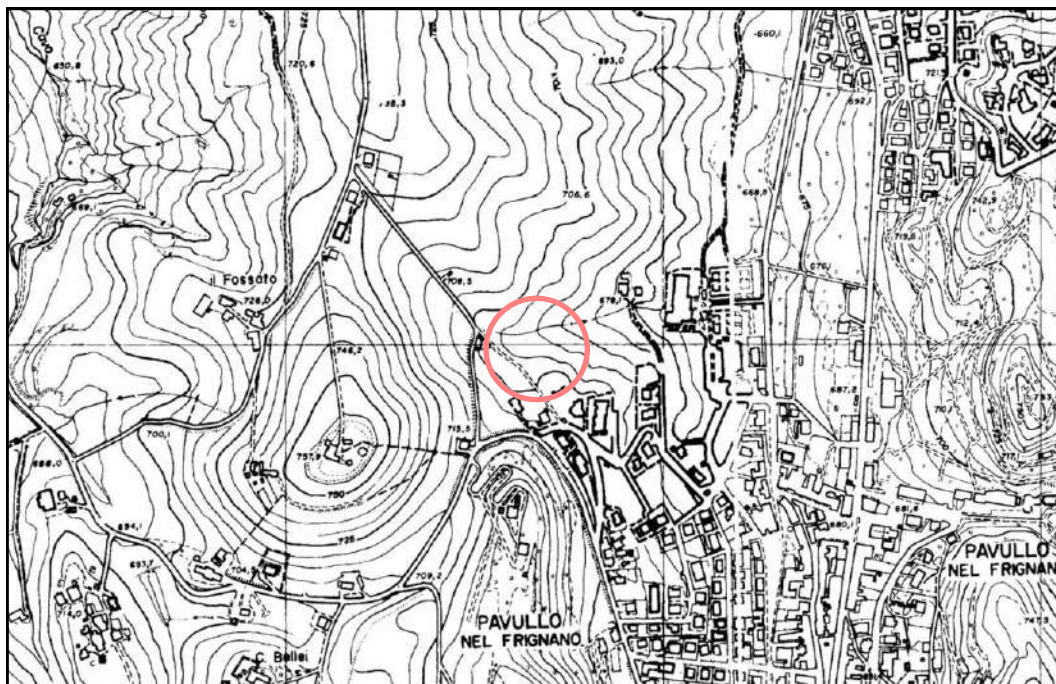


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236060, 236070

TAV. 2



 UBICAZIONE DEL SITO

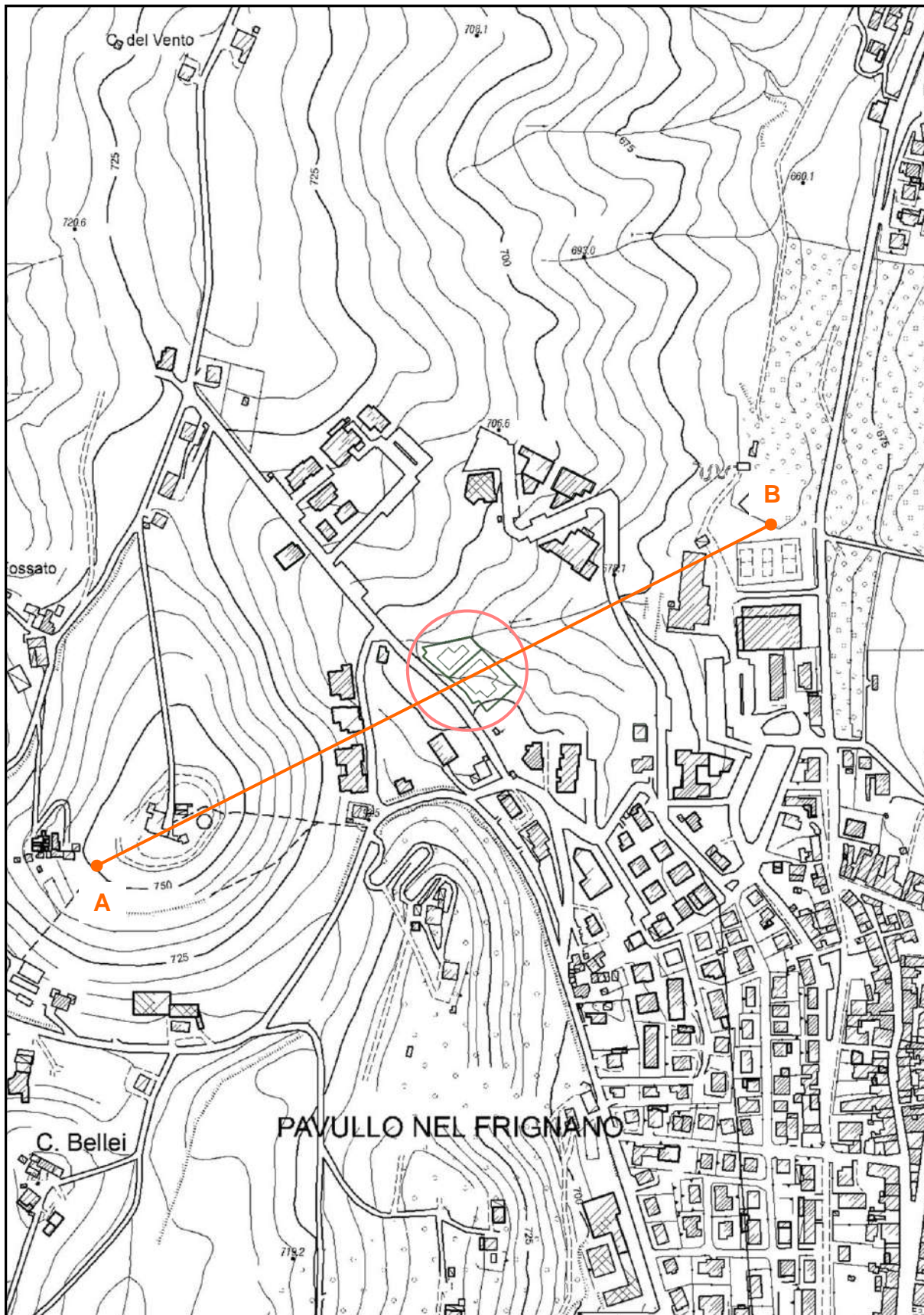


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236061, 236074

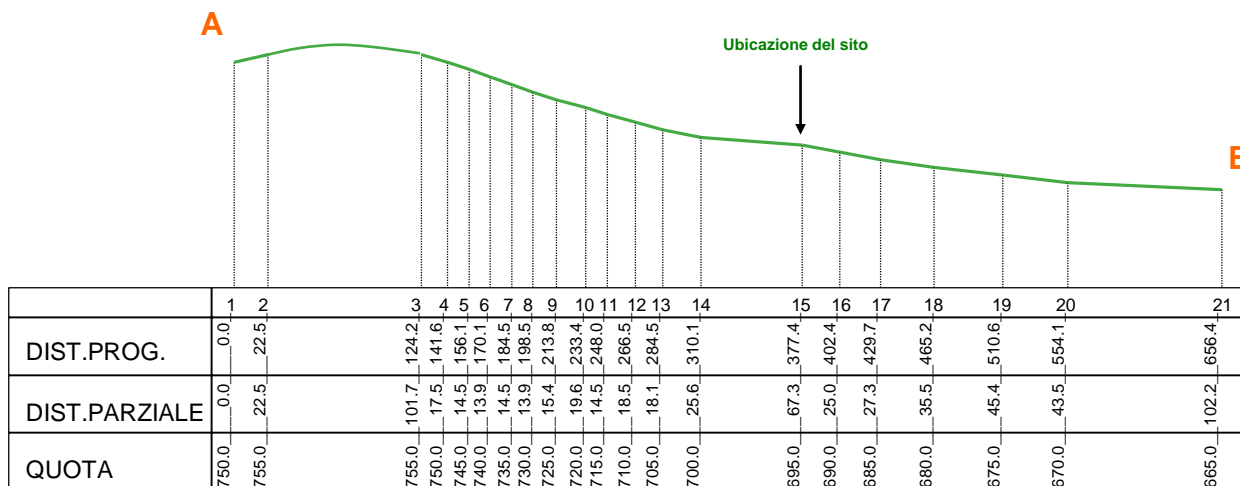
TAV. 3





SEZIONE TOPOGRAFICA

Scala X = 1: 5000 Scala Q = 1: 5000



MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

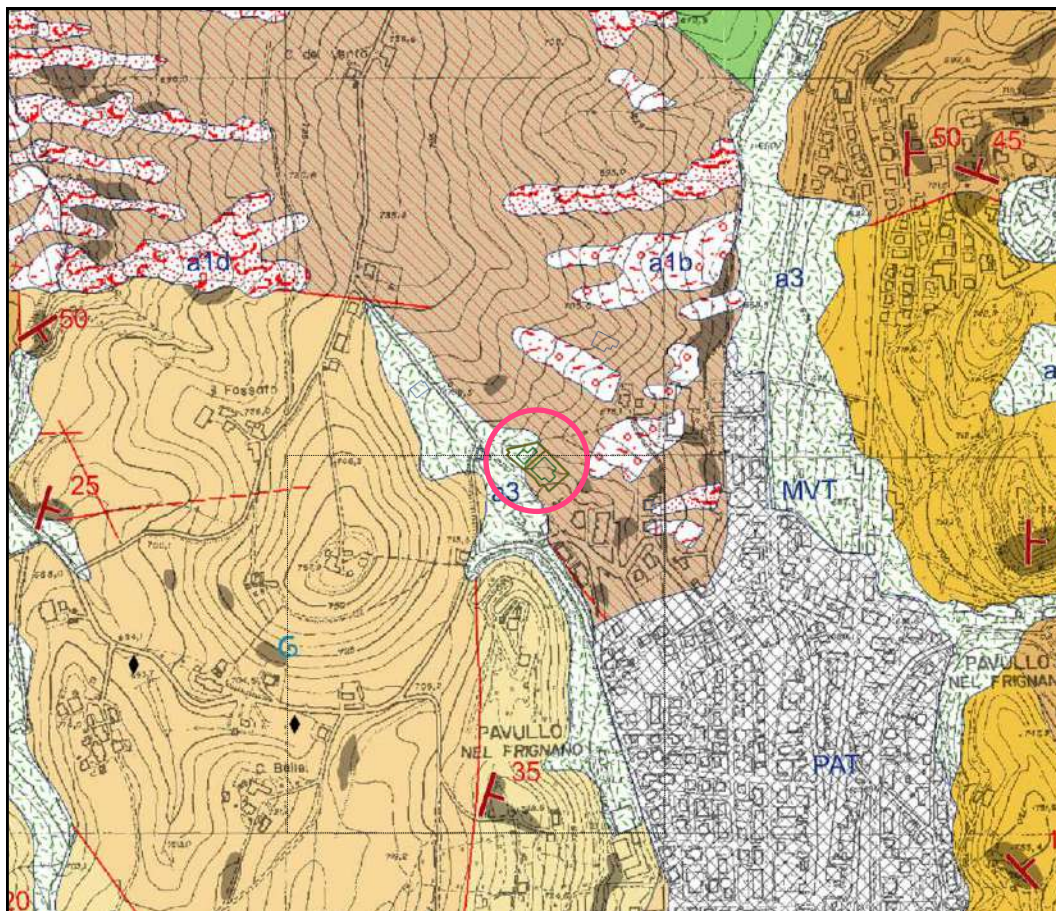
Pun.n°	D.Prog.	D.Parz.	Quota	Acc.%	Acc.°
0002.0	0022.5	0022.5	0755.0	022.3	012.6
0003.0	0124.2	0101.7	0755.0	000.0	000.0
0004.0	0141.6	0017.5	0750.0	028.6	016.0
0005.0	0156.1	0014.5	0745.0	034.5	019.0
0006.0	0170.1	0013.9	0740.0	035.9	019.7
0007.0	0184.5	0014.5	0735.0	034.5	019.0
0008.0	0198.5	0013.9	0730.0	035.9	019.7
0009.0	0213.8	0015.4	0725.0	032.6	018.0
0010.0	0233.4	0019.6	0720.0	025.5	014.3
0011.0	0248.0	0014.5	0715.0	034.5	019.0
0012.0	0266.5	0018.5	0710.0	027.0	015.1
0013.0	0284.5	0018.1	0705.0	027.7	015.5
0014.0	0310.1	0025.6	0700.0	019.6	011.1
0015.0	0377.4	0067.3	0695.0	007.4	004.2
0016.0	0402.4	0025.0	0690.0	020.0	011.3
0017.0	0429.7	0027.3	0685.0	018.3	010.4
0018.0	0465.2	0035.5	0680.0	014.1	008.0
0019.0	0510.6	0045.4	0675.0	011.0	006.3
0020.0	0554.1	0043.5	0670.0	011.5	006.6
0021.0	0656.4	0102.2	0665.0	004.9	002.8



CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

Depositi quaternari continentali

	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a6 - Detrito di falda
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
	d1 - Deposito eolico
	f1 - Deposito palustre
	i1 - Conoide torrentizia in evoluzione
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

Successione epiligure

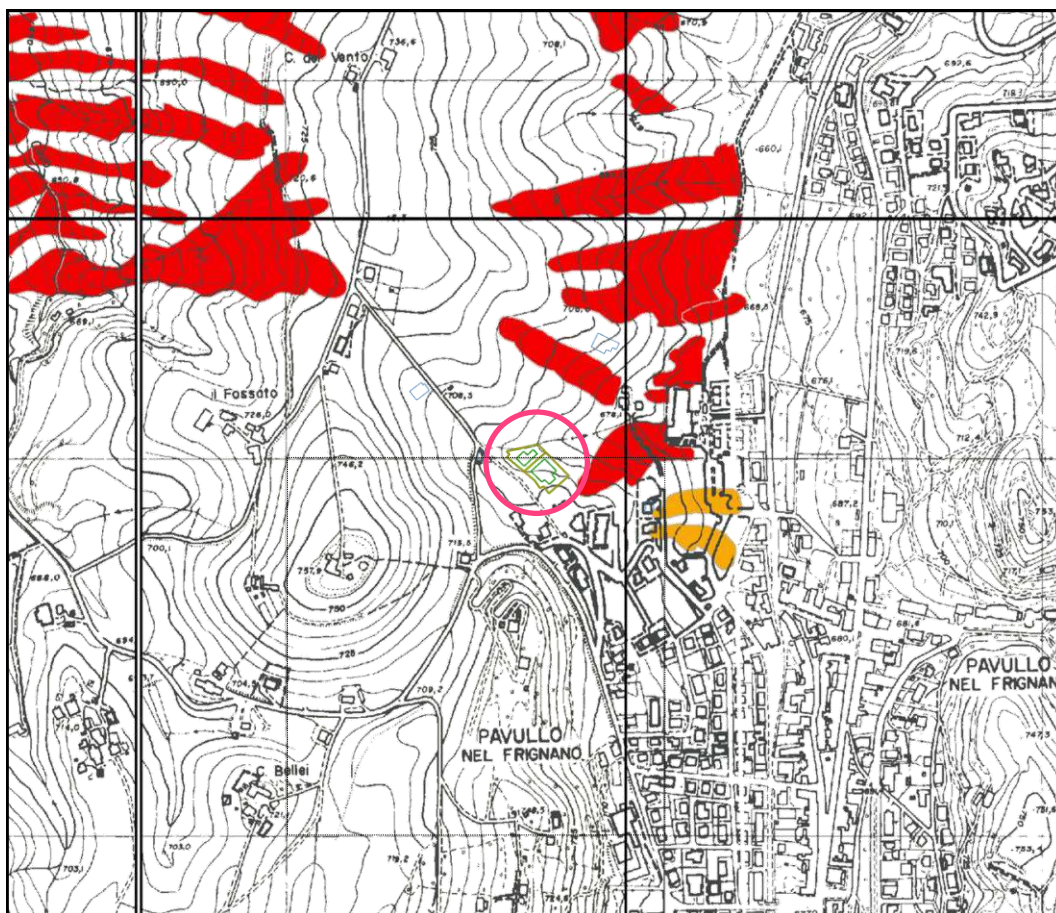
	CIG - Formazione di Cigarellò
	CIG2 - Formazione di Cigarellò - membro di Monte Luminasio
	CIG1 - Formazione di Cigarellò - membro di Montalto Nuovo
	PAT - Formazione di Pantano
	PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo
	PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano
	CTG - Formazione di Contignaco
	MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa
	ANT - Marne di Antognola



CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5





PTCP Provincia di Modena
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



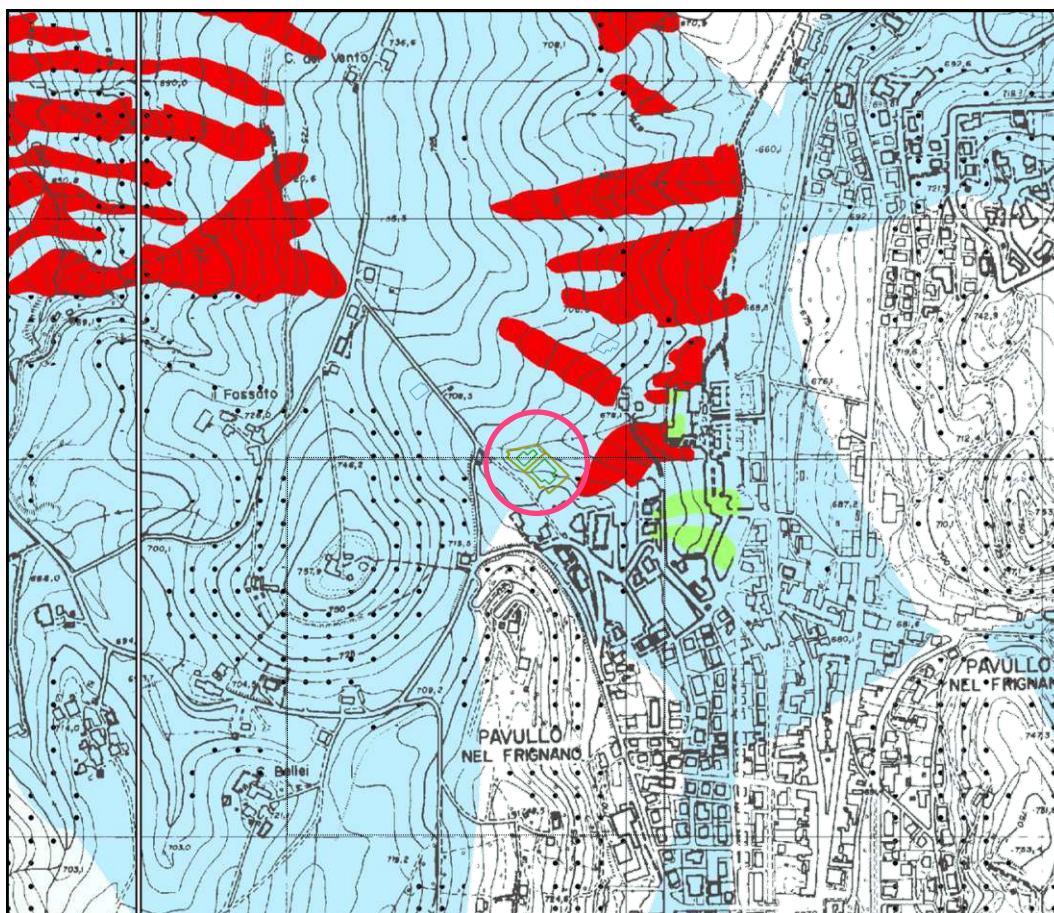
VOCI DI LEGENDA			
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità			
		Aree interessate da frane attive	Art.15
		Aree interessate da frane quiescenti	
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità			
		Aree potenzialmente instabili	Art.16
Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato			
	Codice scheda 2.1.1 NR	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art.17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art.18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art.18B



CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000


TAV. 6





PTCP Provincia di Modena
Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10000



Effetti attesi

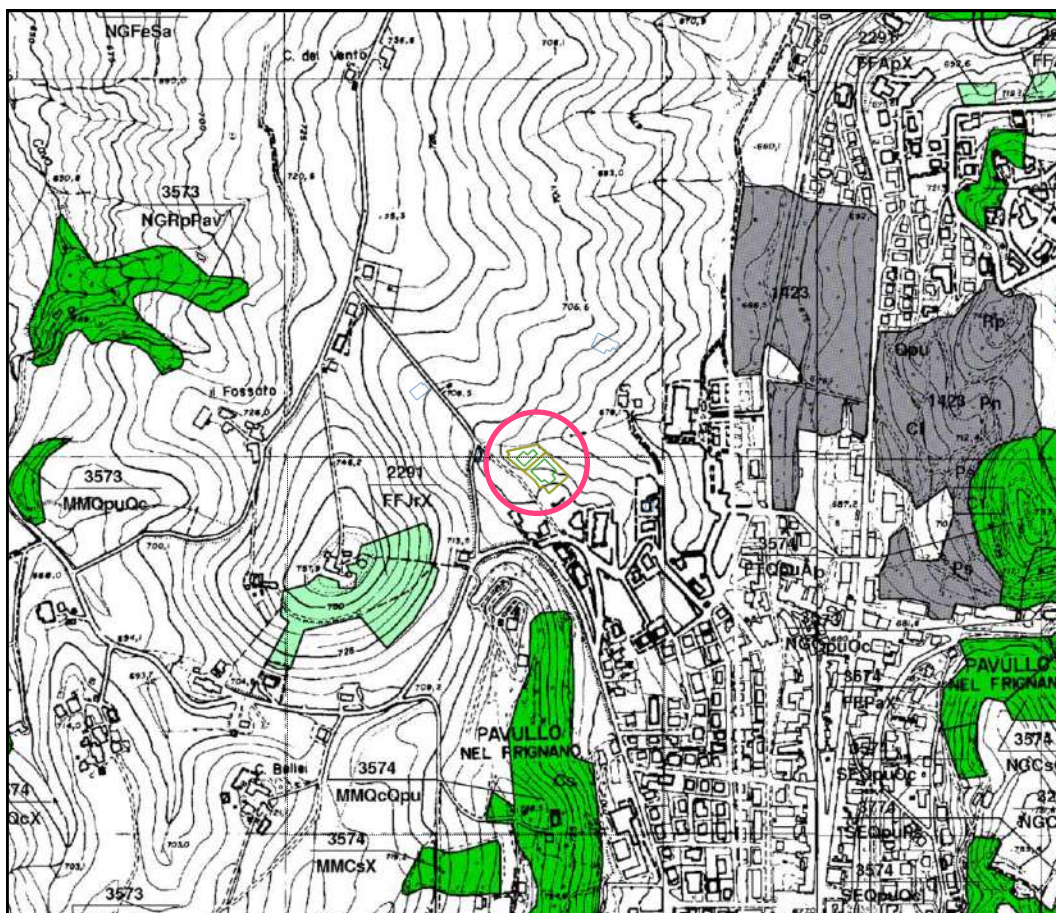
1	<p>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i>": approfondimenti di III livello.</p>
2	<p>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <i>microzonazione sismica</i>": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
3	<p>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i>": approfondimenti di III livello.</p>
4	<p>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche; <i>microzonazione sismica</i>": approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
5	<p>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; <i>microzonazione sismica</i>": approfondimenti di II livello.</p>




CARTA FORESTALE PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 7



 PTCP Provincia di Modena
Carta Forestale

Scala 1:10000

0 100 200 300 400 500 mt

LEGENDA

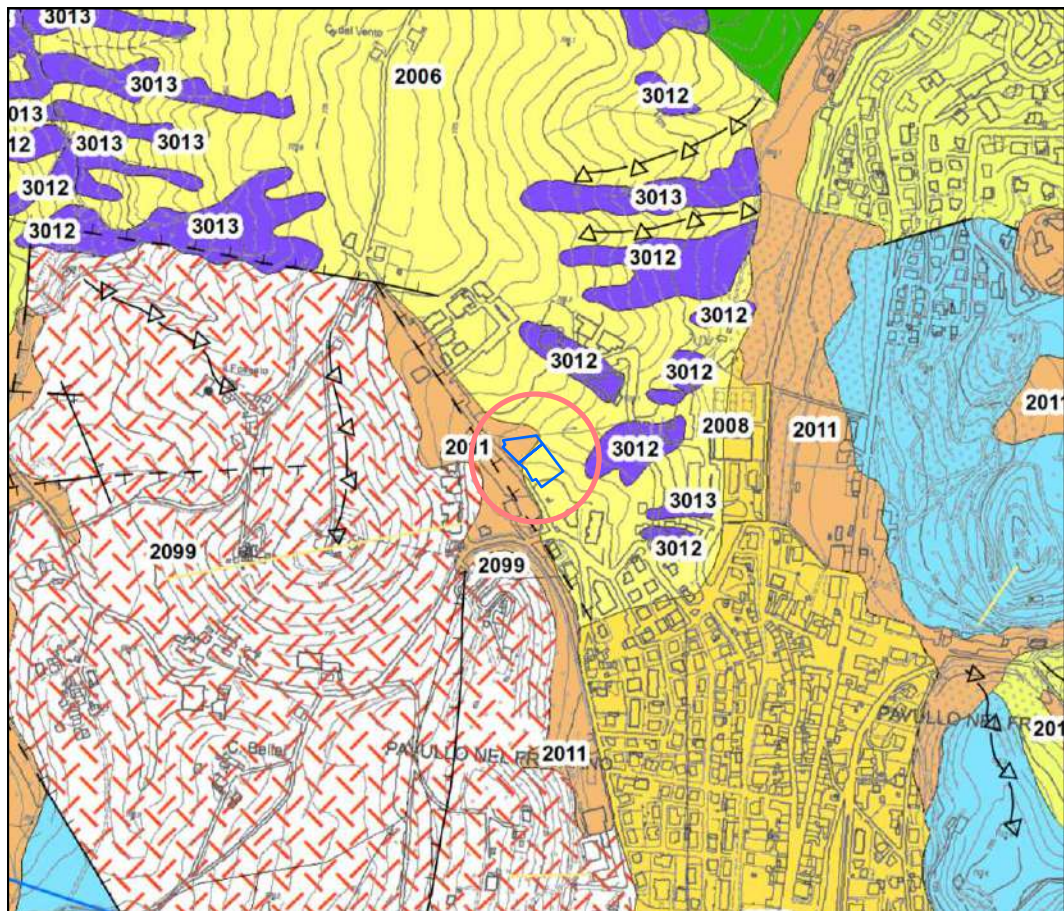
-  Area Forestale
-  Area Agricola: colture permanenti
-  Area Urbana: parco e/o giardino



MICROZONAZIONE SISMICA I LIVELLO - CARTA MOPS (PSC)

Scala 1:10'000

TAV. 8



Legenda

Zone stabili

	Lapideo
	Coesivo sovraconsolidato





Zone suscettibili di instabilità

	Instabilità di versante attiva
	Instabilità di versante quiescente
	Cedimenti differenziali

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Zona 0 - Substrato geologico rigido molto fratturato costituito da materiale lapideo stratificato e non stratificato
	Zona 1 - Substrato geologico non rigido costituito da ammassi rocciosi con rapporto $L/P > 3$.
	Zona 2 - Substrato geologico non rigido costituito da ammassi rocciosi con rapporto $3 > L/P > 1/3$.
	Zona 3 - Substrato geologico non rigido costituito da ammassi rocciosi con rapporto $L/P < 1/3$.
	Zona 4 - Substrato geologico non rigido costituito da sabbie e arenite stratificate
	Zona 5 - Substrato geologico non rigido costituito da argille, argille marnose strutturalmente ordinate
	Zona 6 - Substrato geologico non rigido costituito da argille a struttura primaria caotica
	Zona 7 - Substrato geologico non rigido costituito da argille intensamente tettonizzate e argilliti

Forme di superficie e sepolte

	Falda detritica
	Conoide alluvionale
	Orlo di scarpata morfologica >20m
	Cresta
	Valle sepolta larga
	Valle sepolta stretta
	Picco isolato
	Sinkhole, grotte, cavità isolate



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FA PGA - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9a



Legenda

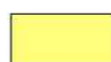








Zone stabili

 Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante
 Cedimenti differenziali

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FPGA = 1.1 - 1.2
 FPGA = 1.3 - 1.4
 FPGA = 1.5 - 1.6
 FPGA = 1.7 - 1.8
 FPGA = 1.9 - 2.0
 FPGA = 2.1 - 2.2
 FPGA = 2.3 - 2.4
 FPGA = 2.5 - 3.0
 FPGA = 3.1 - 3.5



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO FA SI1(0.1-0.5s) (PSC)

LEGENDA

TAV. 9b



Legenda

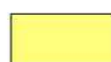
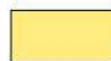


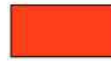




Zone stabili

 Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante
 Cedimenti differenziali

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 FPGA = 1.1 - 1.2
 FPGA = 1.3 - 1.4
 FPGA = 1.5 - 1.6
 FPGA = 1.7 - 1.8
 FPGA = 1.9 - 2.0
 FPGA = 2.1 - 2.2
 FPGA = 2.3 - 2.4
 FPGA = 2.5 - 3.0
 FPGA = 3.1 - 3.5



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO Fa SI2(0.5-1.0s) (PSC)

Scala 1:5000

TAV. 9c



Legenda

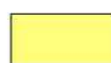








Zone stabili

 Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante
 Cedimenti differenziali

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

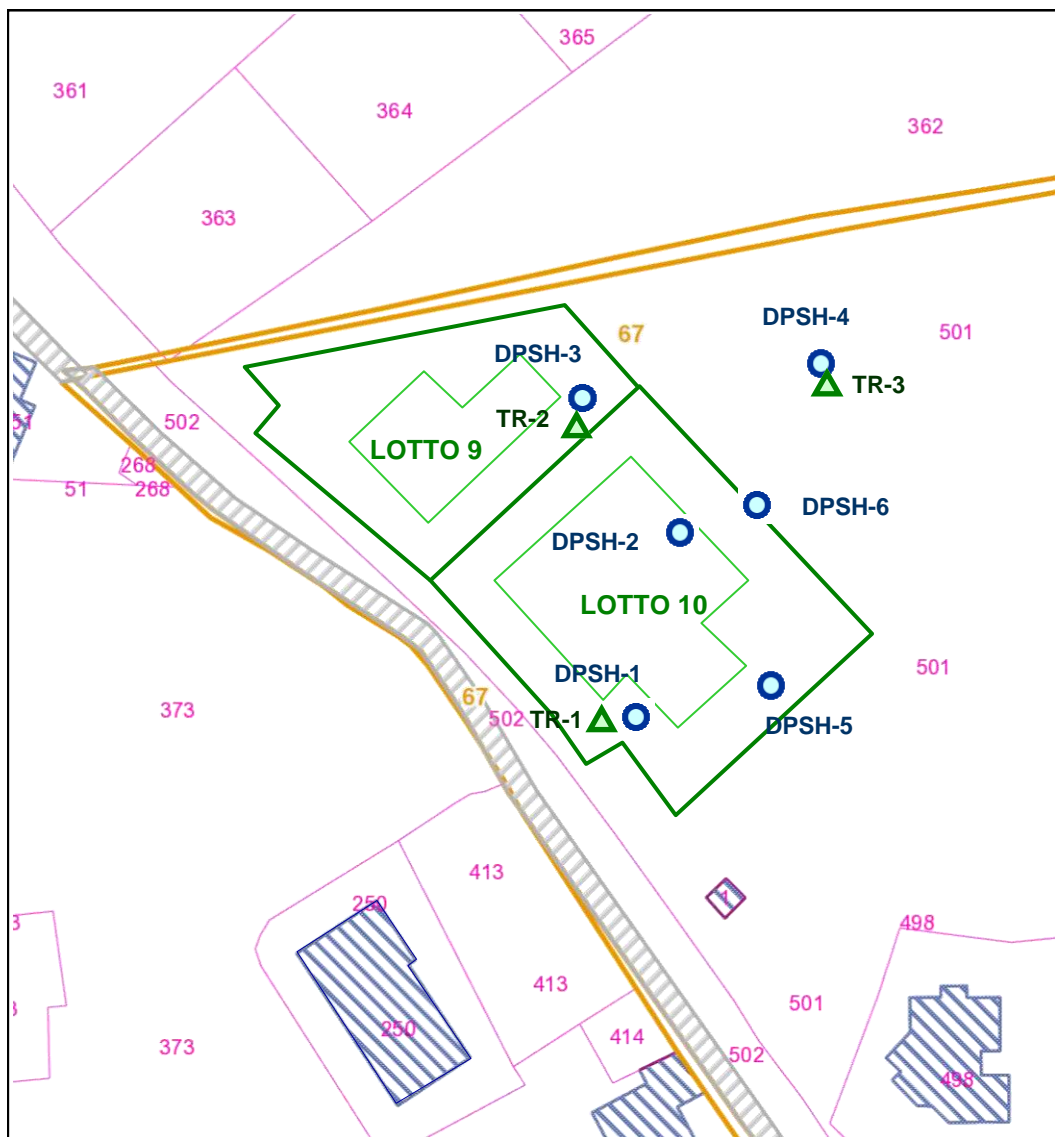
 F PGA = 1.1 - 1.2
 F PGA = 1.3 - 1.4
 F PGA = 1.5 - 1.6
 F PGA = 1.7 - 1.8
 F PGA = 1.9 - 2.0
 F PGA = 2.1 - 2.2
 F PGA = 2.3 - 2.4
 F PGA = 2.5 - 3.0
 F PGA = 3.1 - 3.5



ESTRATTO CATASTALE CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 10



LEGENDA

COMUNE: PAVULLO
FOGLIO 67
MAPPALE: 501
LOTTIIZZAZIONE LOTTI 9, 10 DEL PUA (PARTE AMBITO ANS 1.13)

LEGENDA PROVE GEOGNOSTICHE

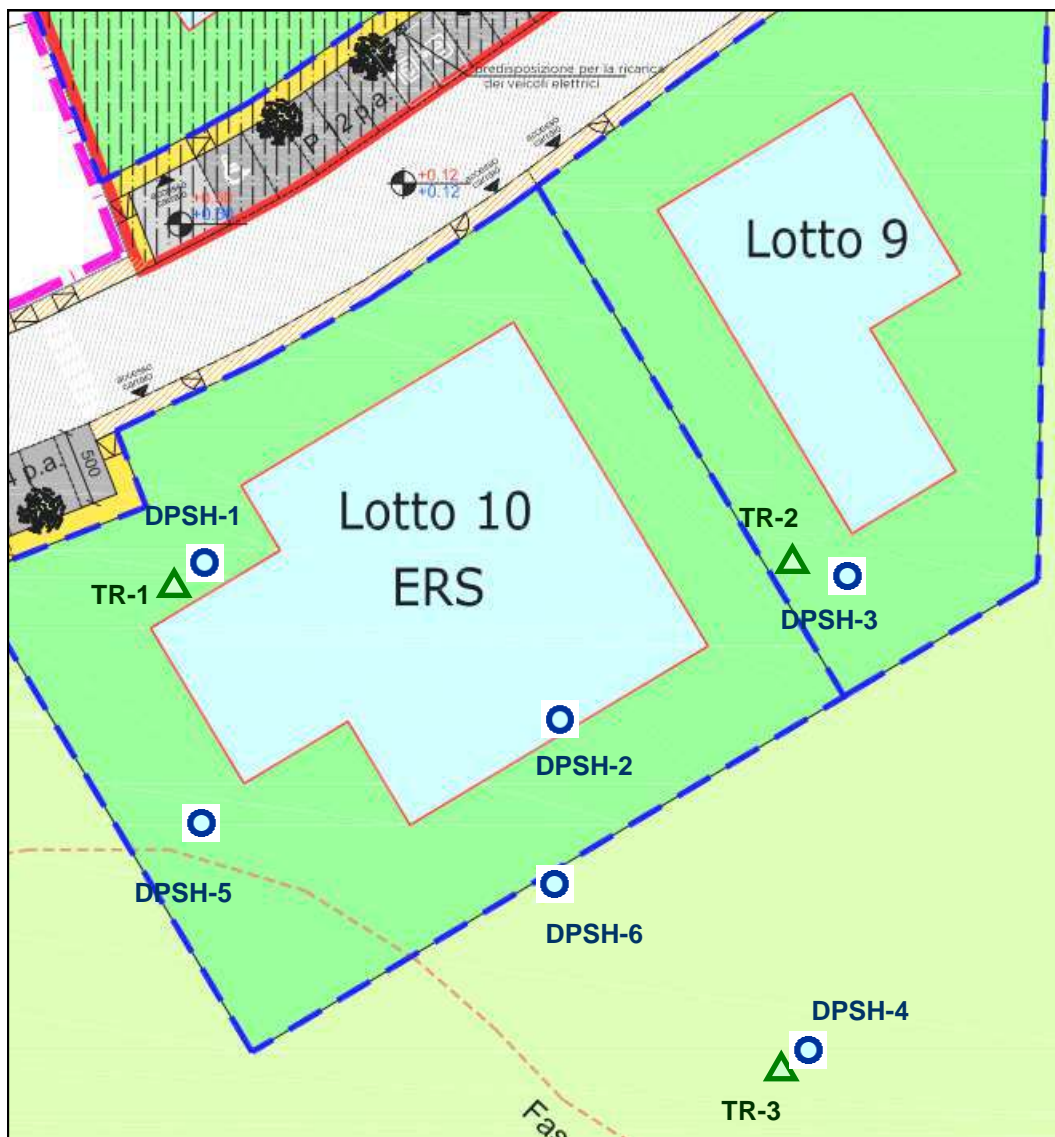
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH
- REGISTRAZIONI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA DI TIPO PASSIVO HVSR





PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:500

TAV. 11



LEGENDA

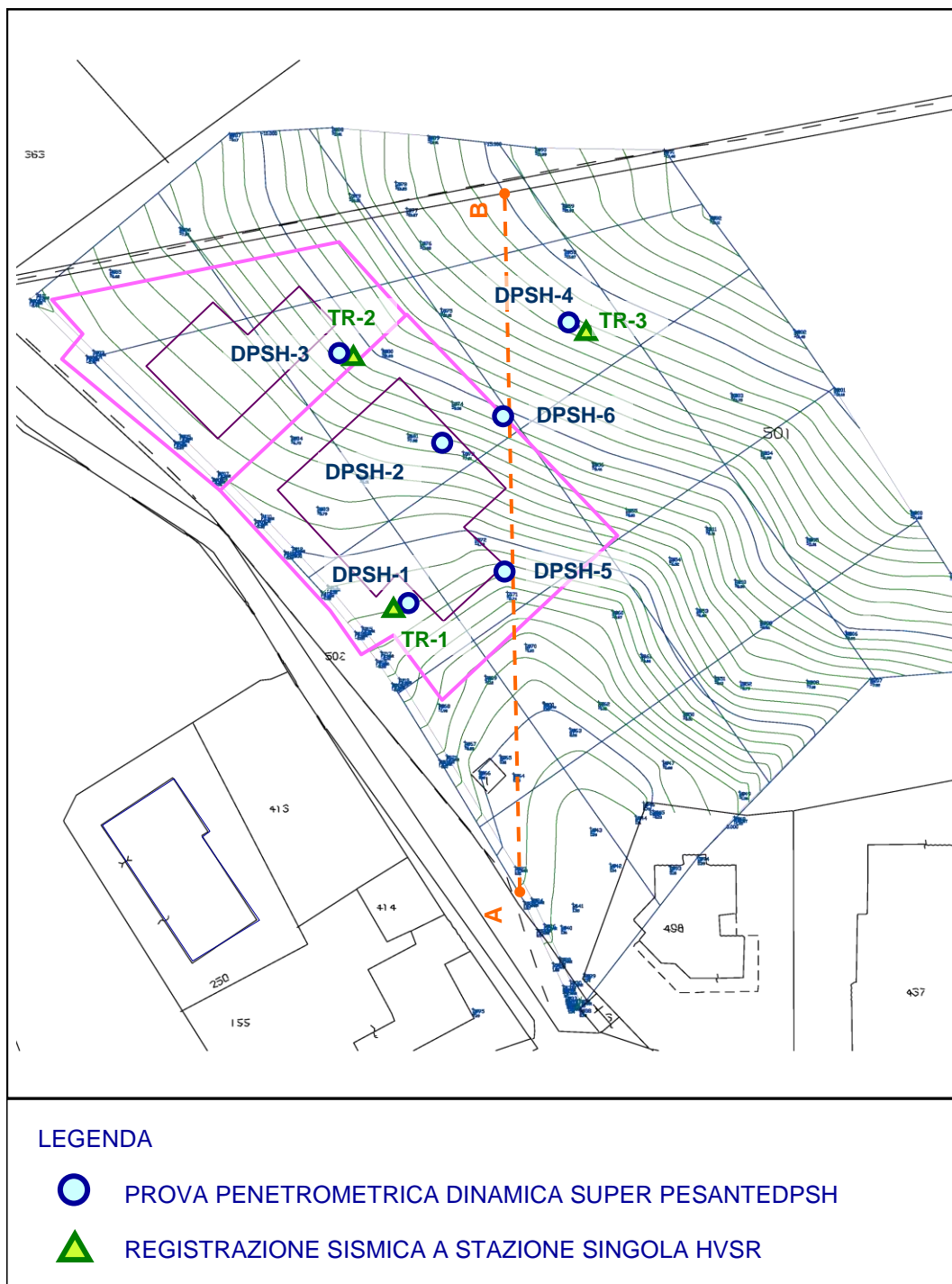
-  PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER PESANTI DPSH
-  REGISTRAZIONI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA DI TIPO PASSIVO HVSR

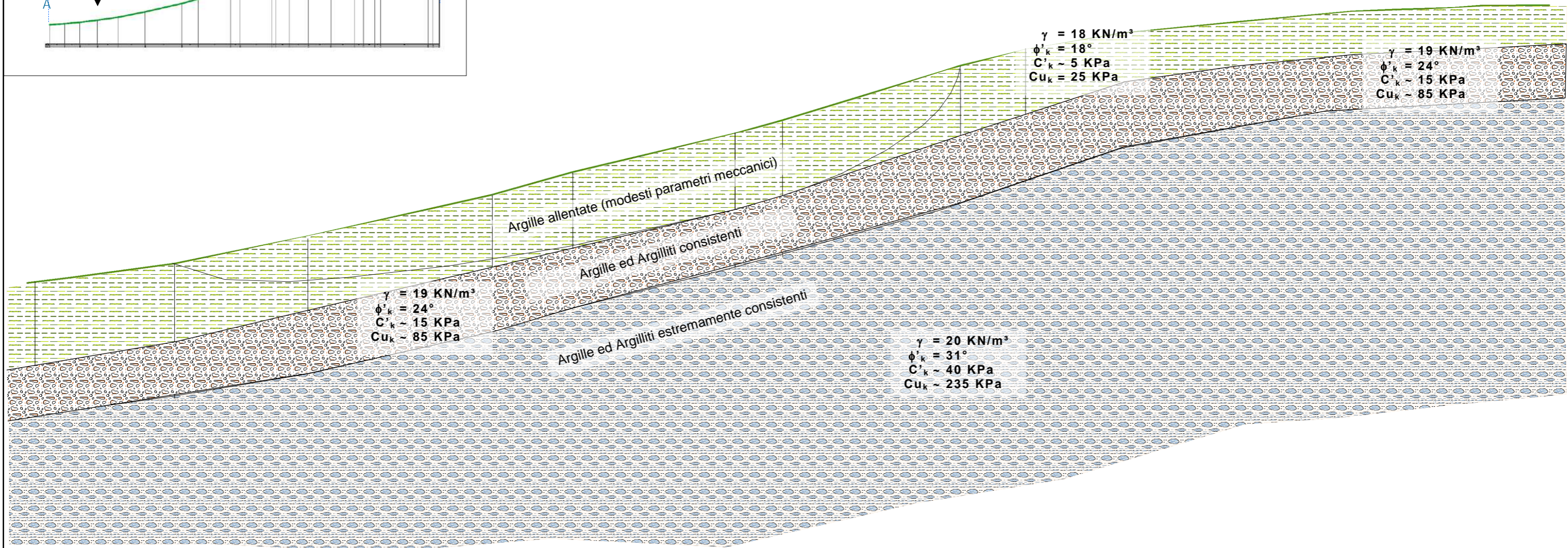
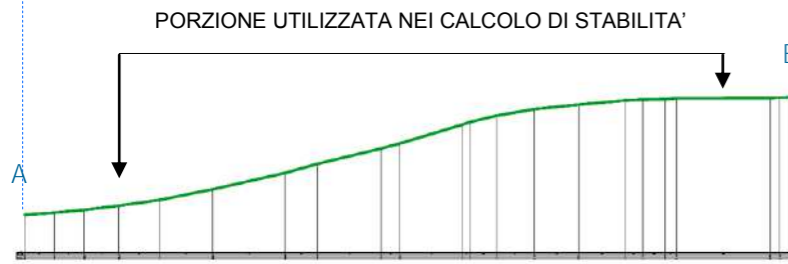


CARTA A CURVE DI LIVELLO CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 12







1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area in esame si colloca in località *Verzanella* ad una quota di circa 695/700 m s.l.m. alla periferia Nord-Ovest di *Pavullo nel Frignano* su di un versante costituito dalle *Brecce Argillose della Val Tiepido Canossa* (MVT).

L'area fa parte della porzione più settentrionale di una vasta *zolla* calcareo - arenaceo - marnosa di dimensioni chilometriche costituita dalle *Unità di Bismantova—Antognola* e poggiante sui complessi di base costituiti in prevalenza dalle *Arenarie di Scabiazza* e dalle *Argille a Palombini*. L'intera *conca* di Pavullo sarebbe infatti derivata dalla soluzione chimica delle rocce più calcaree, mentre gli abbondanti depositi lacustri deriverebbero da una successiva occlusione delle strutture carsiche che, in un primo tempo, permettevano l'evacuazione delle acque di inondazione.

La parte di versante oggetto di studio è situato al di fuori di questa vasta depressione, su di un versante pelitico-argilloso e quindi non risulta interessata dai fenomeni carsici.

Il versante è ricoperto da uno primo strato di argille allentate costituite da materiale eterogeneo di dimensioni variabili dai massi alle peliti in matrice pelitico argillosa: tuttavia le prove geognostiche svolte nell'area (3 DPSH e 2 HVSR) hanno dimostrato che lo spessore massimo di questi depositi più superficiali, con parametri meccanici molto modesti, è limitato a circa 4 m di spessore.

L'intero versante è solcato da una serie di rivoli e che finiscono di convogliare le loro acque direttamente nel *Torrente Cogorno*.

1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i terreni epiliguri ed in particolare le formazioni più arenacee (PAT) e marnose (CIG) della *Successione di Bismantova* e nel settore centrale e



Nord/Occidentale il *Melange della Val Tiepido Canossa* (MVT).

Successione epiligure

CIG - Formazione di Cigarellò

Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con A/P < 1 o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m. *Langhiano - Serravalliano*

CIG2 - Formazione di Cigarellò - membro di Monte Luminasio

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareni e litareniti grossolane e microconglomeratiche, alternate a peliti siltose grigie, in strati da sottili a molto spessi, prevalentemente tabulari. Rapporto A/P >1. Intercalazioni metriche e decametriche di peliti sabbiose. Corpi arenacei lenticolari intercalati a varie altezze stratigrafiche. Torbiditi di scarpata bacino. Potenza variabile da 0 a 100 m circa. *Langhiano - Serravalliano*

CIG1 - Formazione di Cigarellò - membro di Montalto Nuovo

Alternanze di arenarie finissime bioturbate e siltiti o peliti marnoso-sabbiose in strati da sottilissimi a medi; verso l'alto arenarie bioturbate in strati metrici e peliti marnose. Potenza massima di poche decine di metri. Ambiente di piattaforma esterna. Passaggio sfumato su PAT. *Langhiano - Serravalliano*

PAT - Formazione di Pantano

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminare. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG e su ANT. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m. *Burdigaliano sup. - Langhiano inf.*

PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo

Biocalcareni ed areniti ibride giallastre da fini a grossolane, localmente microconglomeratiche, con stratificazione prevalentemente obliqua a grande scala; verso l'alto e verso nord areniti più fini e più bioturbate. Alla base può essere talora presente una lente di spessore massimo di circa 10m costituita da brecce in prevalenza calcaree (bc1) a stratificazione mal visibile. Contatto inferiore su PAT1, localmente su CTG. Ambiente di piattaforma interna con influssi di marea. Potenza da 0 a 150 m.

PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano

Areniti ibride prevalentemente finissime e fini, a luoghi bioturbate, con stratificazione da media a molto spessa, tabulare ed obliqua a piccola scala, a luoghi poco evidente. Verso l'alto areniti più grossolane e strutture sedimentarie più evidenti. Contatto inferiore discontinuo su CTG. Ambiente di piattaforma interna e di battigia. Potenza variabile da pochissimi metri a 300 m circa.

MVT - Breccie argillose della val Tiepido-Canossa

Si tratta di brecce argillose poligeniche formatesi come accumuli di processi di frana sottomarina di materiali prevalentemente argillosi appartenenti in gran parte ai complessi di base liguri (Argille a Palombini). Breccie a matrice argillosa con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calciliti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri;



1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Il versante è solcato da rivoli che finiscono per convogliare le loro acque nel *Torrente Cogorno*.

La permeabilità dei terreni in sito è primaria per porosità nei depositi di versante e nel litotipo pelitico-argilloso che affiora ove è prevista l'area in inserimento; secondaria per fessurazione nella porzione di versante interessato dagli affioramenti arenacei.

Non si possono escludere piccole venute di acqua lungo il contatto fra litotipi a diverso grado di permeabilità.

1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento sono limitati in prossimità del sito, per l'abbondante copertura vegetale, per le buone caratteristiche meccaniche del litotipo affiorante e soprattutto per la sistemazione del versante a monte conseguente alle opere di urbanizzazione.

Fenomeni erosivi risultano evidenti sulla parte medio bassa del versante in corrispondenza degli affioramenti dell'*Unità di Canossa*: qui si hanno fenomeni di soliflusso generalizzato e deformazioni superficiali di tipo plastico.

Nella "Carta delle Frane e della Stabilità dei terreni del bacino del Fiume Secchia/Panaro" i terreni affioranti nell'area circostante il sito esaminato sono descritti come: "Terreni sufficientemente stabili" in corrispondenza del versante sul quale è ubicato il lotto in oggetto e nel settore a Nord/Ovest di questo; "terreni sufficientemente stabili e/o predisposti al dissesto" nelle aree a Nord-Est del sito, a Ovest della SS 12.

Nella *Carta del Dissesto*, estratta dal PTCP, nell'area in oggetto non sono segnalati fenomeni di dissesto o instabilità attivi in corrispondenza dei lotti in inserimento (vedi TAV 5).

Tuttavia numerose piccole frane attive vengono segnalate su tutto il versante di valle, la più vicina delle quali viene segnalata ad una distanza superiore ai 30 metri dai previsti fabbricati.

Per la verifica del grado di stabilità del versante, i calcoli sono



stati impostati assumendo la condizione più cautelativa e quindi a lungo termine e con la presenza della falda.

Le verifiche di stabilità, (vedi paragrafo dedicato) della Relazione Geologico Geotecnica, hanno dato sempre esito positivo.

Le varie combinazioni di calcolo ed i relativi coefficienti di sicurezza sono riassunti nella tabella allegata. In conclusione viste le caratteristiche meccaniche dei terreni dell'area all'intorno del sito e le risultanze delle verifiche di stabilità eseguite, si ritiene che la distanza dell'area oggetto di studio dall'area cartografata in dissesto sia idonea e sufficiente a garantire la salvaguardia dei lotti oggetto della prevista edificazione. Il progetto esecutivo-costruttivo dovrà essere completo delle canalizzazioni e dei drenaggi atti a garantire la corretta regimazione di acque bianche e nere al fine di evitare dilavamento ed erosione superficiale, ruscellamento concentrato e diffuso, nocive infiltrazioni nei terreni di fondazioni al fine di garantire la permanenza delle condizioni assunte in sede di calcolo.

1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI

E' stato eseguito un sopralluogo per caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico e geofisico l'area.

Lo strato pelitico consistente è posto ad una profondità limitata nell'area in oggetto.

In particolare nell'area in questione affiora la *Formazione della Val Tipepido Canossa*: si tratta di blocchi litoidi di svariate dimensioni entro una matrice prevalentemente pelitica ed argillosa.

Per la ricostruzione stratigrafica del sito e per ricavare i principali parametri meccanici sono state eseguite 6 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) ubicate come da planimetria di TAV11.

Per ricavare la frequenza di sito, per calcolare la velocità delle onde S nel terreno, per classificare il sito secondo il DM 17/01/18 (metodo semplificato) ed, infine, per la RSL, sono state effettuate 3 registrazioni sismiche, a stazione singola (TR-1, TR-2 e TR-3), con tromografo Micromed in corrispondenza rispettivamente delle prove penetrometriche dinamiche DPSH-1, DPSH-3, DPSH-4.



1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno in oggetto sono state eseguite 6 prove penetrometriche dinamiche di tipo super pesante (DPSH).

Possiamo utilizzare le relazioni esistenti in letteratura fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (Nspt). Riportiamo l'elaborazione di tutte le prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area.

In queste tabelle vengono forniti i parametri nominali del terreno, mentre per i valori caratteristici, sia per le fondazioni superficiali che profonde, si veda il paragrafo 3.1 e le relative tabelle.

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_01
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ	Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2	σ _v	R _{pd}	Qa3
			[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
1.0	5.6	12.2	28.5	8651	85	90	7311	158	9.3	4128	188
1.4	2.5	5.4	24.0	3862	88	40	3264	76	22.2	1726	78
2.4	5.4	11.4	28.1	8109	210	85	6852	156	35.0	3569	162
5.4	12.1	20.4	32.4	14505	688	151	12257	284	73.5	7071	321
6.8	10.4	15.4	30.2	10969	787	114	9269	235	116.1	5352	243
7.2	20.5	29.3	35.9	20774	1819	217	17556	416	133.7	9841	447
7.4	35.0	49.4	42.2	35054	4603	365	29623	673	139.7	16801	764

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_02
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ	Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2	σ _v	R _{pd}	Qa3
			[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
2.6	6.0	12.8	28.7	9060	177	94	7656	170	24.2	4137	188
4.0	4.4	7.7	25.7	5438	262	57	4595	118	61.3	2660	121
5.6	8.3	13.0	29.0	9249	534	96	7816	195	89.5	4532	206
10.4	12.3	17.0	30.9	12040	1111	125	10174	265	151.3	5704	259
12.6	18.7	22.5	33.4	15999	2111	167	13521	359	220.0	7406	337
13.0	31.5	36.0	38.2	25537	4425	266	21581	538	246.1	11798	536

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Nγ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Cu = 7.4 · N _{1,60} [kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15 · 30); Qa = (Rpd / 22) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_03
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
1.2	4.5	9.8	27.1	6952	78	72	5875	128	11.1	3279	149
2.2	2.0	4.3	23.0	3061	104	32	2587	65	30.9	1343	61
3.2	3.8	7.0	25.3	4990	200	52	4217	105	48.8	2379	108
6.0	6.2	9.9	27.2	7064	411	74	5969	154	84.1	3463	157
6.4	9.0	13.3	29.1	9433	677	98	7972	207	114.2	4551	207
6.6	35.0	51.0	42.7	36210	4315	377	30600	687	120.1	17700	805

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_04
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
1.2	5.7	12.3	28.4	8754	100	91	7398	160	11.2	4139	188
1.4	2.0	4.4	23.1	3090	84	32	2611	63	24.1	1381	63
1.8	4.0	8.7	26.3	6179	150	64	5222	120	29.5	2762	126
2.0	2.0	4.4	23.1	3090	116	32	2611	67	34.9	1287	58
3.0	4.2	8.0	25.9	5671	206	59	4792	117	45.8	2661	121
3.2	3.0	5.3	23.9	3750	197	39	3169	86	56.8	1807	82
4.0	5.3	8.9	26.6	6335	305	66	5353	135	66.0	3118	142
4.2	12.0	19.7	32.2	14021	671	146	11849	276	75.4	6796	309
5.4	8.2	12.9	28.9	9162	525	95	7743	193	88.7	4492	204
6.8	10.6	15.7	30.3	11135	779	116	9410	237	113.7	5436	247
7.2	26.5	37.8	38.5	26822	2989	280	22667	523	131.2	12721	578

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_05
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
1.8	4.3	9.4	26.8	6694	101	70	5657	125	16.5	3095	141
2.2	3.5	7.4	25.5	5263	161	55	4448	106	36.7	2252	102
3.8	5.4	9.7	27.0	6853	274	71	5791	141	55.2	3315	151
4.4	19.0	31.2	36.6	22166	1243	231	18732	421	76.0	10760	489
4.8	40.0	63.8	43.4	45329	3854	472	38306	838	86.1	22653	1030

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ' · Nγ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Cu = 7.4 · N _{1,60} [kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 22) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_06
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
0.4	1.0	2.2	20.7	1545	17	15	1305	26	3.4	745	30
2.0	5.6	12.2	28.5	8690	153	82	7343	148	21.7	3929	157
3.0	4.0	7.7	25.7	5450	198	51	4606	103	45.8	2541	102
5.0	5.1	8.5	26.2	6000	325	57	5071	121	73.4	2941	118
6.8	9.3	14.0	29.5	9930	678	94	8391	197	109.2	4844	194
8.6	12.8	17.7	31.3	12596	1103	119	10644	252	144.0	5984	239
9.6	9.6	12.7	28.8	9019	962	85	7622	203	171.1	4217	169
11.4	12.4	15.7	30.3	11138	1317	105	9412	246	198.3	5141	206
12.8	16.4	19.3	32.0	13710	1851	129	11586	298	229.7	6365	255
13.4	18.7	21.1	32.8	14971	2200	141	12652	325	249.5	6868	275
13.6	44.0	49.0	42.1	34755	7929	328	29371	648	257.6	16188	648

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = $N_{1,60} = (15 \cdot N_{1,60})^{1/2} + 15$ (Road Bridge Specificazion)	
Mo = $710 \cdot N_{1,60}$ [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (1/2 \cdot b \cdot \gamma \cdot N_\gamma)] / 3$	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, N _γ Meyerhof)
Cu = $6.7 \cdot N_{1,60}$	[kN/m ²] [Terzaghi]
Ed = $600 \cdot N_{1,60}$ [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R _{pd} = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = (R _{dp} / 15+30); Qa=(R _{pd} / 25)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

Tutte le prove eseguite mostrano dei minimi meccanici compresi fra -2.5 e -3.0 m dal p.c.: il materiale mostra modeste caratteristiche meccaniche fino a circa 4 m dal p.c.

Al di sotto di questo strato più superficiale si rinviene un substrato compatto (N_{spt} > 10), costituito da peliti meno alterate e meno allentate classificabili come consistenti.

L'elaborazione di tutte le prove penetrometriche dinamiche viene riportata nell'allegato A.



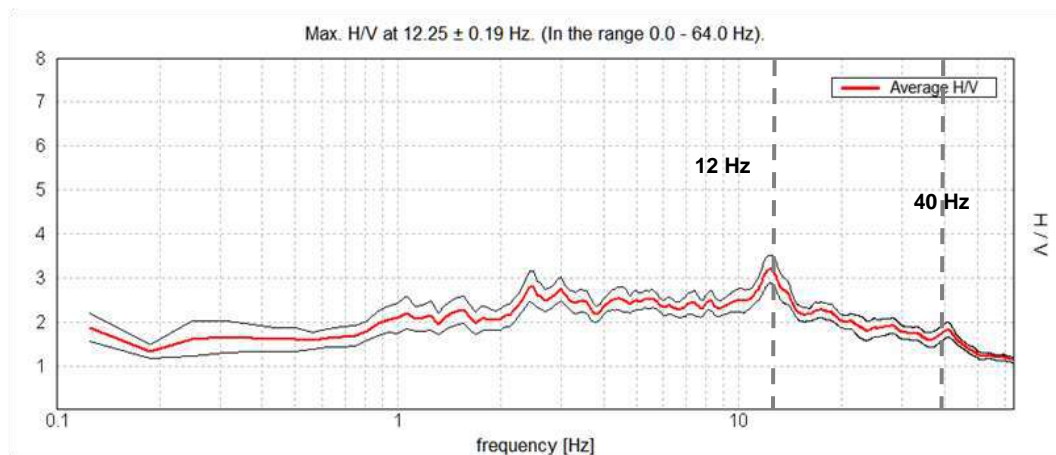
1.5.2 Registrazione Sismica

Le prove sismiche hanno individuato la presenza del substrato roccioso alterato ad una profondità di circa 9/10 m e dal p.c. e hanno individuato altri strati di roccia a densità crescente.

Le misure delle V_{s30} sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed.

La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghooshi e Igarashi 1970).

Di seguito si riporta il grafico H/V-Hz della registrazione sismica 3, effettuata in prossimità della prova penetrometrica 4:



Osservando il grafico precedente si nota un picco importante intorno a 12 Hz, altri picchi si osservano fra 2 e 50 Hz mentre un cambiamento importante di pendenza lo si nota anche a 40 Hz.

Il picco massimo che si colloca a 12 Hz è posto ad una profondità di circa 7 metri e segna il passaggio fra i depositi più superficiali (argille plastiche) e le sottostanti peliti compatte (510 m/s).

Il cambio di acclività posto a circa 40 Hz segna il passaggio fra i depositi superficiali e il terreno agrario.

La frequenza fondamentale di risonanza (F_r) dello strato relativa alle onde S è pari a:

$$F_r = V_s / (4 \cdot h)$$

Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza di risonanza



e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità h , alla quale corrisponde la frequenza F_r , si può ottenere la V_s media dello strato sovrastante.

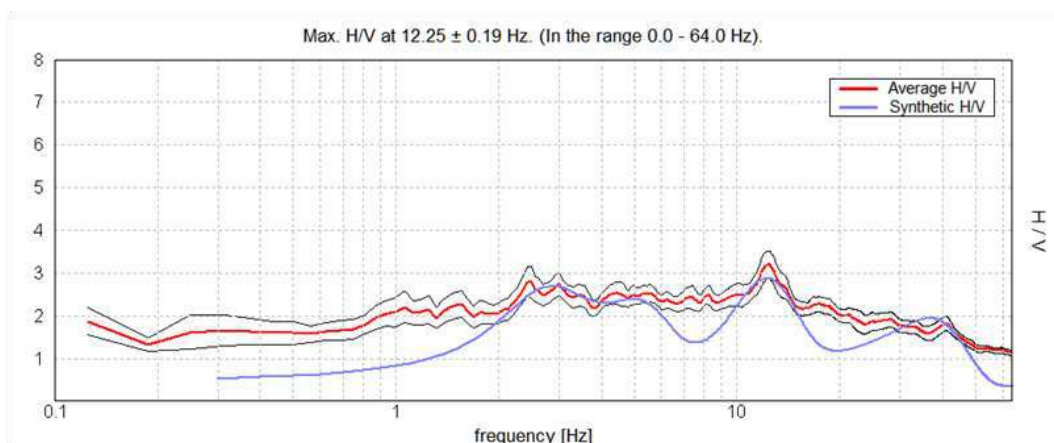
Per lo strato di depositi più superficiali possiamo calcolare:

$$V_s = (4 \times 0.7) \times 40 \sim 112 \text{ m/s}$$

Estendendo il ragionamento a tutti gli strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica:

base dello strato [m]	Spessore [m]	V_s [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	102	0.35
3.00	2.30	227	0.35
7.00	4.00	310	0.35
29.00	22.00	530	0.35
94.00	65.00	970	0.35
inf.	inf.	1500	0.35

Nel grafico in basso, il confronto fra la curva H/V teorica (blu) e quella sperimentale (rosso).





2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 17/01/2018)

In base alla classificazione contenuta nell'ordinanza del PCM. n° 3274 del 20 Marzo 2003, il comune di *Pavullo nel Frignano* ricade nella Zona Sismica n°3 con $a_g = 0.15$ g.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008 e DM 17/01/2018) l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, non viene più riferita ai territori comunali ma ad una griglia di riferimento specifica.

Quindi per ottenere i parametri di riferimento bisogna introdurre la latitudine e la longitudine del luogo e il tempo di ritorno: ad esempio, per il sito in questione, con un $T_r=475$ anni si ottiene una accelerazione massima $a_g=0.159$ g.

Anche nel DM 17/01/2018, per l'approccio semplificato, il suolo viene suddiviso nelle classiche cinque classi:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



La classificazione avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c.

Se non si è in possesso della velocità delle onde S la normativa più recente (DM 17/01/2018) non prevede più le correlazioni fra la velocità delle onde S e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (N_{spt}) oppure fra le Vs e le Cu.

2.1.1 Classificazione del suolo in base alle Vs30

Per il calcolo della V_{s30} equivalente, rappresentativa dell'intero pacco di strati di 30 m di spessore, si ricorre alla relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

Le misure delle V_{s30} sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con Tromografo Micromed.

Si riporta qui sotto la tabella delle velocità delle onde S della registrazione TR-03 eseguita presso la prova DPSH-4 (le altre registrazioni hanno fornito velocità paragonabili):

base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	102	0.35
3.00	2.30	227	0.35
7.00	4.00	310	0.35
29.00	22.00	530	0.35
94.00	65.00	970	0.35
inf.	inf.	1500	0.35

Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene, per una profondità $h=0$ m dal p.c. la seguente velocità delle onde S nei primi 30 metri di terreno:

$$V_{s30} = \mathbf{414} \text{ m/s}$$

Dopo aver calcolato le V_{s30} (velocità delle onde S equivalenti), si individua il tipo di suolo corrispondente: nel nostro caso (vedi anche tab.3.2.II nella pagina precedente), si hanno valori delle onde S con: $360 < V_{s30} < 800$ m/s e caratteristiche meccaniche dei materiali che aumentano con la profondità e quindi, secondo il metodo semplificato descritto nel DM 17/01/2018, saremmo in presenza di una classe di suolo sismico di tipo B: vista la litologia e le problematiche geologiche è comunque più prudente adottare una classe C.



2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 17/01/2018)

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell'OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame. Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico 'tipo') con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

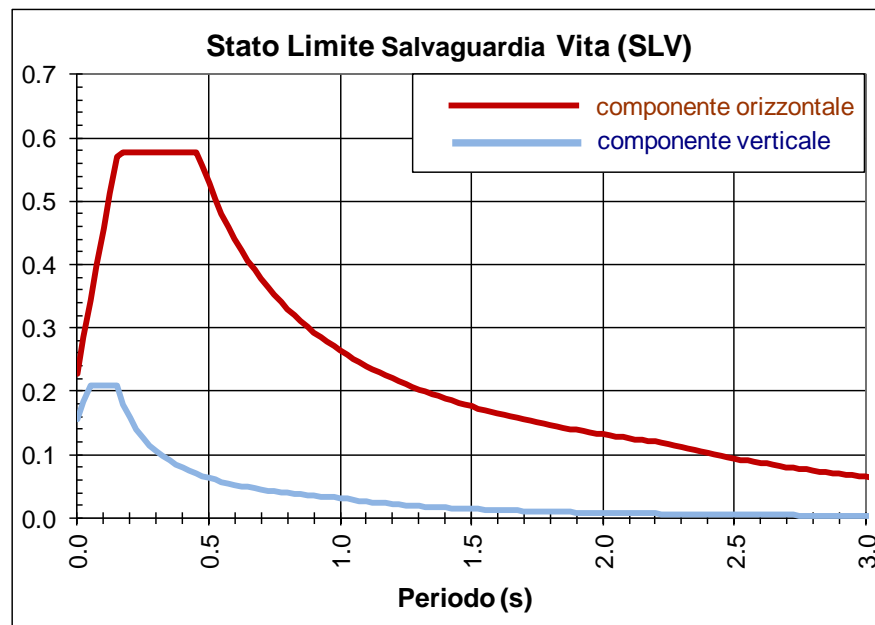
Secondo l'ultima versione del DM 17/01/2018 (§ 3.2.3.2.1) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

Forma dello spettro elastico di riferimento	
Accelerazione. Componenti orizzontali. §.3.2.3.2.1	
$0 \leq T < T_B$	$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
$T_B \leq T < T_C$	$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$
$T_C \leq T < T_D$	$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
$T_D \leq T$	$S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

$S = S_S \times S_T$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \xi))^{1/2}$	ξ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell'edificio)
F_o	fatt. amplif. spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_c = C_c \times T_c^*$	(C_c in tab.3.2V e T_c^* in allegato alla norma)
$T_B = T_c / 3$	
$T_D = 4 a_g / g + 1.6$	

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (espresso in secondi) e con a_g l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto (m/s^2).

Elaborando i dati ottenuti dalla sismica si ottiene, per un suolo tipo C, un tempo di ritorno $Tr=475$ anni (opere ordinarie, $Vn=50$ anni e classe d'uso II), una amplificazione topografica $St=1.0$ e un coefficiente di smorzamento pari al 5% le seguenti forme spettrali:



Quindi dalla sintesi dei dati, e seguendo il metodo semplificato, è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la C.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration), riferita ad un suolo C, è di **0.58** g, con $T_r=475$ anni (dove g =accelerazione di gravità = 9.81 m/s²).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e il coefficiente C_c sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione C descritti nella tabella 3.2.IV. del DM 17/01/2018.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per i dettagli si veda l' **ALLEGATO B** e il DM 17/01/2018.



2.3 STUDI SISMICI PREGRESSI

Il comune di *Pavullo n/F* ha realizzato a corredo del PSC una cartografia della pericolosità sismica locale ad una scala di maggior dettaglio rispetto al PTCP, individuando le parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale.

Le analisi svolte hanno individuato le seguenti parti del territorio:

- aree che non necessitano di approfondimento, in quanto si ritiene il pericolo sismico assente o trascurabile: si tratta di parti di territorio per le quali gli studi di I livello non hanno individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione;
- aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento, al fine di valutare la pericolosità sismica:
 - aree oggetto di approfondimenti semplificati di II livello (le amplificazione vengono calcolate tramite le tabelle regionali RER);
 - aree oggetto di analisi approfondita di III livello (in genere aree interessate da fenomeni franosi, spessori importanti di ricoprimenti, aree dove sono possibili ingenti fenomeni di cedimento).

Dai recenti studi (anno 2019) eseguiti a carico dell'amministrazione comunale, l'area oggetto di intervento viene classificata fra la Zona 2006 e la Zona 2011 (vedi TAv.11) per le quali sono sufficienti approfondimenti di II livello. Per tali studi si rimanda alla cartografia sviluppate a carico dell'amministrazione comunale, estratti della quale vengono riportati nelle tavole 8, 9a, 9b, 9c qui allegate da pag.11 a pag.14 della presente relazione. Si vuole sottolineare che tali studi fanno riferimento ad una normativa abbastanza aggiornata (vedi DGR 2193/2015 e DGR 630/2019).

Nella *Carta del Dissesto del PTCP* la zona ricade in aree sufficientemente lontane da ogni fenomeni di dissesto e/o instabilità, tuttavia è presente nell'area uno strato superficiale di argille allentate e vista anche la litologia affiorante (MVT), lo scrivente ritiene si debba procedere ad approfondimenti sismici di 3° livello.

Considerati gli studi esistenti e le carte provinciali, si è quindi proceduto sia ad analisi di II livello tramite le tabelle regionali aggiornate, sia ad un approfondimento di III livello per fornire, in funzione della litologia locale, amplificazioni più dettagliate ed in fase di progettazione spettri in accelerazione più corretti.



2.4 APPROFONDIMENTI SISMICI DI II LIVELLO (Tabelle RER)

Ai fini del DAL RER 112/2007 e successive integrazioni (DGR 2193/2015, DGR 630/2019, DGR 476/2021, DGR 564-2021) va definita la microzonazione sismica per l'area in oggetto.

Per la classificazione di II livello, di seguito si seguono le direttive della Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna e più in particolare le tabelle riportate nell'allegato A2.1.1.

“APPENNINO: Le tabelle relative al settore appenninico sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna. Possono essere applicate anche nelle aree di pianura prossime al margine morfologico appenninico-padano dove le coperture detritiche continentali hanno spessore indicativamente non superiore a 50 m.”

Tradizionalmente i fattori di amplificazione sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAo) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SIo) per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento ricavabili dal data base regionale e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie.

Nell'ultima delibera oltre alle integrazioni delle velocità sono state introdotte le integrazioni delle accelerazioni (FA SA).

In queste tabelle (vedi tabelle seguenti), in funzione della velocità di propagazione delle onde S e della profondità h, sono indicati quindi i fattori di amplificazione (FA PGA, FA SA e FA SI).

In particolare vengono qui utilizzate le tabelle A2.1.1 denominate APPENNINO 1, con substrato individuato da *“coperture direttamente poggianti su substrato rigido, ovvero bedrock sismico, generalmente caratterizzato da $V_s > 800$ m/s.*

Dalle registrazioni sismiche effettuate è risultato che la profondità media della copertura, costituito per lo più da roccia alterata, è valutabile in circa $h=27.6$ m (vedi modello sismo-stratigrafico riportato a pagina 30), mentre le velocità medie delle onde trasversali S in queste strato è di circa: $V_h \sim 394$ m/s (vedi anche registrazioni sismiche TR-01, TR-02 e TR-03 nell'allegato B).



Quindi, dalle tabelle di seguito riportate, si ottengono per l'area in questione, le seguenti amplificazioni sismiche:

MEDIA REGISTRAZIONI TR-01, TR-02 e TR-03 (h~27-6 m; V_h~394)

- FA PGA = **1.75**
- FA SA1 (0.1-0.5) = **1.75**
- FA SA2 (0.4-0.8) = **1.30**
- FA SA3 (0.7-1.1) = **1.10**
- FA SI1 (0.1-0.5) = **1.75**
- FA SI2 (0.5-1.0) = **1.15**

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5	1,7	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
10	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	10	2,1	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	
15	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0	15	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	
20	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,0	20	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	
25	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,3	1,0	25	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,1	
30		1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	30		2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2	35		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	
40		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2	40		2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,4	1,2	50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	

Fattore di Amplificazione **PGA**

Fattore di Amplificazione **SA1 (0,1s≤T≤0,5s)**

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
10	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	10	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
15	2,2	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	15	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
20	2,8	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	20	2,0	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
25	2,9	2,8	2,4	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	25	2,7	1,9	1,5	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	
30		3,0	2,7	2,0	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	30		2,5	1,8	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	
35		3,1	2,9	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	35		3,1	2,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	
40		3,1	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	40		3,4	2,9	1,9	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	
50		2,9	2,9	2,7	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	50		3,5	3,3	2,8	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	

Fattore di Amplificazione **SA2 (0,4s≤T≤0,8s)**

Fattore di Amplificazione **SA3 (0,7s≤T≤1,1s)**

V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	V _{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
10	2,1	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	10	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
15	2,4	2,3	2,1	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	15	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
20	2,4	2,4	2,3	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	20	2,6	1,9	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	
25	2,4	2,4	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0	25	2,9	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,1	30		2,9	2,3	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	
35		2,3	2,3	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	35		3,2	2,8	1,9	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	40		3,4	3,1	2,4	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	50		3,2	3,2	2,9	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	

Fattore di Amplificazione **SI1 (0,1s≤T≤0,5s)**

Fattore di Amplificazione **SI2 (0,5s≤T≤1,0s)**

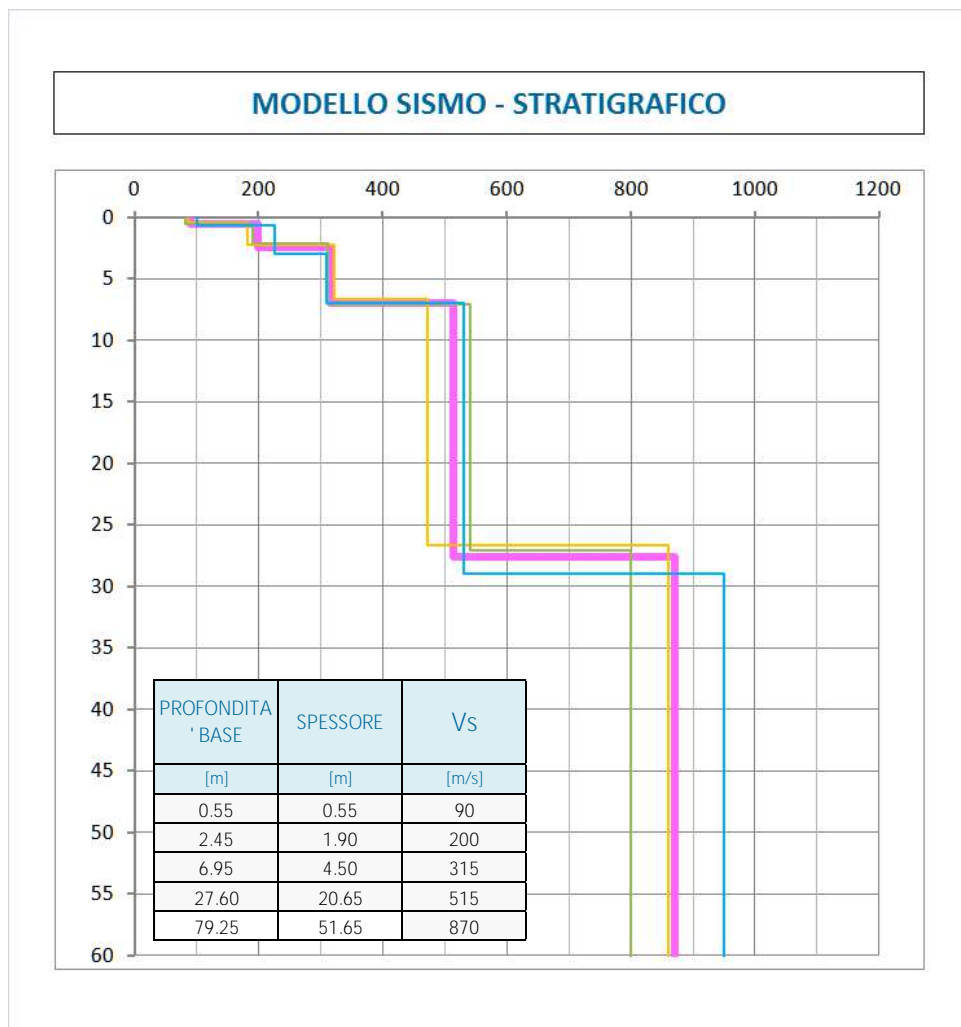


2.5 APPROFONDIMENTI SISMICI DI III LIVELLO

2.5.1 Modello Sismo Stratigrafico del Terreno

Per la risposta sismica locale si sono utilizzate 3 registrazioni sismiche HVSR tarate sulle prove penetrometriche dinamiche in modo da vincolare il passaggio fra il primo strato (argille allentate ed argille mediamente consistenti), con il secondo strato (argilliti compatte), così che la curva sintetica ottenuta dalla tecnica HVSR sia compatibile con la stratigrafia presente in sito.

Per la ricostruzione sismo-stratigrafica e per ottenere un modello unico dalle 3 registrazioni, si è proceduto in questo modo: dopo aver individuato nelle 3 registrazioni sismiche HVSR gli strati principali, si sono mediati gli spessori e le velocità delle onde S, ottenendo il seguente modello sismo-stratigrafico:





	PROFONDITA' (m dalla base dello strato)							SPESSORE [m]							VELOCITA' ONDE Vs [m/s]						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	0.4	0.5	0.7					0.4	0.5	0.7					87	82	102				
2	2.2	2.1	3.0					1.8	1.6	2.3					182	190	227				
3	6.7	7.1	7.0					4.5	5.0	4.0					322	312	310				
4	26.7	27.1	29.0					20.0	20.0	22.0					472	542	530				
5	76.7	67.1	94.0					50.0	40.0	65.0					860	800	950				
6															1300	1250	1450				

Dalla sintesi dello studio si è ottenuta la seguente stratigrafia sismica che è stata introdotta nel codice di calcolo EERA per la verifica del modello e per il calcolo dell'amplificazioni di sito e delle accelerazioni sismiche attese al sito:

	Depth Down (m)	Thicness (m)	Soil Type	γ [KN/m ³]	Vs (m/s)
1	0.55	0.55	Clay	18	90
2	2.45	1.90	Clay	19	200
3	4.45	2.00	Clay	20	315
4	6.95	2.50	Clay	20	315
5	8.95	2.00	Rock	21	515
6	10.95	2.00	Rock	21	515
7	12.95	2.00	Rock	21	515
8	14.95	2.00	Rock	21	515
9	16.95	2.00	Rock	21	515
10	18.95	2.00	Rock	21	515
11	20.95	2.00	Rock	21	515
12	22.95	2.00	Rock	21	515
13	24.95	2.00	Rock	21	515
14	27.60	2.65	Rock	21	515
16		Half-Space		22	870

2.5.2 Curve di Degradazione dei Materiali

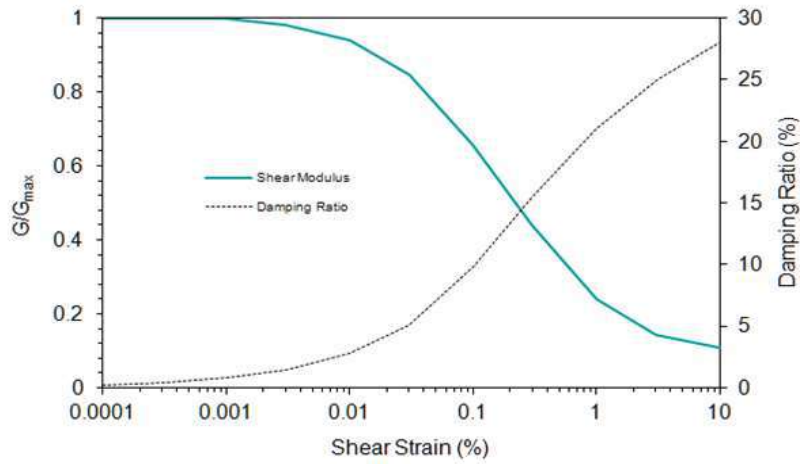
Per le curve di degradazione dei materiali si sono utilizzate le classiche curve più note in letteratura: per le argille si usano generalmente quelle di Seed & Sun (1989); per le sabbie quelle di Seed & Idriss (1970); infine per le rocce e terreni a comportamento rigido si usano le curve riportate nella pagina seguente.

Queste sono le curve di degradazione più usate in letteratura e sono presenti di default nei codici di calcolo utilizzati per la Risposta Sismica Locale come EERA.



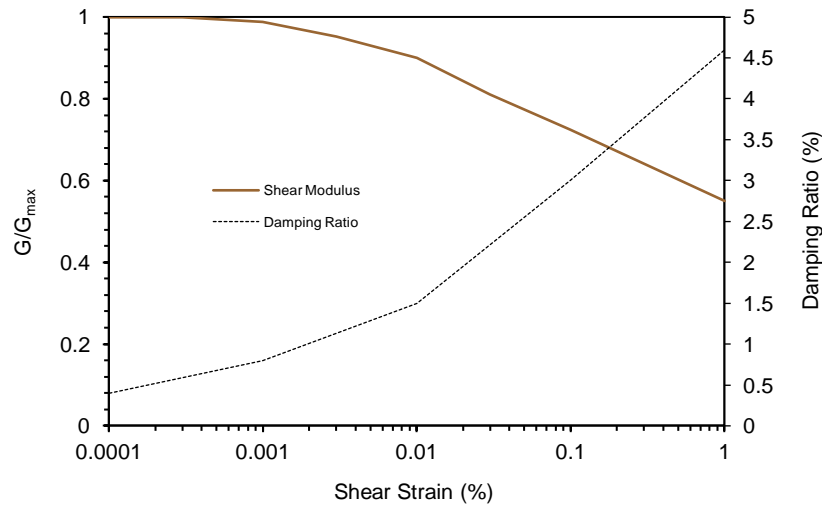
Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990)

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.24
0.0003	1	0.0003	0.42
0.001	1	0.001	0.8
0.003	0.981	0.003	1.4
0.01	0.941	0.01	2.8
0.03	0.847	0.03	5.1
0.1	0.656	0.1	9.8
0.3	0.438	0.3	15.5
1	0.238	1	21
3	0.144	3.16	25
10	0.11	10	28



Attenuation of rock average and damping in rock

Strain (%)	G/G _{max}	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.4
0.0003	1	0.001	0.8
0.001	0.9875	0.01	1.5
0.003	0.9525	0.1	3
0.01	0.9	1	4.6
0.03	0.81		
0.1	0.725		
1	0.55		





2.5.3 Gli input Sismici

Per poter confrontare i risultati, ridurre al minimo gli errori ed avere un quadro più completo sulle scelte operate, vengono qui utilizzati 2 tipi di input sismici che vengono applicati al medesimo modello sismo-stratigrafico visto in precedenza:

- 1) 3 input forniti dalla RER per una stima della amplificazione sismica di III livello, ma solitamente non utilizzati ad uso ingegneristico per via del loro tempo di ritorno ($T_r=475$ anni);
- 2) 7 input sismici (come prevede la normativa) prelevati dai database nazionali ed europei tramite appositi software e scalati in base al tempo di ritorno che interessa (7 INPUT REXEL);

I segnali di riferimento forniti dalla RER (disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale), sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motion Database” attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 5% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati “Italian accelerometric Archive”. Quindi se dobbiamo produrre materiale allo scopo della pianificazione territoriale (mappe di amplificazione, ecc.) o se al limite siamo in presenza di un’opera la cui vita di riferimento e lo stato limite conducono ad un periodo di ritorno di 475 anni, possiamo utilizzare gli input sismici forniti dalla regione, altrimenti bisogna ricorrere ad una procedura un po’ più complessa ed a software specifici (REXEL) per la ricerca di input sismici più appropriati (la normativa nazionale impone l’utilizzo di 7 input). In ogni caso è sempre utile confrontare gli input regionali (RER) con quelli ricavati ad hoc tramite programmi come REXEL.

2.5.4 Dati di Disaggregazione

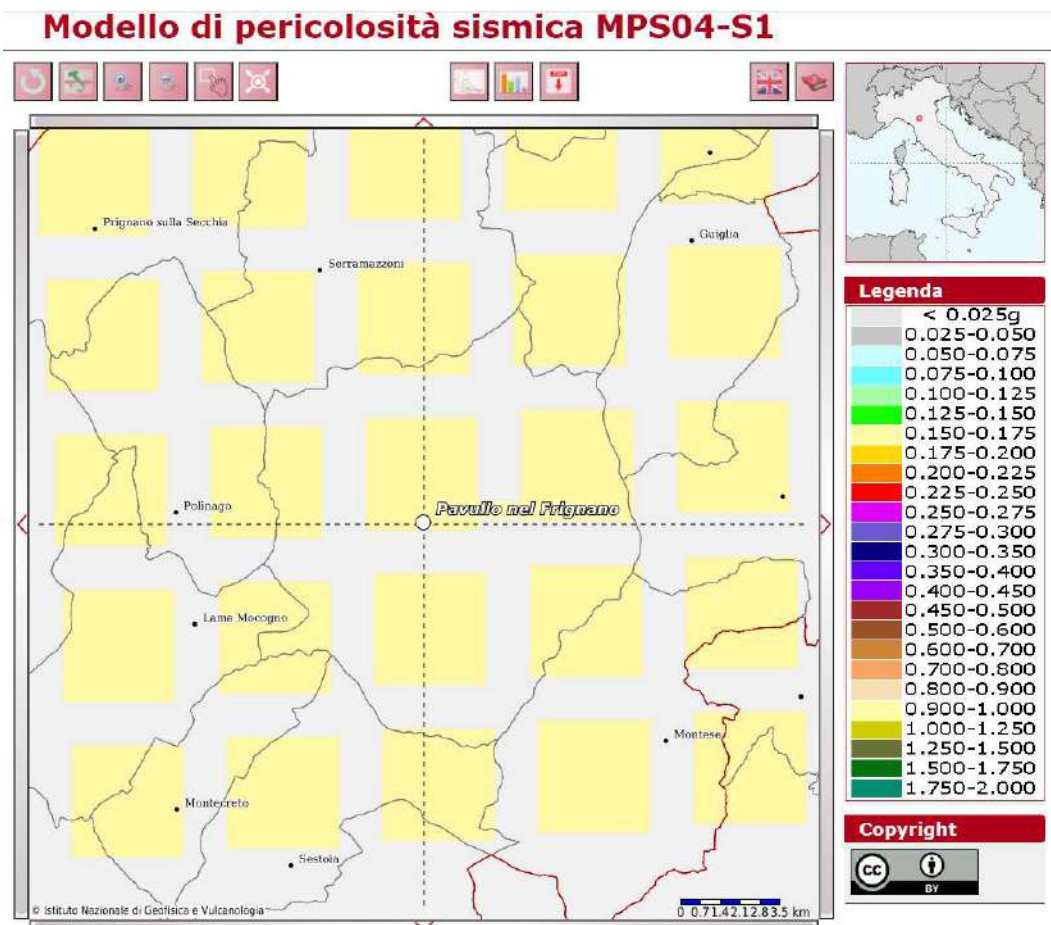
L’estrazione degli accelerogrammi di input (tramite software specifici) prevede la determinazione di altri parametri oltre il valore di a_g : in particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di disaggregazione (come ad esempio la variabilità in termini di magnitudo e distanza), reperibili nel sito dell’Istituto di Geofisica

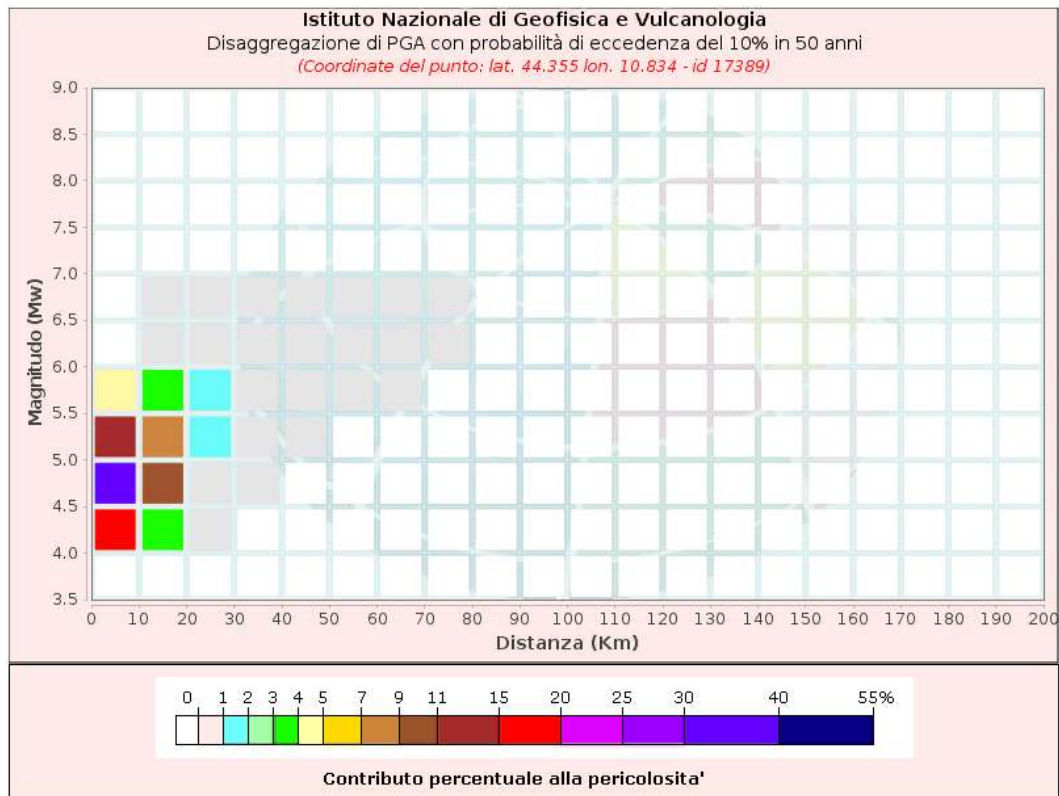


e Vulcanologia di Milano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.

Si accede ad una pagina web in cui va indicato il comune oggetto d'indagine (o le coordinate del sito), la probabilità di accadimento in 50 anni ed il percentile. Si seleziona una probabilità la più vicina al periodo di ritorno relativo al progetto di cui ci dobbiamo occupare. Si ricordi che ai sensi dell'Allegato B delle norme tecniche per le costruzioni, il periodo di ritorno (T_r) è legato alla vita di riferimento (V_r) ed alla probabilità di superamento della vita di riferimento (P_{vr}) dalla seguente relazione: $T_R = -V_R/\ln(1-P_{vR})$.

Pertanto, verificato il periodo di ritorno relativo alla scelta di progettazione effettuata, si cerca nel sopraccitato sito INGV qual è il valore di P_{vr} (V_r è fissa a 50anni) corrispondente al valore di T_r (secondo la predetta formula) corrispondente o più simile al periodo di ritorno di progetto. Per tempi di ritorno di 475 anni si trova una corrispondenza esatta nella suddetta mappa.





Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 (Coordinate del punto: lat. 44.355 lon. 10.834 - id 17389)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	19.8000	31.3000	14.0000	4.2600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.7100	9.4300	7.4100	3.5100	0.0887	0.0133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0357	0.7830	1.7600	1.5500	0.5920	0.1000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0080	0.2570	0.5860	0.3840	0.0707	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0168	0.1600	0.1560	0.0319	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0277	0.0388	0.0095	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0031	0.0073	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.89	8.71	0.911



Pertanto, per il presente uso di pianificazione territoriale, si è selezionata la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 475 anni.

Si può osservare come il *range* di a_g indicato nella mappa INGV è confrontabile con quello calcolato con il foglio di calcolo del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ($a_g=0.159$).

Nella tabella seguente si riporta un riepilogo dei dati necessari alla risposta sismica locale ad uso PSC:

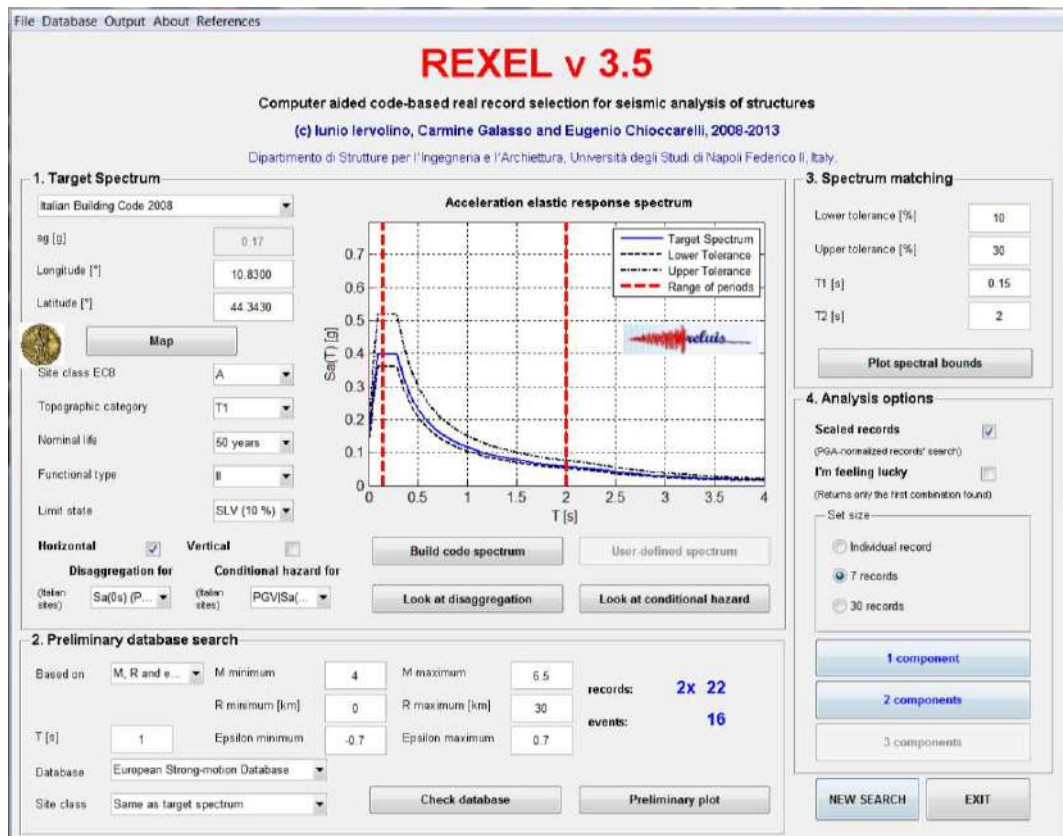
RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI PER EDILIZIA COMUNALE (RER)		
Coordinate del sito (ED50)	LAT	44.343014
	LONG	10.829967
Parametri Progettazione	Vita Nominale = 50 anni	
	Coefficiente d'uso = 1	
	Stato limite di riferimento = SLV	
	Tempo di ritorno = 475 anni	
Acc. Orizzontale max al sito (a_g)	$a_g = 0.159$	
Dati di disaggregazione	Magnitudo $4 < M < 6.5$	
	Distanza $0 < R < 30$	

Naturalmente, nel caso di un uso ingegneristico della RSL, il medesimo procedimento va ripetuto anche per tempi di ritorno più bassi, corrispondenti allo SLD e allo SLO.

2.5.5 Estrazione di Accelerogrammi naturali

Il software Rexel (in questo caso si è utilizzata la versione 3.5 beta) permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche, ma anche di pianificazione territoriale, da più banche dati, quali la banca dati europea ESD (Ambra-seys et al., 2004; http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm), la banca dati italiana ITACA (Working Group ITACA 2010; <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>) e la banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011; http://wpage.unina.it/iuniervo/SIMBAD_Database_Polimi.pdf), mediante una finestra windows abbastanza semplice che si interfaccia all'ambiente MATLAB.

Senza entrare nei dettagli d'uso del programma REXEL è stato possibile, dopo aver immesso le coordinate del sito, la vita nominale e la classe d'uso, i dati di disaggregazione, la banca dati (nazionale od europea) ed altri parametri per lo più di tolleranze e di



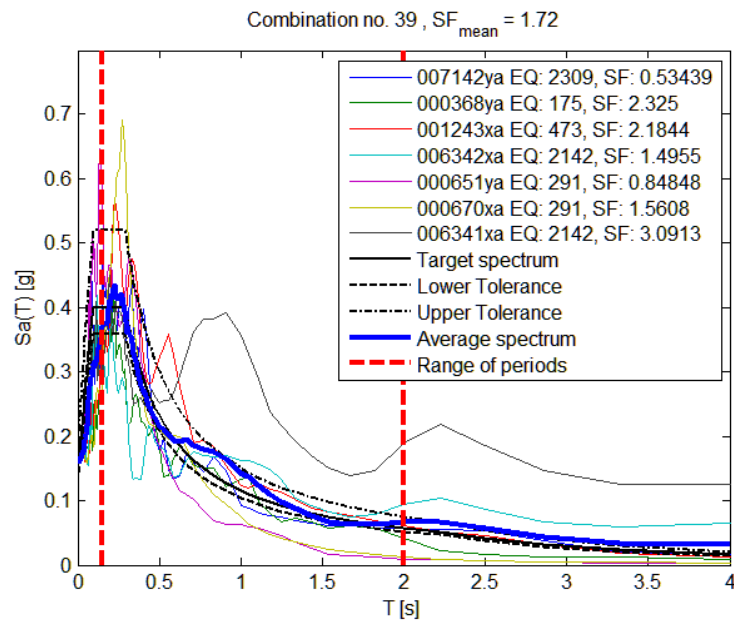
analisi, l'estrazione di 7 accelerogrammi naturali (nella immagine sopra riportata si sono estratti gli input per lo SLV).

Si riportano il set selezionato per l'area studiata e con tempi di ritorno di $T_r=475$ anni, dall'European Strong-motion Database.

Questo è il set che è stato selezionato ed introdotto in EERA per i calcoli della Risposta Sismica Locale.

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9
1243	473	ST575	Izmit (aftershock)	13/09/1999	5.8
6342	2142	ST2556	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
651	291	ST236	Umbria Marche (aftershock)	06/10/1997	5.5
670	291	ST238	Umbria Marche (aftershock)	06/10/1997	5.5
6341	2142	ST2497	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4
mean:					5.97

Infine si riporta un grafico allegato ai dati scaricati da REXEL che mostra i grafici degli accelerogrammi dei set di record trovati.



2.5.6 Il Software per la RSL (EERA)

La modellazione numerica dei dati ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software EERA, che è un software di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali che, eseguendo una sequenza di analisi lineari complete, è in grado raggiungere valori di rigidezza G e di smorzamento D compatibili con le caratteristiche delle colonne litologiche oggetto di studio.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, si compone di due fasi principali:

- 1) Introduzione nel software ed elaborazione del modello;
- 2) Simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

- La prima fase consiste nell'inserire gli input sismici (accelerazioni, intervalli di tempo), relativi ai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (oppure in alternativa possono essere scaricati altri input tramite appositi software come REXEL).

La regione fornisce solo 3 input sismici, ma sono stati opportunamente calibrati: sulla base di questi dati è possibile calcolare, gli accelerogrammi e lo spettri di risposta riferiti ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento $\zeta = 5\%$.



I segnali regionali o input sismici devono essere “scalati” rispetto ad una griglia di riferimento (coordinate lat e long) e sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto:

- 1) impulsivo (codice 46);
- 2) con ampio contenuto in frequenze (codice 126);
- 3) con componente predominante alle alte frequenze (codice 354).

Il procedimento migliore, che è stato usato nel presente studio, consiste nell'utilizzare sia gli input sismici regionali, ma anche quelli scaricati con altri software, in modo da confrontare gli spettri ottenuti dai 2 modelli in modo da evitare errori grossolani.

Dopo aver determinato gli input sismici, è necessaria la costruzione del modello del sottosuolo, rappresentato da strati (layer) a differente tessitura e diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

La stratigrafia che caratterizza il modello deriva dalla sintesi delle indagini eseguite in sito (3 registrazioni sismiche HVSR e 4 prove penetrometriche dinamiche).

Per quanto riguarda l'attribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) ai differenti layer costituenti la colonna litologica schematica, vengono utilizzati i risultati derivanti dalla tomografia.

- La seconda fase (elaborazione degli effetti indotti dai sisma di progetto), consente di ottenere gli "spettri di risposta".

Nel foglio di calcolo EERA vengono riprodotti gli spettri di accelerazione (PGA), di velocità (PGV) e di spostamento per ognuno dei singoli segnali scaricati dal sito della regione (o da REXEL).

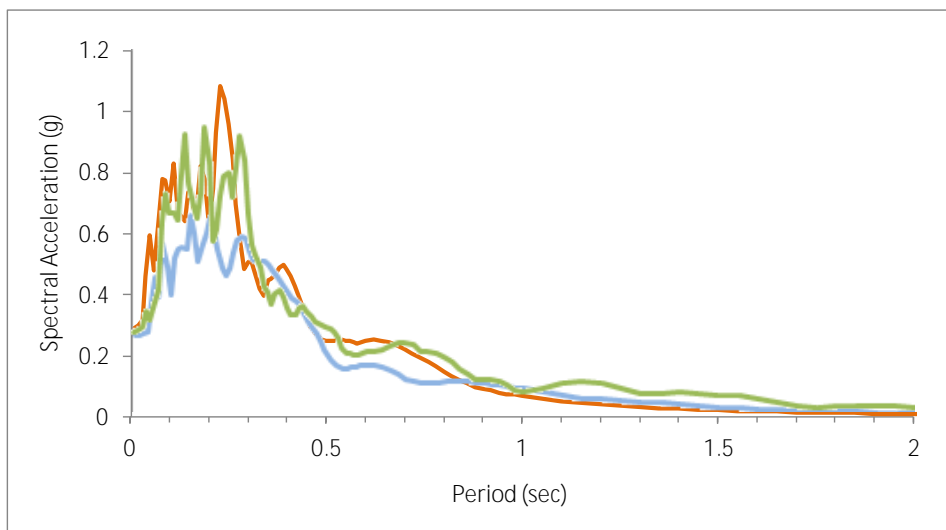
Con il programma EERA sono stati ricostruiti sia gli spettri riferiti al modello locale del terreno che gli spettri riferiti al bedrock sismico di riferimento (SUOLO A+T1 del DM 01/17/2018).

Lo spettro calcolato al suolo di riferimento somma dei 3 spettri in output ricavati dai segnali regionali (46, 126, 354), oppure somma dei 7 spettri di output ricavati dai segnali trovati da REXEL, è stato quindi confrontato con lo spettro di risposta normalizzato al suolo di riferimento fornito dalla regione.

Dal confronto è emerso che lo spettro calcolato con EERA è praticamente sovrapponibile allo spettro di risposta in accelerazione ricavato utilizzando l'apposita griglia fornita nell'Allegato A4 del DGR 630/2019 ($a_{ref} = 0.159$).

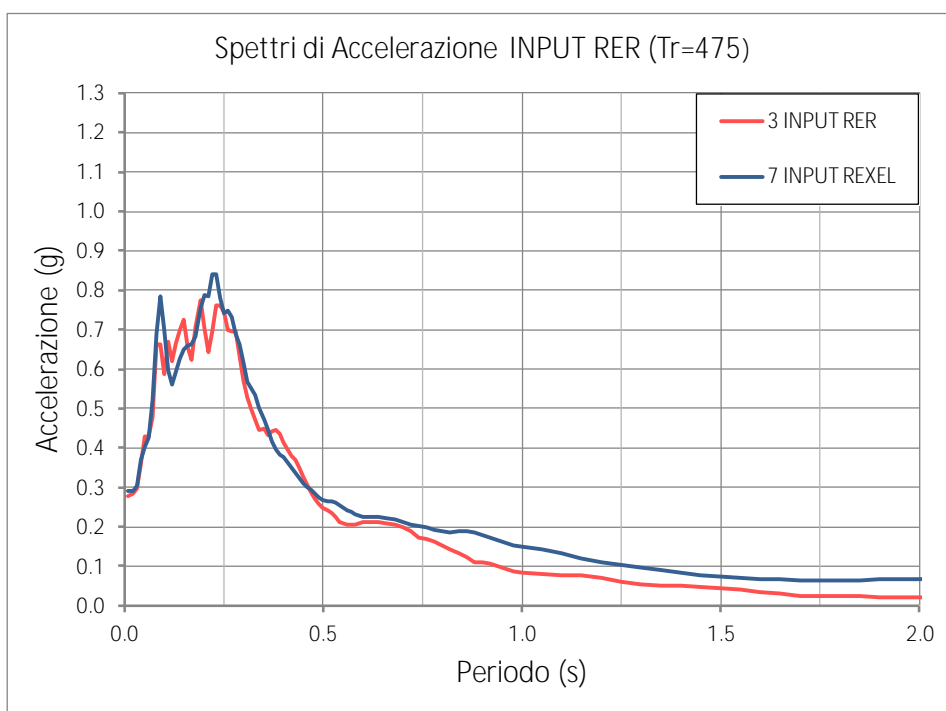


Nel grafico sotto riportato si noti la sovrapposizione fra i tre spettri di accelerazione ricavati dai tre segnali di riferimento forniti dal database della regione e riferiti al modello locale.



In rosso il segnale impulsivo (46), in blu il segnale con alto contenuto in frequenze (126), in verde, infine, il segnale con componente predominante alle alte frequenze (354).

Nel grafico sotto riportato si distingue in rosso l'accelerazione spettrale ottenuta con EERA+3 INPUT RER ed in blu l'accelerazione spettrale ricavata con EERA+7 INPUT REXEL:





2.5.7 Amplificazioni Sismiche (DGR 630/2019)

E' stata eseguita l'analisi di risposta sismica locale (RSL) per l'area studiata (analisi di III livello) così come indicato nella DAL RER 112/2007, nel DGR 2193/2015, ed infine nel DGR 630/2019.

Nell'analisi di II livello è sufficiente la conoscenza delle Vs 30 o Vsh e della profondità del bedrock sismico, per calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento (vedi tabelle A2 e formule degli allegati delle direttive regionali).

Nelle prime 2 direttive (2193/ 2007 e 630/2015) questi fattori di amplificazione erano espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAo), sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/ SIo), per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti da una griglia e ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica), mentre PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie.

Nell'ultima direttiva regionale (DGR 630/2019) si sono introdotti altri coefficienti di amplificazione non solo tenendo conto del rapporto delle accelerazioni massime fra suolo di riferimento e risposta sismica locale (PGA/PGAo) e di Intensità di Housner (SI/SIo), come già visto fin dalla DAL RER 112/2007, ma si sono introdotti anche i rapporti fra integrazioni di accelerazioni (SA1, SA2, SA3, SA4) per prefissati periodi di tempo e si è introdotto lo scuotimento atteso al sito (H_{SM}): in più nel III livello di approfondimento si sono introdotti anche gli scuotimenti in accelerazione (cm/sec²) per diversi periodi di tempo (H1₀₄₀₈, H2₀₇₁₁, H3₀₅₁₅).

Sono stati sviluppati 2 modelli separati utilizzando la medesima stratigrafia sismica: nel 1° introducendo i 3 input sismici regionali (46, 126, 354), nel 2° modello i 7 input ricavati da REXEL.

I dati in output derivanti dai singoli input sismici (dati in accelerazione, spostamento, velocità, frequenze di amplificazione, ecc) sono stati quindi rielaborati e mediati per ottenere un unico output.

I risultati così ottenuti dai 2 modelli sia in termini di spettri di accelerazioni, velocità, spostamenti, ma anche di integrali delle



velocità e delle accelerazioni, sono risultati confrontabili fra loro.

Nelle pagine seguenti si è quindi scelto di riportare i risultati ottenuti con il modello ottenuto da EERA + 7 INPUT REXEL.

Nelle pagine seguenti vengono riportati i risultati ottenuti dalla RSL utilizzando il software EERA:

1) Andamento della massima deformazione di taglio, della massima accelerazione e del modulo di taglio normalizzato in funzione della profondità. In particolare, il “profilo di variazione della massima deformazione di taglio” è un’utile indicazione da riportare in output: tale elaborato rende evidente il non superamento della soglia volumetrica (γ_P), che in assenza di valutazioni più accurate, può essere posta pari a 0,1%);

2) La funzione di amplificazione spettrale FAS (o funzione di trasferimento) come rapporto tra l’ampiezza dello spettro al suolo e quello in corrispondenza del bedrock per un valore di smorzamento critico pari al 5%. La FAS è indice di come le puntuali condizioni sismo-stratigrafiche del sito hanno agito sulla modifica dell’input sismologico. Tale funzione fornisce quindi non solo informazioni sulla massima amplificazione attendibile e sulla frequenza corrispondente, ma anche sui valori di amplificazione o di attenuazione relativi ai campi di frequenza di interesse;

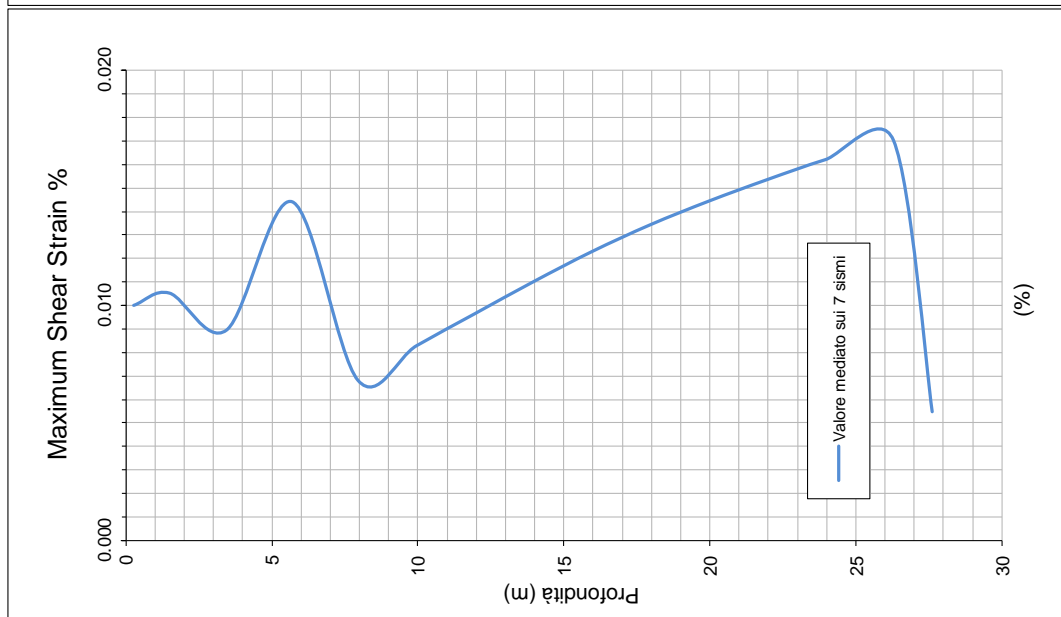
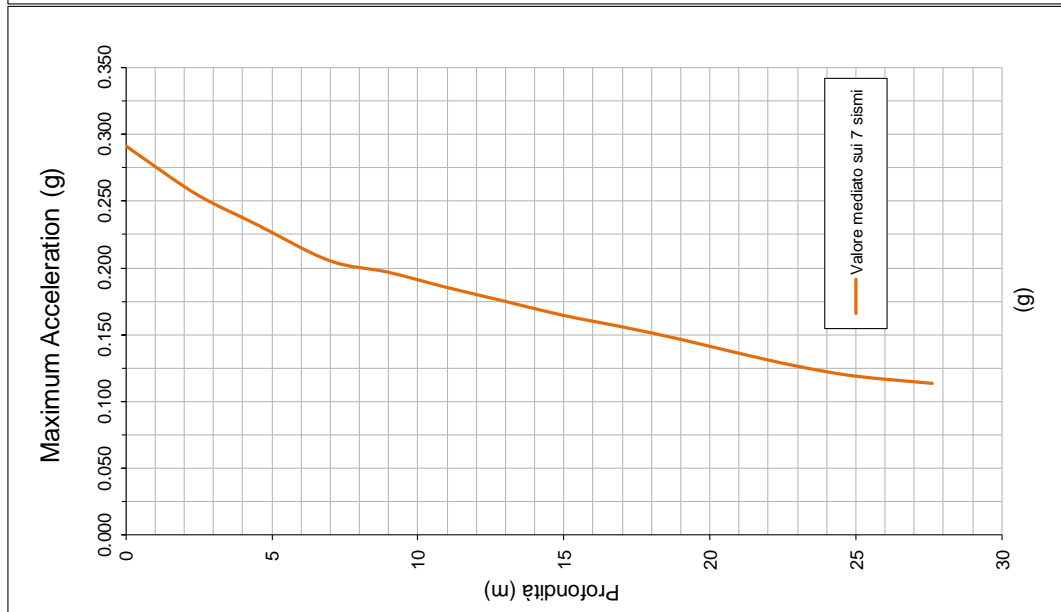
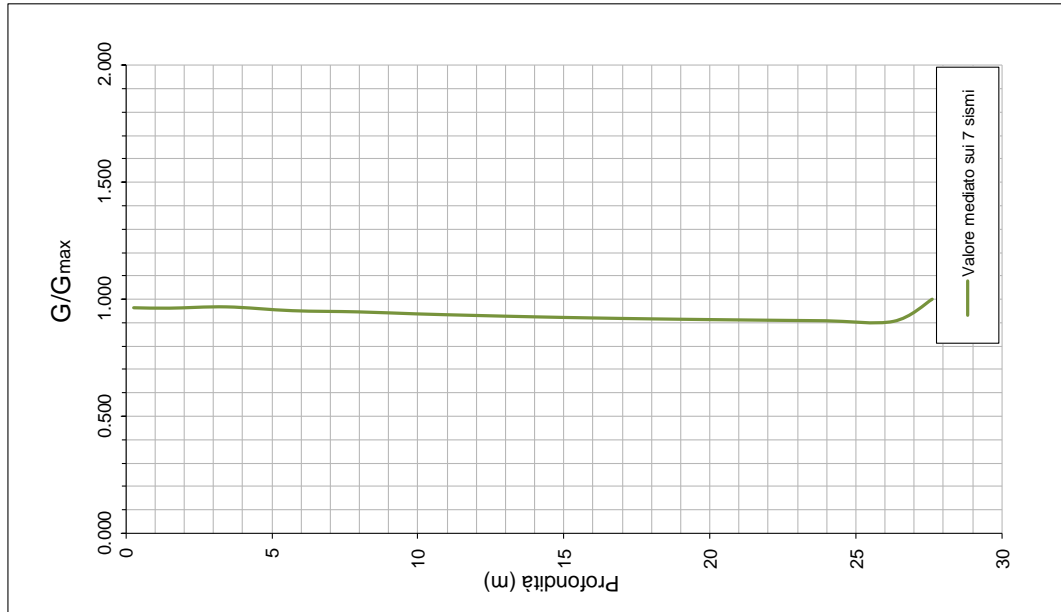
3) Le forme spettrali in accelerazione (al suolo e al bedrock) ottenute dalla media dei 7 output separati ottenuti dalla singola elaborazione di ogni input sismico scaricato con REXEL;

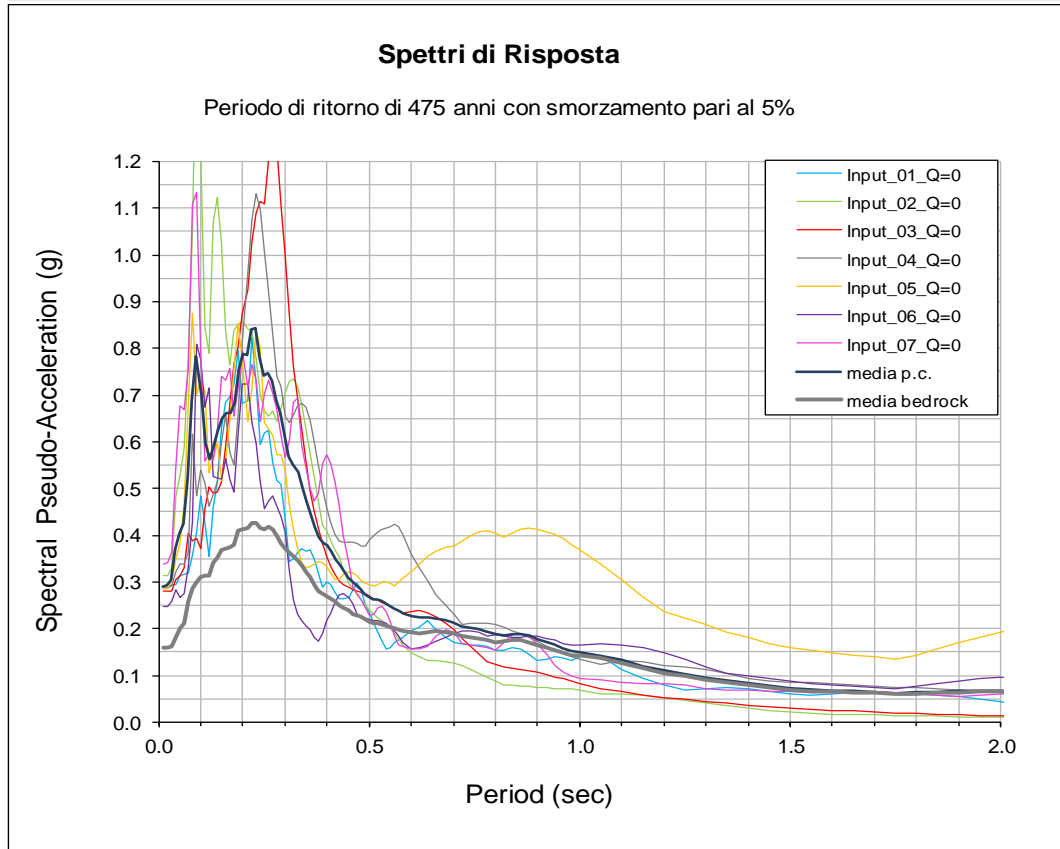
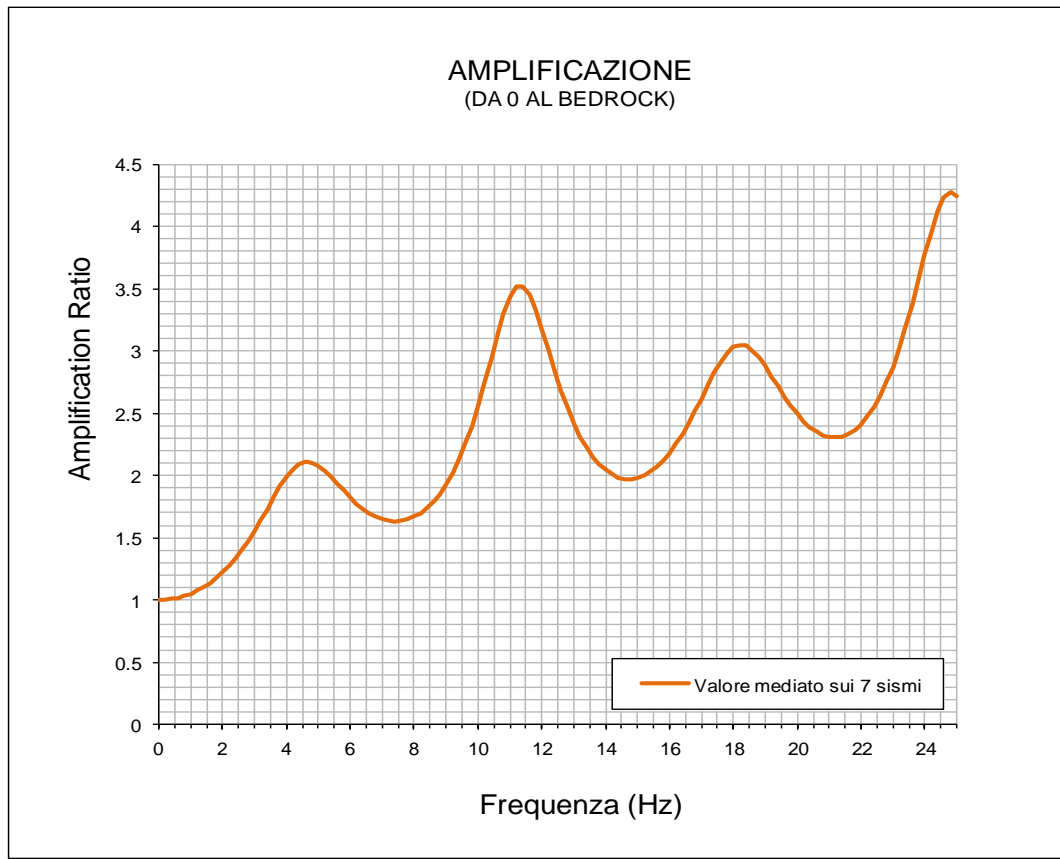
4) Il grafico dello spettro di pseudo velocità relativa ricavato sempre dalla media delle singole velocità ottenute dalle 7 elaborazioni separate eseguite in EERA;

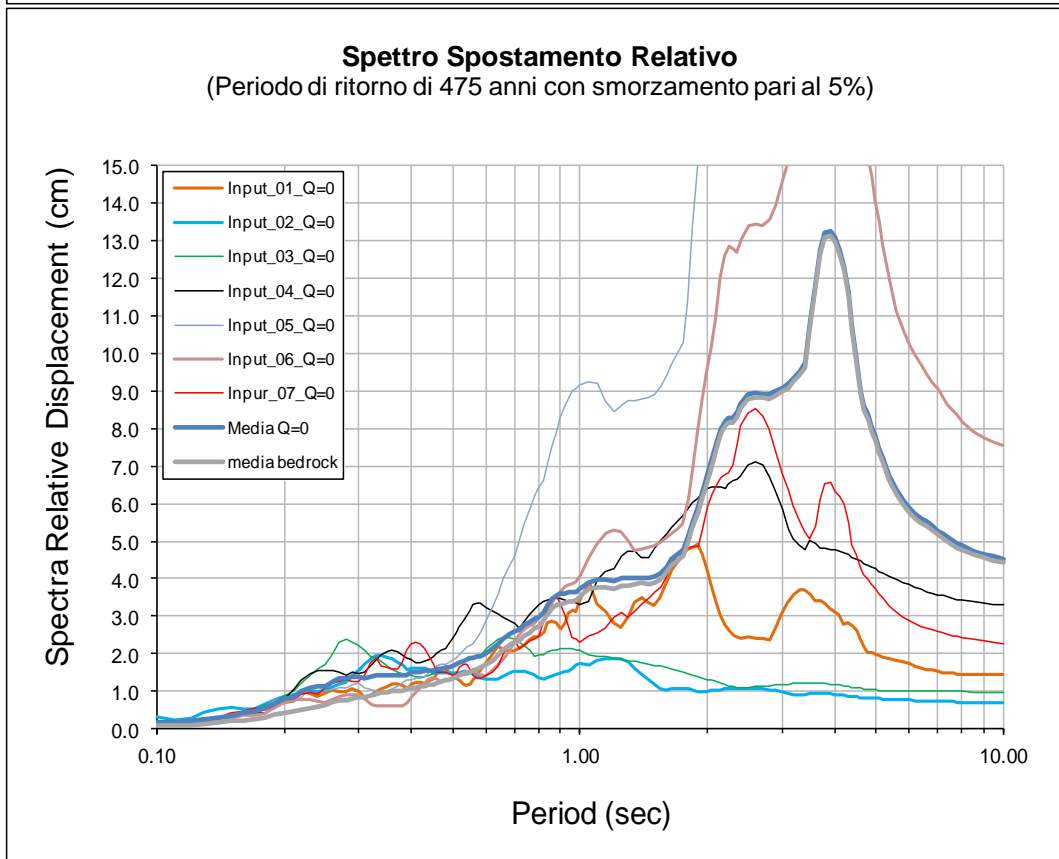
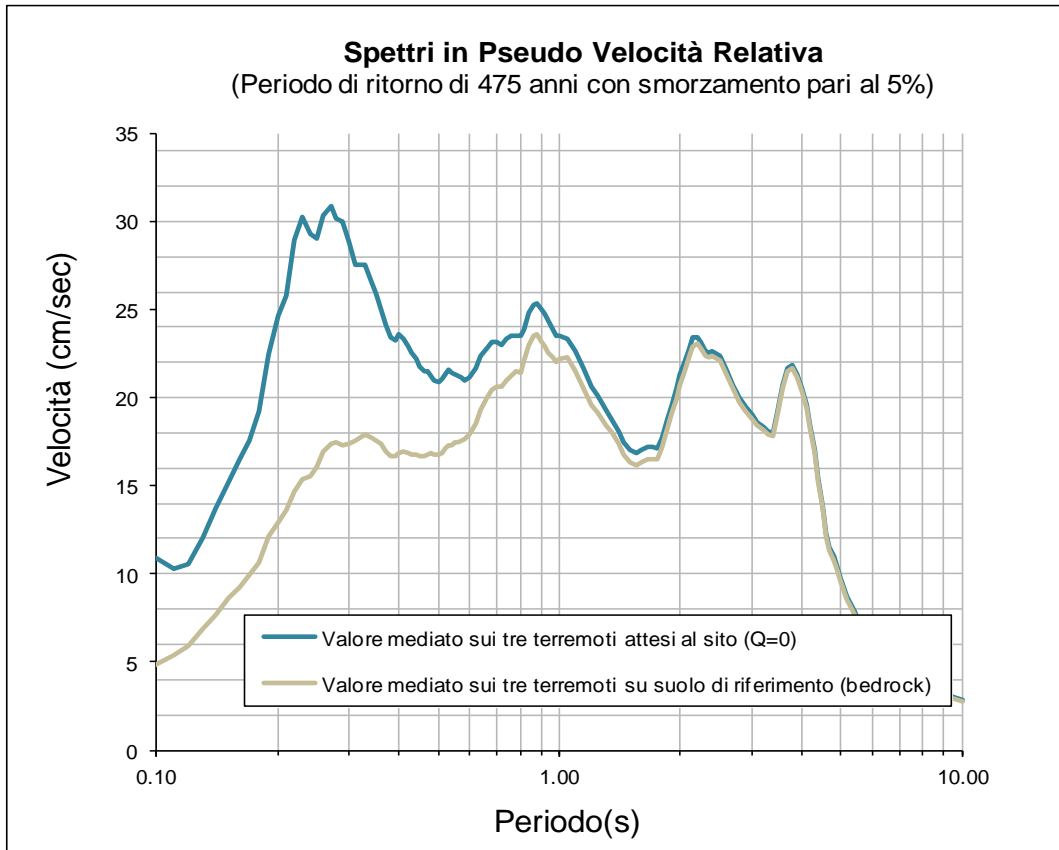
5) Il grafico dello spettro di spostamento relativo, mediato sempre dai 7 spettri in output;

6) i coefficienti di amplificazione sismica espressi sia come rapporti degli integrali delle accelerazioni (SA/SAo), ma anche come rapporti degli integrali delle velocità relative (rapporto di Intensità di Housner, SI/SIo), per prefissati intervalli di tempo.

Nelle pagine seguenti si riportano i grafici sopra descritti e sviluppati con il foglio di calcolo EERA:









Dagli spettri in accelerazione (grafico in basso a pag.44) si ottiene il fattore di amplificazione PGA/PGAo e per integrazione dello spettro in accelerazione, per prefissati periodo di tempo, le nuove amplificazioni richieste dalla delibera DGR 630/2019:

ACCELERAZIONE MAX. ORIZZ. AL TEMPO T=0

PGA = 0.291	PGAo = 0.159
-------------	--------------

AMPLIFICAZIONI IN ACCELERAZIONE

FAPGA = PGA/PGAo = 1.83

INTEGRALI DEGLI SPETTRI IN ACCELERAZIONE

SA1 = 222 cm/s	SAo1 = 133 cm/s
SA2 = 100 cm/s	SAo2 = 82 cm/s
SA3 = 71 cm/s	SAo3 = 66 cm/s
SA4 = 154 cm/s	SAo4 = 140 cm/s

AMPLIFICAZIONI (FA)

FA1 = SA1/Sao(0.1_0.5) = 1.67
FA2 = SA2/Sao(0.4_0.8) = 1.21
FA3 = SA3/Sao(0.7_1.1) = 1.08
FA4 = SA4/Sao(0.5_1.5) = 1.10

Dagli spettri in Pseudo Velocità Relativa (grafico in alto a pagina 45) integrando rispetto al tempo, si ottengono le amplificazioni di Housner così come richiesto dalle delibere regionali.

Si noti come a partire dalla delibera regionale DGR 2193/2015 viene aggiunta una nuova amplificazione, cioè il rapporto SI3/SIo3 con integrazione della velocità compresa 0.5 e 1.5 secondi:

INTEGRALI DEGLI SPETTRI IN VELOCITA'

SI1 = 9.35 cm	SIo1 = 5.91 cm
SI2 = 11.79 cm	SIo2 = 10.5 cm
SI3 = 21.9 cm	SIo3 = 20.14 cm

AMPLIFICAZIONI DI HOUSNER (FH)

SI1/SIo (0.1_0.5) = 1.58
SI1/SIo (0.5_1.0) = 1.12
SI1/SIo (0.5_1.5) = 1.09

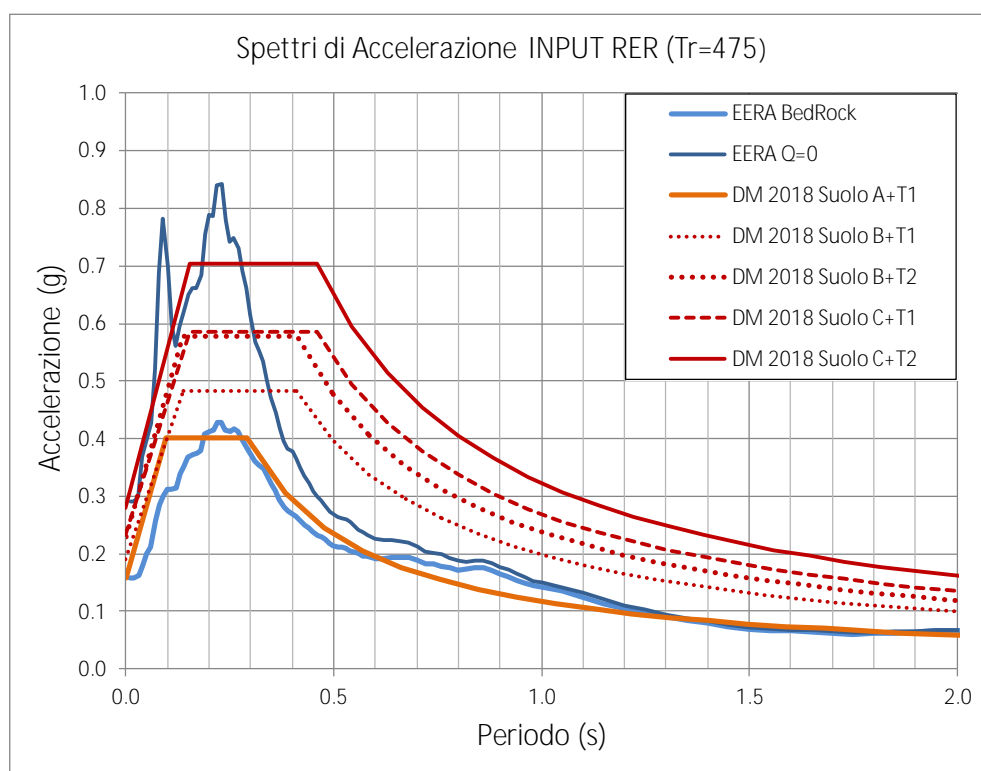
Infine dalla delibera DGR 630/2019 e successive int., vengono introdotti i nuovi parametri H_{SM}, H₀₄₀₈, H₀₇₁₁, H₀₅₁₅, ovvero lo scuotimento in accelerazione (cm/s²) atteso al sito per i seguenti intervalli di periodi: 0.4s ≤ T ≤ 0.8s, 0.7s ≤ T ≤ 1.1s e 0.5s ≤ T ≤ 1.5s.

SCUOTIMENTI ATTESI AL SITO

ASl _{UHS} /0.4s = 333 cm/s ²
HSM(0.1_0.5) = 557 cm/s ²
H1(0.4_0.8) = 250 cm/s ²
H2(0.7_1.1) = 179 cm/s ²
H3(0.5_1.5) = 386 cm/s ²



Infine, nel grafico sotto riportato, si riporta in blu l'accelerazione spettrale del modello sismico del terreno ricavato con EERA al Bed-Rock sismico ed alla quota di progetto ($Q=0$), ed in rosso gli spettri di accelerazione ricavati con il metodo semplificato tramite le formule riportate nelle norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018): gli spettri normalizzati sono riferiti al suolo di riferimento A+T1 ed ai suoli B+T1, B+T2, C+T1 e C+T2.



Nel prossimo paragrafo si regolarizzerà lo spettro in accelerazione ottenuto con EERA in modo da ricavare uno spettro equivalente regolarizzato secondo una procedura riconosciuta dalla letteratura del settore (ICMS 2008—O.C. n.55/2018—DGR n.377/10).

Sarà così possibile introdurre nei software geotecnici (calcolo di stabilità) e strutturali, al posto degli spettri del metodo semplificato, gli spettri in accelerazione ricavati con EERA.

In questo modo risulterà molto agevole, con i classici parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) ricostruire, all'interno dei software commerciali, gli spettri normalizzati derivanti dalla RSL.



2.5.8 Regolarizzazione degli Spettri in Accelerazione della RSL

Nelle pagine seguenti verranno regolarizzati gli spettri in accelerazione ottenuti con EERA in modo da ricavare gli spettri equivalenti normalizzati secondo una procedura riconosciuta dalla letteratura del settore (ICMS 2008—O.C. n.55/2018).

Sarà così più semplice confrontare i risultati ottenuti con il metodo semplificato del DM 17/01/2018 ed eventualmente introdurre nei software geotecnici e strutturali gli spettri in accelerazione ricavati con la Risposta Sismica Locale.

In questo modo risulterà molto agevole, con i classici parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) ricostruire, all'interno dei software commerciali, gli spettri normalizzati della RSL.

Le NTC non prescrivono la modalità di regolarizzazione degli spettri: tale aspetto è demandato alle scelte progettuali. Ad oggi le metodologie di regolarizzazione degli spettri sono di due tipi:

- regolarizzazione totale, in cui lo spettro è totalmente sotteso dalla forma regolarizzata per ogni valore di periodo anche in corrispondenza del picco nel tratto a velocità costante (plateau). Si tratta di una metodologia molto cautelativa e poco rappresentativa soprattutto se lo spettro RSL è caratterizzato da picchi stretti (spike);
- regolarizzazione ICMS 2008 (DGR n. 377/10), in cui sono applicate le relazioni per il calcolo degli FA e FV sviluppate da Pergalani e Compagnoni (2013). Analoga procedura è indicata anche nell'Ordinanza Commissariale n.55/2018 per regolarizzare gli spettri ottenuti dalle simulazioni numeriche degli studi di MS_3 per i comuni colpiti dagli eventi sismici del 2016. Nella procedura ICMS 2008 l'altezza e l'estensione del plateau, sono determinati sulla base di valori medi in pseudo-accelerazione (ed in pseudo-velocità), nell'intorno significativo del valore di picco e può essere definita una regolarizzazione "media".

Nella presente relazione si è utilizzato il secondo metodo sia perché ha una normativa alle spalle ma anche per facilità di lettura.

Si illustra di seguito il metodo di regolarizzazione dello spettro da RSL previsto nella procedura ICMS 2008, riportando integralmente uno stralcio di tali ICMS 2008, ripreso anche nell'allegato 1 della O.C. n. 55/2018.



ICMS 2008 - O.C. n. 55/2018 -DGR n. 377/10

Regolarizzazione di uno spettro ottenuto con gli studi di MS3

La procedura di regolarizzazione (Newmark e Hall, 1982², Romeo, 2007³, Liberatore e Pagliaroli, 2014⁴), permette di trasformare lo spettro di risposta, risultato delle simulazioni numeriche nell'ambito degli studi di MS3, in uno spettro con forma standard (secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni), costituita da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, un ramo in cui l'accelerazione decresce con 1/T e, quindi, a velocità costante. Alla fine della procedura saranno disponibili anche tutti i parametri per l'inserimento dello spettro elastico in codici di calcolo per la progettazione e la verifica delle costruzioni ($a_g, a_{max}, T_B, T_C, T_D, T_C^*, F_0, \xi, \eta, S_S, S_T$).

Indicando con SA lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione e SV lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità, ottenuti dalle simulazioni numeriche, i passi della procedura di regolarizzazione sono i seguenti:

a) Si calcola lo spettro di pseudoaccelerazione (SA) e si determina il periodo proprio (TA) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoaccelerazione

b) Si calcola il valore medio dello spettro (SA_m) nell'intorno di TA tra 0.5TA e 1.5TA, questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5TA}^{1.5TA} SA(T) dT$$

c) Si determina lo spettro di pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare $\omega = 2\pi/T$:

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

e quindi si individua il periodo (TV) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità;

d) Si calcola il valore medio dello spettro (SV_m) nell'intorno di TV nell'intorno tra 0.8TV e 1.2TV:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8TV}^{1.2TV} SV(T) dT$$

e) Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_c = 2\pi \frac{SV_m}{SA_m}$$

f) Si determina $T_B = 1/3 * T_c$ e $T_D = 4.0 * a_{max}/g + 1.6$ (secondo quanto indicato dalla normativa), con a_{max} punto di ancoraggio a $T=0$ dello spettro di output. Poiché il valore di a_{max} non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left(\frac{S_e(T = 0.01s)}{SA_m} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left(\frac{SA_m}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

con $S_e(T=0.01s)$ ordinata dello spettro di accelerazione per $T=0.01s$, primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

g) Si applicano le equazioni riportate in NTC (2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra $T_A=0, T_B, T_C, T_D$, fino a un T di interesse.

h) Si termina il parametro F_0 come rapporto SA_m / a_{max} .

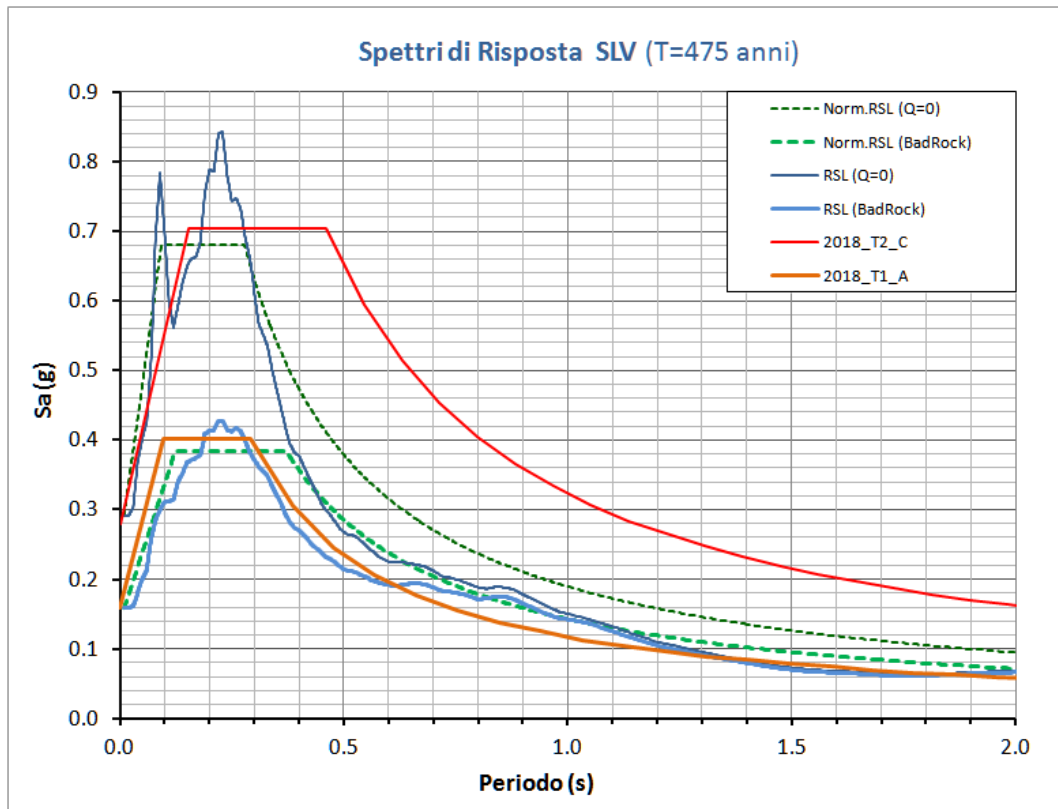
² Newmark N.M. e Hall W.J., 1982. Earthquake spectra and design. EERI Research Report, 82- 71183, 103 pp.

³ Romeo Roberto W., 2007. Le azioni sismiche e le categorie di sottosuolo. Giornale di Geologia Applicata 6, 65-80. doi: 10.1474/GGA.2007-06.0-07.0188

⁴ Liberatore D. e Pagliaroli A., 2014. Verifica della sicurezza sismica dei Musei Statali. Applicazione O.P.C.M. 3274/2003 s.m.i. e della Direttiva P.C.M. 12.10.2007. Convenzione Arcus – DG PaBAAC Rep. n. 113/2011 del 30/09/2011.

Convenzione DG PaBAAC – Consorzio ReLUIS Rep. n. 21/2011 del 26/10/2011. Responsabile scientifico: Domenico Liberatore. Referente tecnico: Luigi Sorrentino Liberatore. Referente tecnico: Luigi Sorrentino

Si riporta nel grafico seguente il raffronto fra 3 tipologie di spettri: gli spettri ottenuti con EERA (blu); gli spettri della normativa semplificata per un suolo di tipo A+T1 ed un suolo C+T2 (rosso); ed infine lo spettro regolarizzato ottenuto dallo spettro in accelerazione ricavato con EERA (verde tratteggiato).



In conclusione, per l'input dello spettro regolarizzato secondo ICMS 2008 (DGR n. 377/10), si devono introdurre nei software geotecnici e strutturali i seguenti parametri sismici (SLV):

PARAMETRI SIMICI - SPETTRO REGOLARIZZATO - SLV					
ag	=	0.244 g	Tb	=	0.093
Fo	=	2.783	Tc	=	0.279
Tc*	=	0.279	Td	=	2.577
S	=	1	Fv	=	1.857

Al solo fine di fornire dati congruenti, per l'analisi e la verifica delle costruzioni si potranno utilizzare i seguenti valori dei parametri richiesti: $a_g = a_{max}$; $\xi = 5\%$; $\eta = 1$; $S_s = 1$; $S_t = 1$. Va sottolineato che i valori di a_g , S_s e S_t sono evidentemente fittizi, in quanto non riferiti alla condizione ideale di suolo rigido e pianeggiante, come è per definizione nelle norme tecniche per le costruzioni, essendo gli effetti di amplificazione stratigrafica e morfologica già messi in conto nei risultati delle analisi della RSL.



3. RELAZIONE GEOTECNICA

3.1 DATI DI PROGETTO

3.1.1 Premessa

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici di un terreno in località *Verzanella (Via Mameli a Pavullo nel Frignano)*, per l’inserimento dell’area in oggetto nel PUA comunale (parte ambito ANS 1.13).

Per la ricostruzione stratigrafica e per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione sono state eseguite 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH; quindi i parametri nominali sono stati elaborati per ricavare i valori caratteristici.

Per le verifiche di capacità portante allo stato limite delle fondazioni dei futuri edifici e per il calcolo dei cedimenti si rimanda alle relazioni Geologiche e Geotecniche che verranno sviluppate per ogni singolo fabbricato, mentre qui ci limiteremo a fornire i parametri caratteristici del terreno, verificare la stabilità del sito ed a fornire la resistenza assiale del palo singolo.

3.1.2 Parametri Caratteristici per Calcoli Stabilità e per Pali

I dati riportati nelle tabelle seguenti, sono stati elaborati sia per grandi superfici (capacità portante fondazioni superficiali e calcoli di stabilità) e per piccole superfici (calcolo di piccoli plinti e calcoli della portanza del palo singolo).

In ogni caso, l’elaborazione di tutte le prove è disponibili nell’Allegato A. I dati sono stati rielaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici (X_k).

Il valori di progetto (X_d) vengono ricavati da quelli caratteristici secondo il DM 17/01/2018 (vedi tabella 6.2.II).

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_f	1,0	1,0



- Parametri Caratteristici per i Calcoli di Stabilità

Dai parametri nominali si ricavano i parametri caratteristici che vengono mostrati nella tabella sotto riportata nella quale viene elaborata la prova penetrometrica dinamica DPSH-4, quella che ha mostrato i valori più modesti per gli strati più superficiali.

Vediamo i dati ottenuti dall'elaborazione per grandi superfici:

UNITA' STRATIGRAFICHE		STRATI ORIGINARI											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A1	Terreni Limosi poco consistenti	UNITA' STRATIGRAFICHE											
A2	Terreni Limosi consistenti	A1-A2			A2-B				C				
B	Roccia alterata ma compatta	-											
C	Roccia estremamente compatta	-											
Profondità letto dello Strato	[m]	1.2	1.4	1.8	2.0	3.0	3.2	4.0	4.2	5.4	6.8	7.2	
Spessore dello Strato	[m]	1.2	0.2	0.4	0.2	1.0	0.2	0.8	0.2	1.2	1.4	0.4	
Nspt (Standard Penetration Test)	-	12	4	9	4	8	5	9	20	13	16	38	
Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	19	18	18	18	18	18	19	19	19	19	20	
Densità Relativa	D_r [%]	82	45	62	43	55	43	54	77	60	61	91	
Coazione non drenata (con $\phi'=0$)	C_{uk} [kN/m ²]	60	25	55	25	55	35	60	125	85	110	235	
Angolo di attrito interno (solo con $C'=0$)	ϕ'_k [°]	26	21	25	21	25	22	25	30	28	30	36	
Coazione efficace	C'_k [kN/m ²]	10.0	5.0	9.0	5.0	9.0	6.0	10.0	20.0	15.0	17.5	40.0	
Angolo di attrito interno (con $C' > 0$)	ϕ'_k [°]	22.0	18.0	21.0	18.0	21.0	18.5	21.5	25.5	24.0	25.5	31.5	
Grado di Consolidamento	OCR	1.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.6	>4	>4	>4	>4	
Modulo Edometrico	E_d [kN/m ²]	7400	2600	5200	2600	4800	3200	5400	11800	7700	9400	22700	
Modulo Elastico (Young)	E_s [kN/m ²]	9400	3900	7200	3900	6800	4800	7700	50200	40700	48700	78000	
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	12000 19200	7600 10100	14400 18000	8000 13900	14000 24700	10300 23600	16200 36600	33100 80500	23200 63000	28400 93400	62700 358600	

Dalla tabella sopra riportata, tenendo conto anche della coazione efficace ed abbassando prudenzialmente l'angolo di attrito interno del materiale, si possono individuare, per i calcoli di stabilità (che saranno sviluppati al §.3.2.1), le seguenti unità stratigrafiche:

STRATO 1 - UNITA' A1-A2 da 0 a -4 m (Argille poco consistenti $4 < N_{spt} < 9$)

$$\begin{aligned} \gamma &= 18/19 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &= 18^\circ \\ C'_k &\sim 5 \text{ KPa} \\ C_{uk} &= 25 \text{ KPa} \end{aligned}$$

STRATO 2 - UNITA' A2-B da -4 a -7 m (Argilliti consistenti $13 < N_{spt} < 20$)

$$\begin{aligned} \gamma &\sim 19 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &= 24^\circ \\ C'_k &\sim 15 \text{ KPa} \\ C_{uk} &= 85 \text{ KPa} \end{aligned}$$



STRATO 3 - UNITA' C (profondità oltre i -7 m (argilliti estremam. consistenti))

$$\begin{aligned} \gamma &\sim 20/21 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &= 31/32^\circ \\ C'_k &\sim 40 \text{ KPa} \\ Cu_k &= 235 \text{ KPa} \end{aligned}$$

- Parametri Caratteristici per il calcolo dei pali

Per i calcoli di capacità portante del palo singolo si fornisce la seguente tabella con i parametri caratteristici elaborati per piccole superfici e cioè per il calcolo della portanza del palo singolo.

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI ORIGINARI										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		UNITA' STRATIGRAFICHE										
		-	A1-A2				A2-B				C	
Profondità letto dello Strato	[m]	1.2	1.4	1.8	2	3	3.2	4	4.2	5.4	6.8	7.2
Spessore dello Strato	[m]	1.2	0.2	0.4	0.2	1	0.2	0.8	0.2	1.2	1.4	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	12	4	9	4	8	5	9	20	13	16	38
Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	19	18	18	18	18	18	19	19	19	19	20
Densità Relativa	D_r [%]	82	45	62	43	55	43	54	77	60	61	91
Coesione non drenata (con $\phi'=0$)	C_{uk} [kN/m ²]	45	25	55	25	50	35	55	125	75	100	235
Angolo di attrito interno (con $C'=0$)	ϕ'_k [°]	24	22	25	22	24	22	25	30	27	29	36
Grado di Consolidamento	OCR	1.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.6	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	E_d [kN/m ²]	7400	2600	5200	2600	4800	3200	5400	11800	7700	9400	22700
Modulo Elastico (Young)	E_s [kN/m ²]	9400	3900	7200	3900	6800	4800	7700	50200	40700	48700	78000
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	12000 19200	7600 10100	14400 18000	8000 13900	14000 24700	10300 23600	16200 36600	33100 80500	23200 63000	28400 93400	62700 358600

Vista la litologia presente, per il calcolo del palo si consiglia di utilizzare solamente la coesione non drenata (Cu).

3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

3.2.1 Calcoli di Stabilità

Le verifiche di stabilità sono state condotte secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM del 17/01/2018).

La verifica, che confronta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione E_d con quello di progetto della resistenza del sistema geotecnico R_d , è stata condotta secondo l'approccio 1.



Il metodo utilizzato nel calcolo di stabilità è quello di Janbu con superficie di rottura circolare.

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione.

Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

I calcoli sono stati eseguiti nella situazione attuale ed in quella di progetto, in condizioni statiche e dinamiche.

I calcoli sono stati eseguiti sempre con la presenza della falda all'interno della coltre alterata più superficiale ad una profondità media di circa -1.0 m dal p.c. nello stato attuale ed a circa -3.5/4.0 m nello stato di progetto con i dreni.

In sintesi per i calcoli si è proceduto con il seguente metodo:

a) introduzione della geometria del versante lungo una sezione di massima pendenza (Sezione Geotecnico-Stratigrafica A-B di tav.13 a pag.18): i calcoli sono stati eseguiti sia nello stato attuale che in quello di progetto (simulando l'abbassamento della falda per la presenza dei dreni), in condizioni statiche e dinamiche;

b) input dei parametri geomeccanici. Si sottolinea che nel programma di calcolo STAP della AZTEC si introducono i valori caratteristici del materiale.

c) metodo di calcolo: Janbu con superficie circolare.

d) Normativa DM 17/01/2018 (Approccio 1, combinazione 2)

e) introduzione dei seguenti coefficiente sismici ricavati attraverso la Risposta Sismica Locale (vedi paragrafo 2.5.8 e tabella dei parametri sismici a pagina 56):

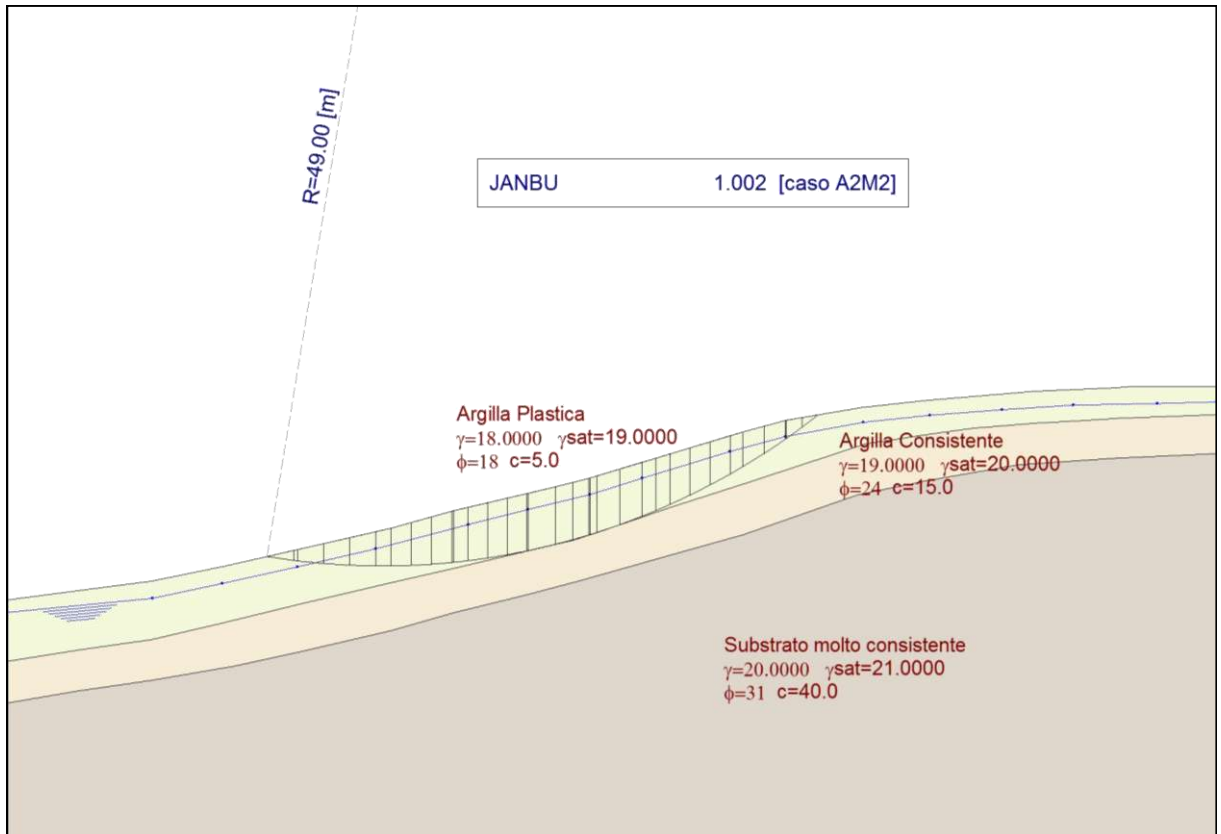
Accelerazione al suolo a_g	0.244 g
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.783
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.279
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.00
Coefficiente riduzione terreno naturale (β_s)	0.30
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_{s2})	0.38
Coefficiente di intensità sismica orizzontale K_h [PC]	7.31%
Coefficiente di intensità sismica orizzontale K_h [A2-M2]	9.26%
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50



CALCOLO DI STABILITA' 1 — SEZIONE A-B

DM2018 - STATO ATUALE - CONDIZIONE STATICA - CON LA FALDA h=-1m

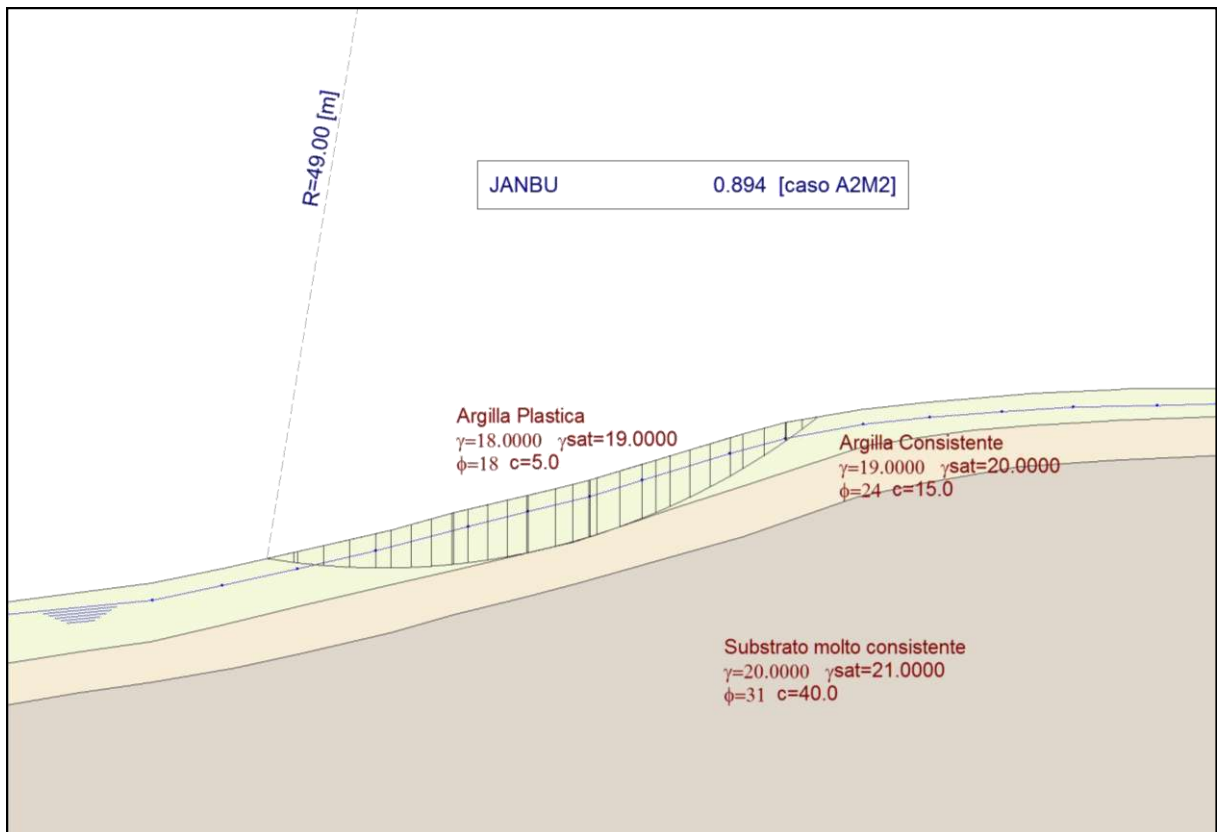
F=1.002



CALCOLO DI STABILITA' 2 — SEZIONE A-B

DM 2018 - STATO ATTUALE - CONDIZIONE DINAMICA - CON LA FALDA h=-1m

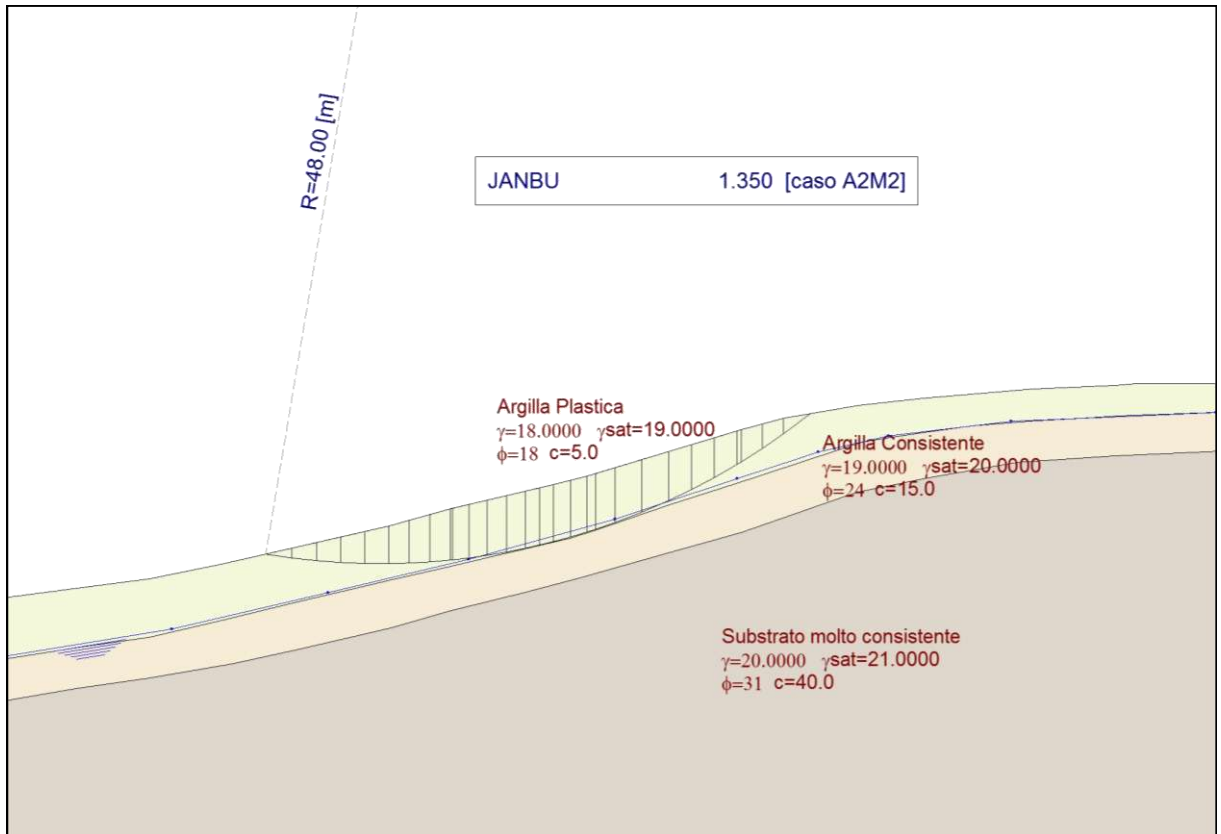
F=0.894





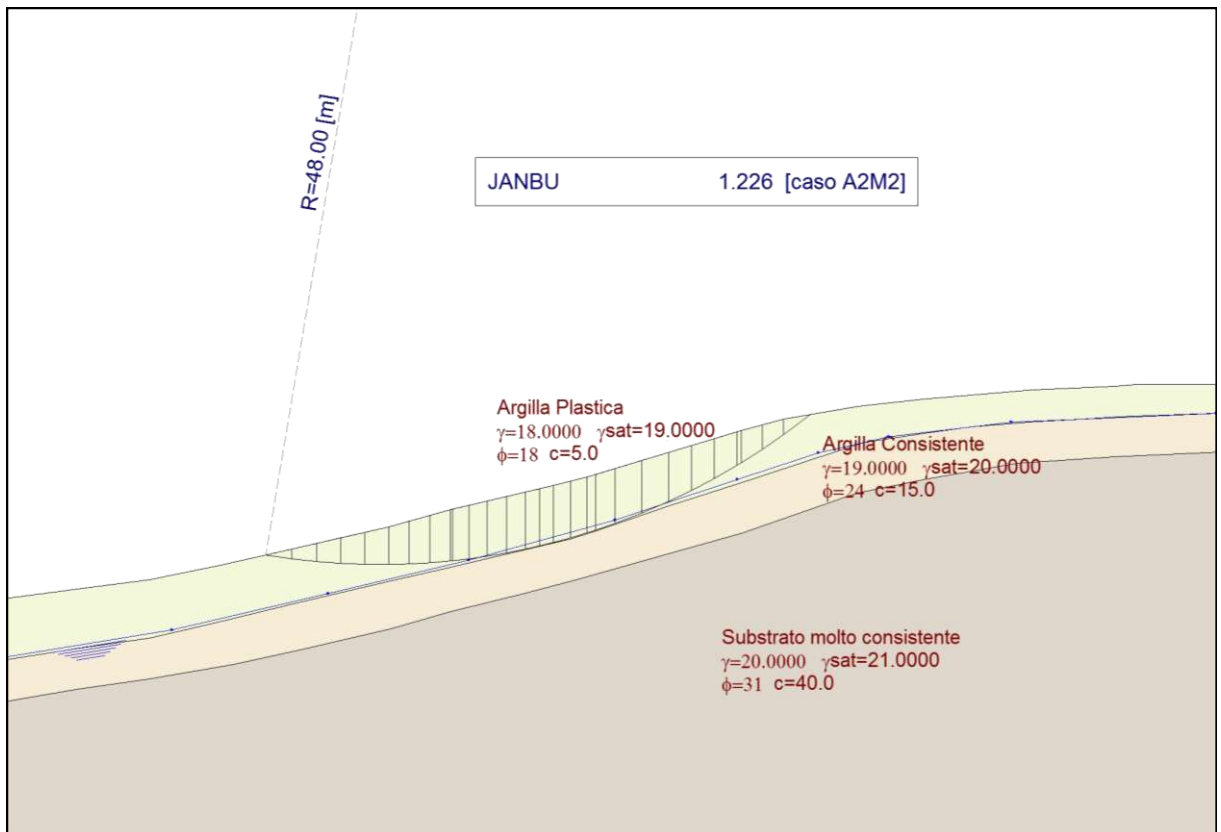
CALCOLO DI STABILITA' 3 — SEZIONE A-B

DM 2018 - STATO DI PROGETTO - CONDIZIONE STATICA - CON DRENI (H₂O -4m) **F=1.350**



CALCOLO DI STABILITA' 4 — SEZIONE A-B

DM 2018 - STATO DI PROGETTO - CONDIZIONE DINAMICA - CON DRENI (H₂O -4m) **F=1.226**





Si sono eseguite verifiche sia per lo stato attuale che per quello di progetto (con dreni), in condizioni statiche e dinamiche:

N	SEZ	NORMA	STATO	CONDIZ.	INTERVENTO	FALDA	CASO ⁽¹⁾	F	MIN
1	A-B	DM2018	ATTUALE	STATICA	-	-1/1.5m	[A2M2]	1.002	1.1
2	A-B	DM2018	ATTUALE	DINAMICA	-	-1/1.5m	[A2M2]	0.894	1.2
3	A-B	DM2018	PROGETTO	STATICA	DRENAGGI	-3.5/4m	[A2M2]	1.350	1.1
4	A-B	DM2018	PROGETTO	DINAMICA	DRENAGGI	-3.5/4m	[A2M2]	1.226	1.2

NOTA⁽¹⁾: [PM] = Parametri medi; [PC] = Parametri Caratteristici; [A2M2] = Parametri ridotti secondo NTC 2018

In conclusione i calcoli hanno mostrato una sufficiente stabilità dell'area sia in condizioni statiche che dinamiche ma solo nello stato di progetto e con abbattimento della falda fra i -3.5 e i -4.0 m dal p.c. attuale. Per i dettagli sul modello stratigrafico e sulle caratteristiche meccaniche degli strati si veda la tavola 13 a pagina 18; per i tabulati dei calcoli di stabilità si veda l'allegato D ("Tabulati Calcoli di Stabilità").

Considerazioni sui Calcoli di Stabilità

I calcoli in condizioni dinamiche sono stati eseguiti con i parametri sismici ricavati dalla Risposta Sismica Locale (pag.56).

Si ricorda infine che la normativa vigente è più severa per le scarpate ed i rilevati antropici [parametri geotecnici ridotti, A2M2] rispetto ai versanti naturali [parametri caratteristici, PC]. A fianco si riportano i coefficienti di sicurezza delle diverse normative.

NORMATIVA

D.M. 1988 + D.M. 1996
 N.T.C. 2018 (D.M. 17/01/2018)

N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008)

Verifica a stabilità globale (D.M. 1988 + D.M. 1996)

Coeff. di sicurezza (comb. statiche)

Coeff. di sicurezza (comb. sismiche) - (D.M. 1988 + D.M. 1996)

Fronte di Scavo (N.T.C. 2008 / N.T.C. 2018)

Coeff. di sicurezza (statiche)

Coeff. di sicurezza (sismiche)

Pendio Naturale (N.T.C. 2008 / N.T.C. 2018)

Coeff. di sicurezza (statiche)

Coeff. di sicurezza (sismiche)



3.2.2 Resistenza Assiale alla Compressione del Palo Singolo

Analogamente alle fondazioni superficiali, per le verifiche agli stati limite ultimi per i pali nel DM 14/01/2008 erano ammesse due distinti ed alternativi approcci progettuali.

Nel primo approccio progettuale dovevano essere considerate due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, la prima generalmente riferibile alle verifiche geotecniche (GEO), la seconda alle verifiche strutturali (STR).

Nel DM 17/01/2018 viene invece indicato solamente il secondo approccio progettuale (A1+M1+A3), quello che prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti parziali.

Nel DM 14/01/2008, nelle le verifiche per il dimensionamento geotecnico (GEO), la resistenza di progetto dei pali si otteneva dividendo il valore caratteristico della resistenza per un coefficiente, γ_R , diverso per ogni combinazione.

Nel DM 17/01/2018 invece, con l'approccio 2, i coefficienti γ_R sono diversificati solamente rispetto alle modalità costruttive dei pali e ai contributi di resistenza lungo il fusto e alla base.

- Resistenza dei pali soggetti a carichi assiali

Il valore della resistenza di progetto R_d si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R come viene indicato nella Tab. 6.4.II del DM 17/01/2018:

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

La resistenza caratteristica R_k del palo singolo viene dedotta da metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire dai valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,cal}$



$(R_{t,cal})$ i fattori di correlazione γ_R riportati nella Tab. 6.4.IV, in funzione del numero n di verticali di indagine:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Per il calcolo della resistenza assiale del palo si utilizza il metodo classico per pali di medio diametro secondo *Berezantzev*, ponendo l'angolo di attrito di progetto uguale a quello caratteristico.

L'analisi viene qui condotta con l'Approccio 2, così come viene indicato nel DM 17/01/2018.

Seguono le tabelle riassuntive del calcolo della resistenza del palo singolo considerando la verticale in corrispondenza della prova penetrometrica dinamica DPSH-4, una di quelle che hanno attraversato un maggior spessore di depositi superficiali a caratteristiche meccaniche più modeste e alcuni metri di roccia alterata.

Per i parametri geotecnici da introdurre nel calcolo si sono utilizzati quelli della tabella riportata a pagina 59 in alto.

Si sottolinea che il calcolo è conservativo poiché delle verticali a disposizione viene utilizzata una delle peggiori, cioè quella che hanno mostrato un maggiore spessore di roccia alterata e fratturata, per questo motivo alcuni pali potrebbero raggiungere un portanza maggiore rispetto a quella qui calcolata.

Non è stata rinvenuta acqua nei fori delle prove penetrometriche statiche o dinamiche, ma a favore della sicurezza dei calcoli, si è considerata la presenza della falda a circa -4.0 m dal p.c.

La resistenza del palo è funzione della lunghezza e del diametro, che nei calcoli è stato assunto pari a: $\phi=400\text{mm}$ e $\phi=500\text{mm}$. (vedi tabelle a pagina 66 e 67).



RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

Brusiani - La Verzanella

(Palo 1 - DPSH-4)

NUOVA NORMATIVA D.M. 17/01/2018 (Testo Unico - Norme Tecniche per le costruzioni) APPROCCIO 2: (A1; M1; R3)	
--	--

TERRENO Testa P - PC 0.0 m Falda - PC 4.0 m	PALO Diametro = 0.40 m K = - $\delta/\phi = 0.8$	COFF. SICUREZZA Portata laterale 1.15 Portata di base 1.35	NUM VERT. 1 ξ Media 1.70 ξ Minimo 1.70
--	---	---	---

N	H (m)	L (m)	L _c (m)	ΔL (m)	γ (Kn/m ³)	σ_{vo} (KPa)	U _o (KPa)	σ'_{vo} (KPa)	C _u (KPa)	ϕ' (°)	α	K _r	N _c	N _{q_d}	A _l (m ²)	A _p (m ²)	R _l (Kn)	R _p (Kn)	R _t (Kn)	R _{l_k} (Kn)	R _{p_k} (Kn)	R _{t_d} (Kn)
1	0.5	0.5	0.25	0.5	19	10	-	10	45		0.64	-	9	1.0	0.63	0.13	18	52	70	11	31	32
2	1.0	1.0	0.75	0.5	19	19	-	19	45		0.64	-	9	1.0	0.63	0.13	36	53	89	21	31	42
3	1.5	1.5	1.25	0.5	18	28	-	28	25		0.90	-	9	1.0	0.63	0.13	50	32	82	30	19	40
4	2.0	2.0	1.75	0.5	18	37	-	37	50		0.60	-	9	1.0	0.63	0.13	69	61	130	41	36	62
5	2.5	2.5	2.25	0.5	18	46	-	46	50		0.60	-	9	1.0	0.63	0.13	88	62	150	52	37	72
6	3.0	3.0	2.75	0.5	18	55	-	55	50		0.60	-	9	1.0	0.63	0.13	107	63	170	63	37	82
7	3.5	3.5	3.25	0.5	19	65	-	65	55		0.56	-	9	1.0	0.63	0.13	126	70	197	74	41	95
8	4.0	4.0	3.75	0.5	19	74	-	74	55		0.56	-	9	1.0	0.63	0.13	146	72	217	86	42	106
9	4.5	4.5	4.25	0.5	19	84	5	79	75		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	164	95	259	97	56	125
10	5.0	5.0	4.75	0.5	19	93	10	83	75		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	183	95	279	108	56	135
11	5.5	5.5	5.25	0.5	19	103	15	88	75		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	202	96	298	119	56	145
12	6.0	6.0	5.75	0.5	19	112	20	92	100		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	227	125	352	134	73	171
13	6.5	6.5	6.25	0.5	19	122	25	97	100		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	252	125	378	148	74	184
14	7.0	7.0	6.75	0.5	19	131	29	102	100		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	278	126	403	163	74	197
15	7.5	7.5	7.25	0.5	20	141	34	107	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	337	279	616	198	164	294
16	8.0	8.0	7.75	0.5	20	151	39	112	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	396	280	675	233	165	324
17	8.5	8.5	8.25	0.5	20	161	44	117	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	455	280	735	267	165	355
18	9.0	9.0	8.75	0.5	20	171	49	122	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	514	281	795	302	165	385
19	9.5	9.5	9.25	0.5	20	181	54	127	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	573	282	855	337	166	416
20	10.0	10.0	9.75	0.5	20	191	59	132	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	632	282	914	372	166	446
21	10.5	10.5	10.25	0.5	20	201	64	137	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	691	283	974	406	166	477
22	11.0	11.0	10.75	0.5	20	211	69	142	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	750	284	1034	441	167	507
23	11.5	11.5	11.25	0.5	20	221	74	148	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	809	284	1093	476	167	538
24	12.0	12.0	11.75	0.5	20	231	78	153	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	868	285	1153	511	168	568
25	12.5	12.5	12.25	0.5	20	241	83	158	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	927	286	1213	545	168	599
26	13.0	13.0	12.75	0.5	20	251	88	163	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	986	286	1272	580	168	629
27	13.5	13.5	13.25	0.5	20	261	93	168	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1045	287	1332	615	169	660
28	14.0	14.0	13.75	0.5	20	271	98	173	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1104	288	1392	650	169	690
29	14.5	14.5	14.25	0.5	20	281	103	178	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1163	288	1452	684	170	721
30	15.0	15.0	14.75	0.5	20	291	108	183	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1222	289	1511	719	170	751
31	15.5	15.5	15.25	0.5	20	301	113	188	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1282	289	1571	754	170	782
32	16.0	16.0	15.75	0.5	20	311	118	193	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1341	290	1631	789	171	812
33	16.5	16.5	16.25	0.5	20	321	123	199	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1400	291	1690	823	171	843
34	17.0	17.0	16.75	0.5	20	331	127	204	235		0.40	-	9	1.0	0.63	0.13	1459	291	1750	858	171	873

LEGENDA

H Profondità dal PC al letto dello strato	K Coefficiente di spinta laterale = $\sigma'h/\sigma'_{vo}$ (terre incoerenti)
L Lunghezza effettiva del palo	K _r K.tan(δ) - Coefficiente attrito palo - terreno
L _c Distanza centro concio testa palo	N _c Fattore di capacità portante [terre coesive]
ΔL Spessore dello strato iesimo	N _{q_d} Fattore di cap. port. [terre gran. (Berezantzev) $\phi_d = \phi' - 3^\circ$]
γ Peso di volume terreno	A _l Area laterale del concio del palo
σ_{vo} Pressione verticale totale del terreno	A _p Area della punta del palo
U _o Pressione dell'acqua nei pori	R _l Resistenza laterale
σ'_{vo} Pressione verticale efficace del terreno	R _p Resistenza alla punta
C _u Coesione non drenata dello strato	R _t Resistenza totale (laterale + punta)
ϕ' Angolo di attrito efficace dello strato	R _{l_k} Resistenza laterale caratteristica (una verticale - $\xi = 1.7$)
α Coefficiente di adesione per terreno coesivo	R _{p_k} Resistenza alla punta caratteristica (una verticale - $\xi = 1.7$)
δ Angolo attrito palo terreno [0.8 ϕ , Cestelli-Guidi]	R _{t_d} Resistenza totale di progetto (R _{l_k} /1.15 + R _{p_k} /1.35)



RESISTENZA DEI PALI SOGGETTI A CARICHI ASSIALI

Brusiani - La Verzanella

(Palo 1 - DPSH-4)

NUOVA NORMATIVA

D.M. 17/01/2018 (Testo Unico - Norme Tecniche per le costruzioni)

APPROCCIO 2: (A1; M1; R3)

TERRENO

Testa P - PC 0.0 m

Falda - PC 4.0 m

PALO

Diametro = 0.50 m

K = - $\delta/\phi = 0.8$

COFF. SICUREZZA

Portata laterale 1.15

Portata di base 1.35

NUM VERT. 1

ξ Media 1.70

ξ Minimo 1.70

N	H (m)	L (m)	Lc (m)	ΔL (m)	γ (Kn/m ³)	σ_{vo} (KPa)	Uo (KPa)	σ'_{vo} (KPa)	Cu (KPa)	ϕ' (°)	α	K _f	Nc	Nq _d	Al (m ²)	Ap (m ²)	Rl (Kn)	Rp (Kn)	Rt (Kn)	Rlk (Kn)	Rpk (Kn)	Rtd (Kn)
1	0.5	0.5	0.25	0.5	19	10	-	10	45		0.64	-	9	1.0	0.79	0.20	23	81	104	13	48	47
2	1.0	1.0	0.75	0.5	19	19	-	19	45		0.64	-	9	1.0	0.79	0.20	45	83	128	27	49	59
3	1.5	1.5	1.25	0.5	18	28	-	28	25		0.90	-	9	1.0	0.79	0.20	63	50	113	37	29	54
4	2.0	2.0	1.75	0.5	18	37	-	37	50		0.60	-	9	1.0	0.79	0.20	86	96	182	51	56	86
5	2.5	2.5	2.25	0.5	18	46	-	46	50		0.60	-	9	1.0	0.79	0.20	110	97	207	65	57	99
6	3.0	3.0	2.75	0.5	18	55	-	55	50		0.60	-	9	1.0	0.79	0.20	134	99	233	79	58	112
7	3.5	3.5	3.25	0.5	19	65	-	65	55		0.56	-	9	1.0	0.79	0.20	158	110	268	93	65	129
8	4.0	4.0	3.75	0.5	19	74	-	74	55		0.56	-	9	1.0	0.79	0.20	182	112	294	107	66	142
9	4.5	4.5	4.25	0.5	19	84	5	79	75		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	206	148	353	121	87	170
10	5.0	5.0	4.75	0.5	19	93	10	83	75		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	229	149	378	135	88	182
11	5.5	5.5	5.25	0.5	19	103	15	88	75		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	253	150	402	149	88	194
12	6.0	6.0	5.75	0.5	19	112	20	92	100		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	284	195	479	167	115	230
13	6.5	6.5	6.25	0.5	19	122	25	97	100		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	315	196	511	186	115	247
14	7.0	7.0	6.75	0.5	19	131	29	102	100		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	347	197	544	204	116	263
15	7.5	7.5	7.25	0.5	20	141	34	107	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	421	436	857	247	257	405
16	8.0	8.0	7.75	0.5	20	151	39	112	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	495	437	932	291	257	443
17	8.5	8.5	8.25	0.5	20	161	44	117	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	568	438	1007	334	258	482
18	9.0	9.0	8.75	0.5	20	171	49	122	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	642	439	1081	378	258	520
19	9.5	9.5	9.25	0.5	20	181	54	127	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	716	440	1156	421	259	558
20	10.0	10.0	9.75	0.5	20	191	59	132	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	790	441	1231	465	260	596
21	10.5	10.5	10.25	0.5	20	201	64	137	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	864	442	1306	508	260	634
22	11.0	11.0	10.75	0.5	20	211	69	142	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	938	443	1381	551	261	673
23	11.5	11.5	11.25	0.5	20	221	74	148	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1011	444	1456	595	261	711
24	12.0	12.0	11.75	0.5	20	231	78	153	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1085	445	1530	638	262	749
25	12.5	12.5	12.25	0.5	20	241	83	158	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1159	446	1605	682	262	787
26	13.0	13.0	12.75	0.5	20	251	88	163	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1233	447	1680	725	263	825
27	13.5	13.5	13.25	0.5	20	261	93	168	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1307	448	1755	769	264	864
28	14.0	14.0	13.75	0.5	20	271	98	173	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1380	449	1830	812	264	902
29	14.5	14.5	14.25	0.5	20	281	103	178	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1454	450	1905	855	265	940
30	15.0	15.0	14.75	0.5	20	291	108	183	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1528	451	1979	899	265	978
31	15.5	15.5	15.25	0.5	20	301	113	188	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1602	452	2054	942	266	1016
32	16.0	16.0	15.75	0.5	20	311	118	193	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1676	453	2129	986	267	1055
33	16.5	16.5	16.25	0.5	20	321	123	199	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1750	454	2204	1029	267	1093
34	17.0	17.0	16.75	0.5	20	331	127	204	235		0.40	-	9	1.0	0.79	0.20	1823	455	2279	1073	268	1131

LEGENDA

H Profondità dal PC al letto dello strato

L Lunghezza effettiva del palo

Lc Distanza centro concio testa palo

ΔL Spessore dello strato iesimo

γ Peso di volume terreno

σ_{vo} Pressione verticale totale del terreno

Uo Pressione dell'acqua nei pori

σ'_{vo} Pressione verticale efficace del terreno

Cu Coesione non drenata dello strato

ϕ' Angolo di attrito efficace dello strato

α Coefficiente di adesione per terreno coesivo

δ Angolo attrito palo terreno [0.8 ϕ , Cestelli-Guidi]

K Coefficiente di spinta laterale = $\sigma'h/\sigma'_{vo}$ (terre incoerenti)

K_f K.tan(δ) - Coefficiente attrito palo - terreno

Nc Fattore di capacità portante [terre coesive]

Nq_d Fattore di cap. port. [terre gran. (Berezantzev) $\phi_d = \phi' - 3^\circ$]

Al Area laterale del concio del palo

Ap Area della punta del palo

Rl Resistenza laterale

Rp Resistenza alla punta

Rt Resistenza totale (laterale + punta)

Rlk Resistenza laterale caratteristica (una verticale - $\xi = 1.7$)

Rpk Resistenza alla punta caratteristica (una verticale - $\xi = 1.7$)

Rtd Resistenza totale di progetto (Rlk/1.15 + Rpk/1.35)



3.3 QUADRO RIASSUNTIVO

Per la ricostruzione stratigrafica, per ricavare i principali parametri meccanici e per la classificazione sismica del sito si sono eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- n°6 Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH;
- n°3 RegISTRAZIONI sismiche a stazione singola HVSR

Dalla sintesi delle indagini eseguite nell'area e dai risultati dei calcoli sviluppati, si desume il seguente quadro geologico:

1) L'area presenta uno spessore superficiale di circa 3.5/4 m costituito da argille allentate (UNITA' A1-A2); a partire da -4 m circa dal p.c. si incontra un materiale consistente (UNITA' A2-B); quindi a -7 m dal p.c. si incontra una argillite compatta che porta spesso al rifiuto strumentale (vedi anche *Sezione Geotecnica e Stratigrafica A-B* di tavola 13 a pagina 18);

2) in corrispondenza delle prove penetrometriche dinamiche non è stata rinvenuta la presenza di acqua, in ogni caso nei calcoli di stabilità è stata introdotta la falda -1.0 dal p.c. nello stato attuale e a -4 m dal p.c. nello stato di progetto;

3) Dai precedenti studi del PSC e dalle carte del PTCP, l'area rientra negli approfondimenti sismici di II livello e quindi, seguendo il metodo semplificato del DM 17/01/18, all'area può essere attribuita la classe sismica B con amplificazione topografica T1, tuttavia, vista la litologia affiorante (MVT), la presenza di uno strato superficiale dalle caratteristiche meccaniche modeste, ed infine visti i risultati ottenuti dalle prove geognostiche eseguite in sito, si sono sviluppati nuovi approfondimenti sismici di II e di III livello, in modo da ottenere un quadro completo delle amplificazioni sismiche del sito:

AMPLIFICAZIONI III LIVELLO

FA. PGA	= 1.83
FA. SA1 _(0.1-0.5)	= 1.67
FA. SA2 _(0.4-0.8)	= 1.21
FA. SA3 _(0.7-1.1)	= 1.08
FA. SA4 _(0.5-1.5)	= 1.10
FA. SI1 _(0.1-0.5)	= 1.58
FA. SI2 _(0.5-1.0)	= 1.12
FA. SI3 _(0.5-1.5)	= 1.09

AMPLIFICAZIONI II LIVELLO

FA. PGA	= 1.75
FA. SA1 _(0.1-0.5)	= 1.75
FA. SA2 _(0.4-0.8)	= 1.30
FA. SA3 _(0.7-1.1)	= 1.10
FA. SI1 _(0.1-0.5)	= 1.75
FA. SI2 _(0.5-1.0)	= 1.15



SCUOTIMENTI ATTESI - III LIVELLO

Dalla Risposta Sismica Locale si sono inoltre ricavati i seguenti scuotimenti attesi al sito:

FA.H _{SM} (0.1-0.5)	= 557 cm/s ²
FA.H1 (0.4-0.8)	= 250cm/s ²
FA.H2 (0.7-1.1)	= 179 cm/s ²
FA.H3 (0.5-1.5)	= 386 cm/s ²

Per i calcoli delle amplificazioni si sono seguite le indicazioni delle DGR 630/2019, DGR 476/2021 e DGR 564/2021.

Resta inteso che i futuri fabbricati dovranno essere progettati sismicamente con gli spettri in accelerazioni sviluppati con la presente Risposta Sismica Locale (o con altro studio di RSL): in ogni caso si dovrà approfondire lo studio anche per lo stato limite di danno (SLD) e per quello di operatività (SLO);

4) Con i dati delle prove geognostiche è stato possibile ricostruire il modello stratigrafico e geotecnico del terreno (vedi tav.13 a pag.18 e ricavare le unità stratigrafiche riportate alle pagine 58/59;

5) Sono state eseguite verifiche di stabilità secondo le direttive del PAI e secondo le NTC 17/01/18. I calcoli sono stati impostati assumendo la condizione più cautelativa e quindi a lungo termine e con la presenza della falda. Le verifiche di stabilità nello stato di progetto hanno dato esito positivo. I calcolo ed i relativi coefficienti di sicurezza sono riassunti nella tabella a pagina 63.

In conclusione viste le caratteristiche meccaniche dei terreni dell'area all'intorno del sito e le risultanze delle verifiche di stabilità, si ritiene che la distanza dell'area oggetto di studio dall'area cartografata in dissesto sia idonea e sufficiente a garantire la salvaguardia dei lotti oggetto della prevista edificazione.

6) Il progetto esecutivo-costruttivo dovrà essere completo delle canalizzazioni e dei drenaggi atti a garantire la corretta regimazione di acque bianche e nere al fine di evitare dilavamento ed erosione superficiale, ruscellamento concentrato e diffuso, nocive infiltrazioni nei terreni di fondazioni al fine di garantire la permanenza delle condizioni assunte in sede di calcolo.

7) Infine sono stati eseguiti calcoli di resistenza assiale del palo singolo per fondazioni profonde su pali (§3.2.2). I risultati sono riassunti nelle 2 tabelle riportate alle pagine 66 e 67: la 1° tabella



per pali in c.a. con $\phi=400\text{mm}$; la 2°, per pali con $\phi=500\text{mm}$;

8) Nell'allegato A vengono fornite le prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH) con i relativi grafici e rielaborazioni, eseguite in sito per la presente relazione;

9) L'allegato B riporta le registrazioni sismiche a stazione singola HVSR effettuate per il presente lavoro;

10) L'Allegato C mostra i grafici degli input sismici: sia quelli regionali (46, 126, 354), che quelli selezionati con REXEL e gli spettri in accelerazione, velocità e spostamento;

11) Infine, nell'allegato D vengono mostrati i tabulati di calcolo delle verifiche di stabilità.

4. CONCLUSIONI

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici del terreno per l'introduzione di 2 lotti (Lotto 9 e 10 delle tavole di progetto) nel PUA del comune di *Pavullo n/F*.

Con i dati ricavati dalle prove geognostiche è stato possibile ricostruire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico del terreno.

Visti gli studi di microzonazione sismica già attuati dal comune, viste le *Carte del Dissesto* e del *Rischio Sismico* del PTCP, esaminate le indagini eseguite in sito (rilievo geomorfologico e prove geognostiche) si è deciso infine di eseguire approfondimenti sismici sia di II che di III livello (Risposta sismica Locale).

Si sono eseguite le indicazioni delle ordinanze regionali in modo da ricavare le amplificazioni sismiche secondo il DGR 630/2019 e successive modifiche (DGR 476/2021 e DGR 564/2021).

Si sono forniti i parametri geotecnici caratteristici principali: i dati sono stati elaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici (X_k).

Sono stati eseguiti calcoli di stabilità nella condizione attuale ed in quella di progetto, in condizioni pseudo statiche e dinamiche, introducendo nel calcolo dinamico l'accelerazione sismica ricavata dagli studi di Risposta Sismica Locale (§.3.2.1.)

Infine si sono eseguite verifiche di resistenza assiale del palo singolo per diametri $\phi=400\text{mm}$ e $\phi=500\text{mm}$ (§3.2.2.)



In sede di progetto esecutivo e costruttivo, con il progetto delle opere che si andranno a realizzare, saranno effettuati tutti gli approfondimenti di ordine geotecnico e idrogeologico che consentano la corretta canalizzazione delle acque superficiali e sotterranee al fine di non alterare la attuali condizioni di stabilità dell'area.

Nella seguente tabella vengono riassunti le conoscenze e i dati ricavati dal presente studio:

LOCALITA' :	LA VERZANELLA	COORDINATE(GEO-ED50):	10.8300 E	44.3430 N
DESTINAZIONE URBANISTICA	Porzione Ambito 1.13 con destinazione residenziale			
RISCHIO IDROGEOLOGICO E SISMICO DA CARTOGRAFIA ESISTENTE (PTCP-PSC)	<i>Carta del Dissesto</i> : "area non interessate da fenomeni di dissesto e/o instabilità". <i>Carta del Rischio Sismico</i> : "Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; Microzonazione Sismica: Approfond. Sismici II livello.			
APPROFONDIMENTI SISMICI	Microzonazione sismica di II livello a carico dell'amministrazione comunale; a carico dello scrivente <u>approfondimenti sismici di II livello e di III livello secondo le recenti normative regionali</u> : DGR 630/2019, DGR 476/2021, DGR 564-2021			
AMPLIFICAZIONI SISMICHE	Calcolate con approfondimenti di II e III livello (vedi da pagina 34 a pagina 52)			
CLASSIFICAZIONE SISMICA - SPETTRI ELASTICI	Spettri calcolati secondo il metodo semplificato (suolo C + topografia T1) e con gli approfondimenti sismici di III livello tramite <u>Risposta Sismica Locale</u> .			
IDROGEOLOGIA	Non sono state trovate tracce di acqua nelle verticali di indagine. Probabile la presenza di una falda stagionale nei depositi superficiali.			
PARAMETRI GEOTECNICI	Depositati argillosi superficiali con Cu<70 (vedi UNITA' A1-A2). Si riportano di seguito i parametri caratteristici minimi valutati per l'UNITA' A1, quella più superficiale: $\phi^*k=18^\circ$; C*k=5 KPa; Cuk=25 KPa (approfondimenti pagine 58-59).			
STABILITA'	Si sono sviluppate verifiche di stabilità, secondo quanto previsto dalle norme di attuazione del piano per l'assetto idrogeologico (PAI) e secondo gli aggiornamenti delle NTC 17/01/2018 (GU n.42 del 20/02/2018); i calcoli sono stati eseguiti nello stato attuale ed in quello di progetto in condizioni statiche e dinamiche. Nello stato di progetto le verifiche hanno fornito esito positivo.			
PARERE EDIFICABILITA'	Edificabile con le seguenti limitazioni: corretta regimazione delle acque superficiali e sotterranee con progetto da presentare in sede esecutiva in funzione delle opere e delle sezioni di sbanco.			
TIPOLOGIA DI FONDAZIONE	Fondazioni profonde su pali non solo per gli edifici principali, ma anche per le opere minori (muri di sostegno e/o recinzione) poste lungo la porzione di valle dei lotti in oggetto.			

Resta comunque sottinteso che per ogni singola futura costruzione saranno necessari gli approfondimenti del caso, con ulteriori indagini geognostiche mirate e relativi approfondimenti di carattere geologico e geotecnico, come prevede la normativa vigente.

Pertanto, dal punto di vista geologico e geotecnico, si rilascia parere geologico favorevole all'inserimento dell'area studiata nella PUA del comune di Pavullo nel Frignano.

Pavullo, Settembre 2022

IL GEOLOGO



ALLEGATO A

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

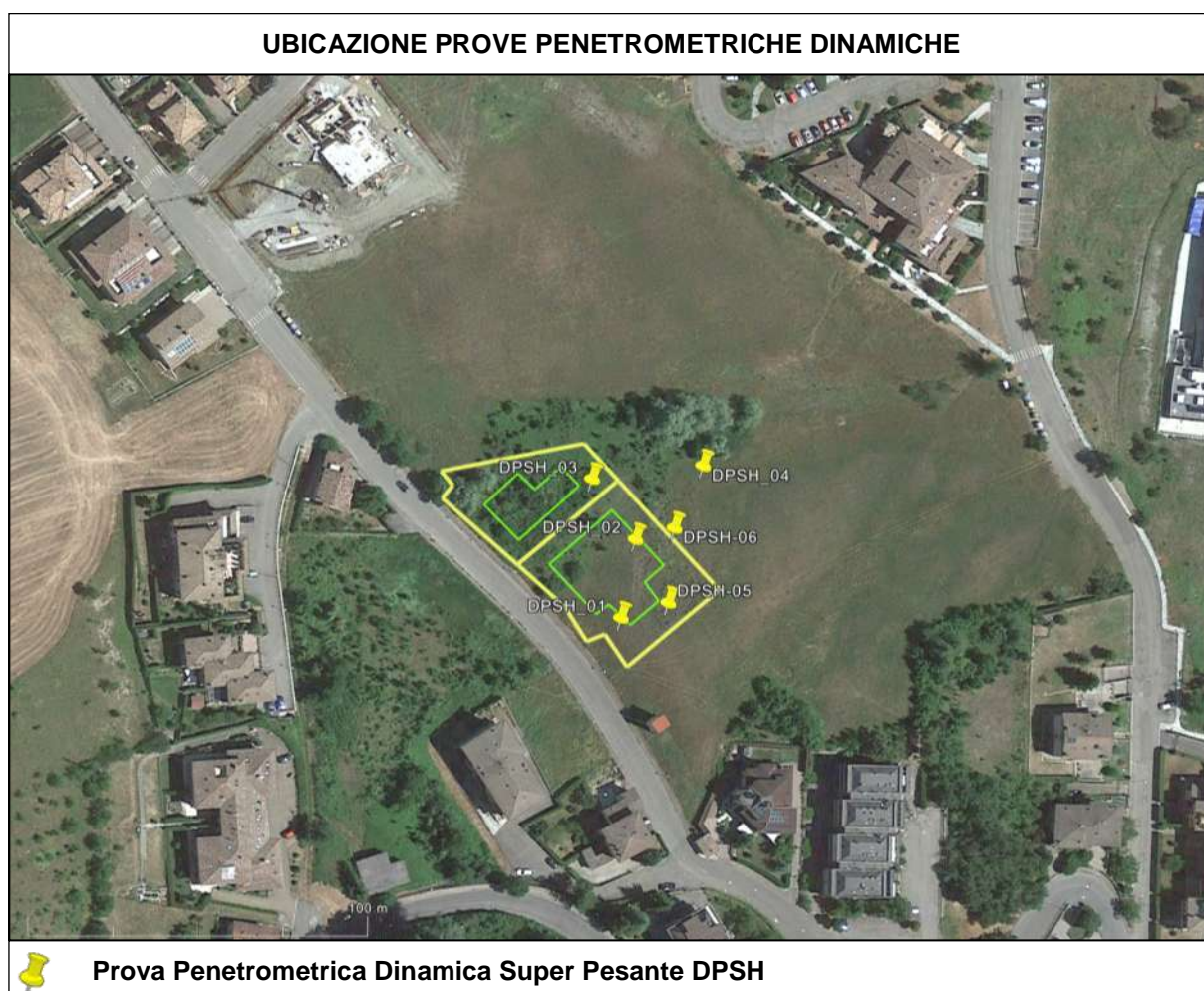




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_01

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Q _{a3} [kN/m ²]
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	6	13.1	29.0	9269	51	97	7833	166	1.9	1	4469	203
0.40	6	13.1	29.0	9269	72	97	7833	167	5.6	1	4469	203
0.60	6	13.1	29.0	9269	92	97	7833	169	9.4	1	4469	203
0.80	6	13.1	29.0	9269	113	97	7833	170	13.1	1	4469	203
1.00	4	8.7	26.4	6179	96	64	5222	116	16.8	2	2762	126
1.20	3	6.5	24.9	4635	92	48	3916	90	20.4	2	2071	94
1.40	2	4.4	23.1	3090	84	32	2611	63	24.0	2	1381	63
1.60	4	8.7	26.4	6179	140	64	5222	120	27.6	2	2762	126
1.80	6	13.1	29.0	9269	213	97	7833	176	31.3	2	4143	188
2.00	6	13.1	29.0	9269	233	97	7833	177	35.0	3	3861	175
2.20	5	10.4	27.5	7365	211	77	6224	144	38.7	3	3217	146
2.40	6	11.9	28.4	8461	254	88	7151	165	42.5	3	3861	175
2.60	17	32.4	37.1	23034	846	240	19465	427	46.3	3	10939	497
2.80	10	18.4	31.6	13056	437	136	11033	250	50.2	3	6434	292
3.00	12	21.5	32.9	15232	551	159	12872	290	54.1	4	7229	329
3.20	10	17.6	31.3	12500	472	130	10563	243	58.0	4	6024	274
3.40	15	26.0	34.8	18478	783	193	15615	351	61.9	4	9036	411
3.60	11	18.8	31.8	13362	565	139	11291	261	65.8	4	6627	301
3.80	9	15.2	30.1	10786	482	112	9115	216	69.6	4	5422	246
4.00	10	16.7	30.8	11830	552	123	9998	236	73.5	5	5663	257
4.20	12	19.7	32.2	14021	686	146	11849	276	77.3	5	6796	309
4.40	11	17.9	31.4	12699	647	132	10732	254	81.2	5	6230	283
4.60	12	19.3	32.0	13694	729	143	11572	273	85.1	5	6796	309
4.80	17	27.0	35.1	19184	1130	200	16212	372	89.0	5	9628	438
5.00	9	14.2	29.6	10047	589	105	8490	210	92.9	6	4809	219
5.20	11	17.1	31.0	12151	727	127	10268	249	96.8	6	5877	267
5.40	16	24.6	34.2	17495	1122	182	14785	346	100.7	6	8549	389
5.60	9	13.7	29.3	9744	640	102	8235	209	104.6	6	4809	219
5.80	10	15.1	30.1	10724	719	112	9062	228	108.4	6	5343	243
6.00	10	15.0	30.0	10624	737	111	8978	227	112.2	7	5057	230
6.20	10	14.8	29.9	10528	754	110	8897	227	116.1	7	5057	230
6.40	10	14.7	29.8	10435	772	109	8818	226	119.9	7	5057	230
6.60	12	17.5	31.2	12415	933	129	10491	263	123.8	7	6069	276
6.80	12	17.3	31.1	12311	952	128	10404	262	127.7	7	6069	276
7.00	20	28.7	35.7	20351	1743	212	17198	407	131.6	8	9601	436
7.20	21	29.9	36.2	21198	1895	221	17914	424	135.7	8	10081	458
7.40	35	49.4	42.2	35054	4603	365	29623	673	139.7	8	16801	764

H =	Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N =	Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} =	Numero corrispondente ai colpi della prova SPT normalizzati	
φ° =	N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
Mo =	710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Q _{a1} =	[(h · γ' · N _q) + (½ b · γ' · N _γ)] / 3;	b=1 m [kN/m ²] (Q _{a1} , Terzaghi nastriforme; N _q , N _γ Meyerhof)
Ed =	600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu =	7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Q _{a2} =	[(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m ²] (Q _{a2} , Terzaghi; Nc=5.14)
R _{dp} =	M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Q _{a3} =	(R _{dp} / 15) ÷ 30; Q _a = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Q _{a3} , Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_01
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
1.0	5.6	12.2	28.5	8651	85	90	7311	158	9.3	4128	188
1.4	2.5	5.4	24.0	3862	88	40	3264	76	22.2	1726	78
2.4	5.4	11.4	28.1	8109	210	85	6852	156	35.0	3569	162
5.4	12.1	20.4	32.4	14505	688	151	12257	284	73.5	7071	321
6.8	10.4	15.4	30.2	10969	787	114	9269	235	116.1	5352	243
7.2	20.5	29.3	35.9	20774	1819	217	17556	416	133.7	9841	447
7.4	35.0	49.4	42.2	35054	4603	365	29623	673	139.7	16801	764

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazione)
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato] [kN/m ²] (Farrent)
Qa ₁ = [(h · γ' · N _q) + (1/2 · b · γ · N _γ)] / 3 b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; N _q , N _γ Meyerhof)
Cu = 7.4 · N _{1,60} [kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa ₂ = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R _{pd} = M ² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = (R _{pd} / 15 + 30); Qa = (R _{pd} / 22) [kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_01
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	H _m [media]	γ [kN/m ³]	σ _v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
1.0	5.6	12.2	0.5	18.6	9.3	82.3	10186	9284	1.4	18912	7311
1.4	2.5	5.4	1.2	17.8	22.2	51.0	10555	4740	0.2	9164	3264
2.4	5.4	11.4	1.9	18.6	35.0	69.3	25224	9224	0.4	18777	6852
5.4	12.1	20.4	3.9	19.5	73.5	79.2	82541	15785	2.4	34021	12257
6.8	10.4	15.4	6.1	19.3	116.1	60.5	94428	48391	>4	28149	9269
7.2	20.5	29.3	7.0	20.0	133.7	79.6	218274	72096	>4	49862	17556
7.4	35.0	49.4	7.3	20.7	139.7	100.0	552303	86401	>4	80706	29623

H = Profondità del letto dello strato elementare
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
H _m = Profondità al centro dello strato [m]
γ = Peso di volume del terreno [kN/m ³]
σ _v = Pressione litostatica [kN/m ²]
Dr = 21 · [(10 · N _{1,60}) / (σ _v + 7)] ^{0.5} [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KP) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · N _{1,60} ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · N _{1,60} [Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σ _v · KK)) ^{1.25} [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · N _{1,60} (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_01
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 28/08/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.0	5.6	12	5	28.5	1.1	27	23	90	14.4	81	58
1.4	2.5	5	2	24.0	1.3	23	18	40	11.4	34	24
2.4	5.4	11	5	28.1	1.1	27	22	85	13.9	76	54
5.4	12.1	20	15	32.4	2.1	31	26	151	37.1	134	95
6.8	10.4	15	7	30.2	0.7	30	24	114	10.5	106	76
7.2	20.5	29	2	35.9	0.3	34	28	217	6.2	182	130
7.4	35.0	49	1	42.2		39	33	365		309	220

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_01
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 28/08/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.0	5.6	12	5	28.5	1.1	27	27	90	14.4	76	76
1.4	2.5	5	2	24.0	1.3	22	22	40	11.4	34	34
2.4	5.4	11	5	28.1	1.1	26	26	85	13.9	71	71
5.4	12.1	20	15	32.4	2.1	29	29	151	37.1	99	99
6.8	10.4	15	7	30.2	0.7	29	29	114	10.5	98	98
7.2	20.5	29	2	35.9	0.3	34	34	217	6.2	183	183
7.4	35.0	49	1	42.2		39	39	365		309	309

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_01

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA': VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 28/08/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

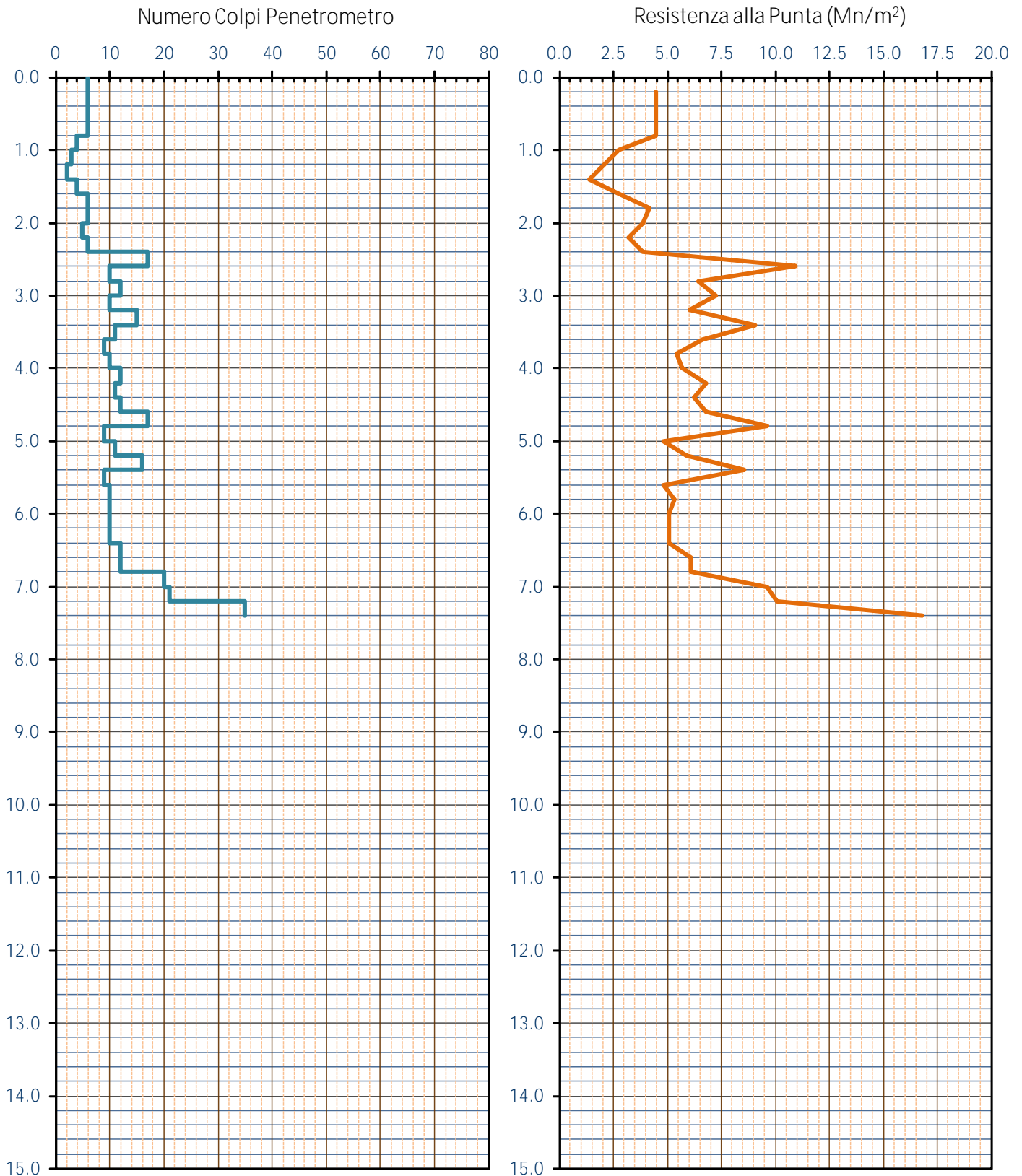




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_01

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 28/08/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

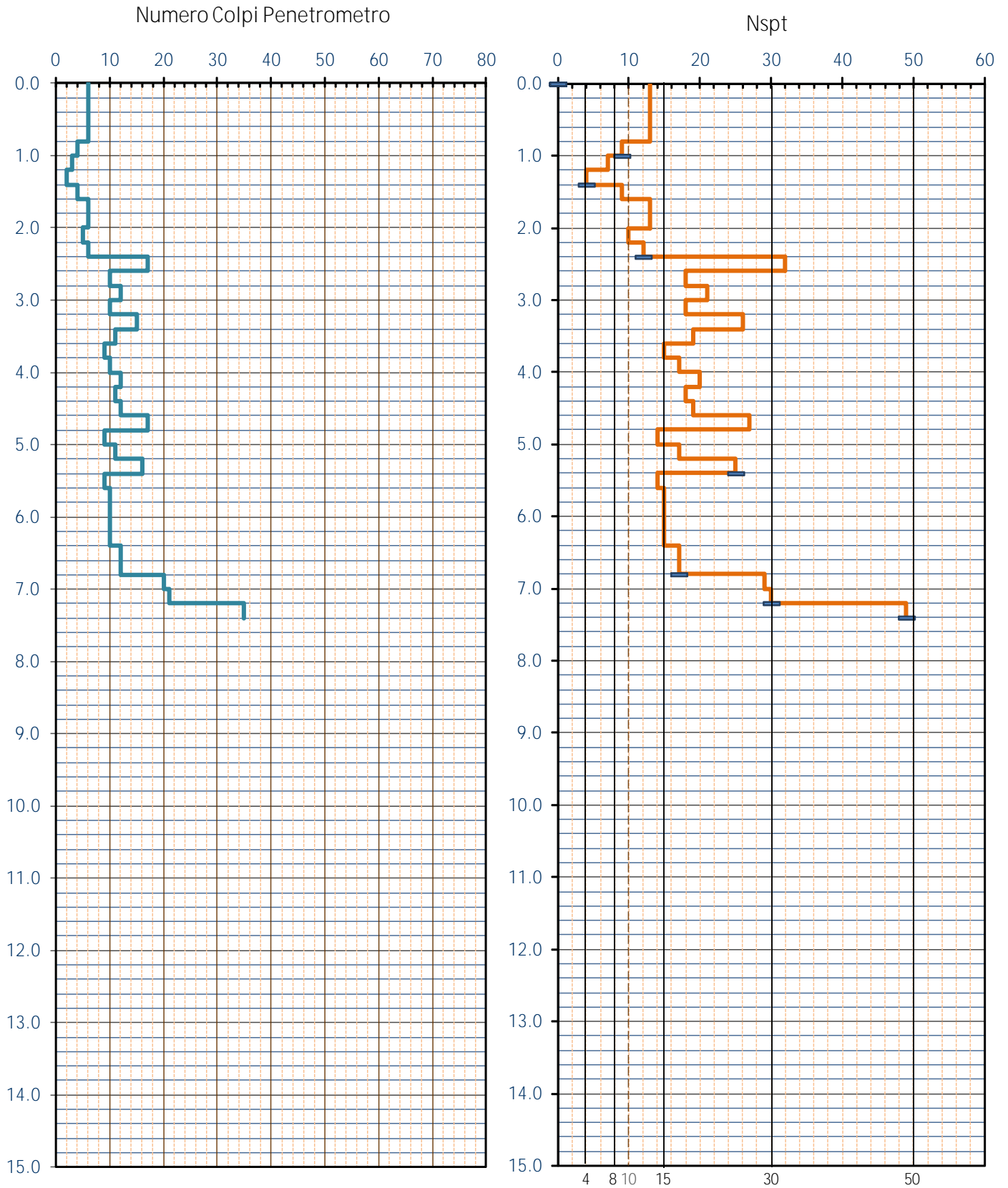




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_02

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Q _{a3} [kN/m ²]
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	3	6.5	24.9	4635	26	48	3916	83	1.8	1	2235	102
0.40	5	10.9	27.8	7724	59	81	6527	140	5.5	1	3724	169
0.60	7	15.2	30.1	10814	107	113	9138	196	9.2	1	5214	237
0.80	7	15.2	30.1	10814	131	113	9138	197	13.0	1	5214	237
1.00	6	13.1	29.0	9269	133	97	7833	171	16.7	2	4143	188
1.20	4	8.7	26.4	6179	111	64	5222	117	20.4	2	2762	126
1.40	5	10.9	27.8	7724	149	81	6527	146	24.1	2	3452	157
1.60	8	17.4	31.2	12359	255	129	10444	230	27.9	2	5524	251
1.80	6	13.1	29.0	9269	214	97	7833	176	31.6	2	4143	188
2.00	6	13.1	29.0	9269	235	97	7833	177	35.4	3	3861	175
2.20	7	14.5	29.8	10311	281	107	8713	197	39.1	3	4504	205
2.40	8	15.9	30.4	11282	330	118	9534	216	42.9	3	5148	234
2.60	6	11.4	28.1	8129	267	85	6870	161	46.7	3	3861	175
2.80	3	5.5	24.1	3917	180	41	3310	87	50.4	3	1930	88
3.00	3	5.4	24.0	3808	189	40	3218	86	54.0	4	1807	82
3.20	4	7.0	25.3	5000	232	52	4225	108	57.6	4	2410	110
3.40	5	8.7	26.4	6159	279	64	5205	130	61.3	4	3012	137
3.60	5	8.6	26.3	6073	292	63	5132	130	65.0	4	3012	137
3.80	6	10.1	27.3	7191	344	75	6077	151	68.7	4	3615	164
4.00	5	8.3	26.2	5915	317	62	4999	130	72.4	5	2832	129
4.20	7	11.5	28.1	8179	416	85	6912	171	76.2	5	3964	180
4.40	8	13.0	29.0	9236	478	96	7805	192	80.0	5	4531	206
4.60	8	12.9	28.9	9129	494	95	7715	191	83.8	5	4531	206
4.80	8	12.7	28.8	9028	510	94	7629	190	87.6	5	4531	206
5.00	7	11.0	27.8	7814	475	81	6603	170	91.3	6	3740	170
5.20	9	14.0	29.5	9942	597	104	8401	209	95.1	6	4809	219
5.40	9	13.9	29.4	9841	614	103	8316	209	99.0	6	4809	219
5.60	10	15.2	30.1	10827	691	113	9150	228	102.8	6	5343	243
5.80	11	16.6	30.8	11796	773	123	9968	246	106.7	6	5877	267
6.00	10	15.0	30.0	10624	726	111	8978	227	110.5	7	5057	230
6.20	9	13.3	29.1	9475	680	99	8007	207	114.4	7	4551	207
6.40	11	16.2	30.6	11479	829	120	9700	244	118.2	7	5563	253
6.60	12	17.5	31.2	12415	921	129	10491	262	122.1	7	6069	276
6.80	11	15.9	30.4	11285	867	118	9537	244	126.0	7	5563	253
7.00	10	14.3	29.7	10175	814	106	8599	225	129.8	8	4800	218
7.20	15	21.3	32.9	15141	1231	158	12795	315	133.7	8	7200	327
7.40	11	15.5	30.3	11017	922	115	9310	243	137.6	8	5280	240
7.60	12	16.8	30.9	11927	1018	124	10079	260	141.5	8	5760	262
7.80	12	16.7	30.8	11838	1037	123	10004	260	145.4	8	5760	262
8.00	17	23.4	33.8	16648	1520	174	14069	347	149.3	9	7766	353
8.20	11	15.1	30.0	10696	994	111	9038	242	153.2	9	5025	228
8.40	11	15.0	30.0	10621	1012	111	8975	242	157.1	9	5025	228
8.60	10	13.5	29.2	9589	950	100	8103	225	161.0	9	4568	208
8.80	11	14.8	29.9	10477	1046	109	8854	242	164.8	9	5025	228
9.00	13	17.3	31.1	12300	1238	128	10395	276	168.7	10	5665	257
9.20	19	25.2	34.4	17861	1896	186	15094	377	172.7	10	8279	376
9.40	12	15.8	30.4	11209	1186	117	9472	259	176.6	10	5229	238
9.60	13	17.0	31.0	12068	1296	126	10198	276	180.5	10	5665	257
9.80	13	16.9	30.9	11994	1316	125	10135	276	184.4	10	5665	257
10.00	13	16.9	30.9	11975	1340	125	10120	277	188.3	11	5415	246
10.20	17	21.8	33.1	15506	1780	162	13103	341	192.3	11	7081	322
10.40	12	15.3	30.1	10839	1273	113	9160	259	196.2	11	4999	227
10.60	17	21.4	32.9	15210	1810	159	12854	338	200.1	11	7081	322
10.80	19	23.7	33.9	16841	2070	176	14232	369	204.1	11	7915	360
11.00	17	21.0	32.8	14931	1841	156	12618	336	208.1	12	6782	308
11.20	16	19.6	32.2	13927	1742	145	11769	319	212.0	12	6384	290
11.40	17	20.7	32.6	14667	1872	153	12394	334	216.0	12	6782	308
11.60	18	21.7	33.0	15395	2008	160	13010	348	220.0	12	7181	326
11.80	18	21.5	33.0	15264	2023	159	12899	347	223.9	12	7181	326
12.00	21	24.9	34.3	17659	2434	184	14923	391	227.9	13	8039	365
12.20	20	23.5	33.8	16680	2313	174	14096	375	231.9	13	7656	348
12.40	20	23.3	33.7	16545	2329	172	13981	374	236.0	13	7656	348
12.60	23	26.6	35.0	18875	2777	197	15950	417	240.0	13	8805	400
12.80	28	32.1	36.9	22798	3645	238	19266	488	244.0	13	10719	487
13.00	35	39.8	39.4	28277	5204	295	23896	588	248.1	14	12877	585



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_02
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
2.6	6.0	12.8	28.7	9060	177	94	7656	170	24.2	4137	188
4.0	4.4	7.7	25.7	5438	262	57	4595	118	61.3	2660	121
5.6	8.3	13.0	29.0	9249	534	96	7816	195	89.5	4532	206
10.4	12.3	17.0	30.9	12040	1111	125	10174	265	151.3	5704	259
12.6	18.7	22.5	33.4	15999	2111	167	13521	359	220.0	7406	337
13.0	31.5	36.0	38.2	25537	4425	266	21581	538	246.1	11798	536

H = Profondità del letto dello strato elementare
 N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
 N_{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
 $\phi^{\circ} = N_{1,60} = (15 \cdot N_{1,60})^{1/2} + 15$ (Road Bridge Specificazion)
 Mo = 710 · N_{1,60} [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)
 Qa₁ = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · N_γ)] / 3 b=1 m [kN/m²] (Qa Terzaghi; Nq, N_γ Meyerhof)
 Cu = 7.4 · N_{1,60} [kN/m²] [Design Manual for Soil Mechanics]
 Ed = 600 · N_{1,60} [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)
 Qa₂ = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
 R_{pd} = M² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m²] (Formula degli Olandesi)
 Qa₃ = (R_{pd} / 15 · 30); Qa = (R_{pd} / 22) [kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_02
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 28/08/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	Hm [media]	γ [kN/m ³]	σ _v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
2.6	6.0	12.8	1.3	18.7	24.2	77.3	21220	9946	0.6	20381	7656
4.0	4.4	7.7	3.3	18.4	61.3	50.7	31448	6682	0.3	14105	4595
5.6	8.3	13.0	4.8	19.0	89.5	60.0	64124	41026	>4	23399	7816
10.4	12.3	17.0	8.0	19.5	151.3	58.1	133325	14355	4.0	31852	10174
12.6	18.7	22.5	11.5	19.9	220.0	58.5	253302	19044	3.5	43085	13521
13.0	31.5	36.0	12.8	20.5	246.1	70.8	530955	99654	>4	64567	21581

H = Profondità del letto dello strato elementare
 N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
 N_{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
 Hm = Profondità al centro dello strato [m]
 γ = Peso di volume del terreno [kN/m³]
 σ_v = Pressione litostatica [kN/m²]
 Dr = 21 · [(10 · N_{1,60}) / (σ_v + 7)]^{0.5} [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
 Ks = Qa - 120 - (Qa = carico ammissibile in KP) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m³] (Bowles, 1988)
 Es = Es = (105-35·Dr) · N_{1,60}; OCR > 4 Es = (525-350 · Dr) · N_{1,60} [Modulo Elastico secante] [kN/m²] (Jamiolkowski, 1988)
 OCR = (Cu / (σ_v · KK))^{1.25} [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
 Ed = 600 · N_{1,60} (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_02
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 28/08/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
2.6	6.0	13	13	28.7	1.7	28	23	94	22.5	83	59
4.0	4.4	8	7	25.7	1.3	25	20	57	13.0	46	33
5.6	8.3	13	8	29.0	0.7	28	23	96	10.1	89	64
10.4	12.3	17	24	30.9	1.4	30	25	125	22.3	118	84
12.6	18.7	23	11	33.4	0.8	33	27	167	15.2	158	113
13.0	31.5	36	2	38.2	1.8	36	30	266	40.4	223	160

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_02
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 28/08/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
2.6	6.0	13	13	28.7	1.7	26	26	94	22.5	62	62
4.0	4.4	8	7	25.7	1.3	24	24	57	13.0	38	38
5.6	8.3	13	8	29.0	0.7	28	28	96	10.1	81	81
10.4	12.3	17	24	30.9	1.4	29	29	125	22.3	92	92
12.6	18.7	23	11	33.4	0.8	32	32	167	15.2	143	143
13.0	31.5	36	2	38.2	1.8	36	36	266	40.4	225	225

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_02

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA': VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 28/08/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

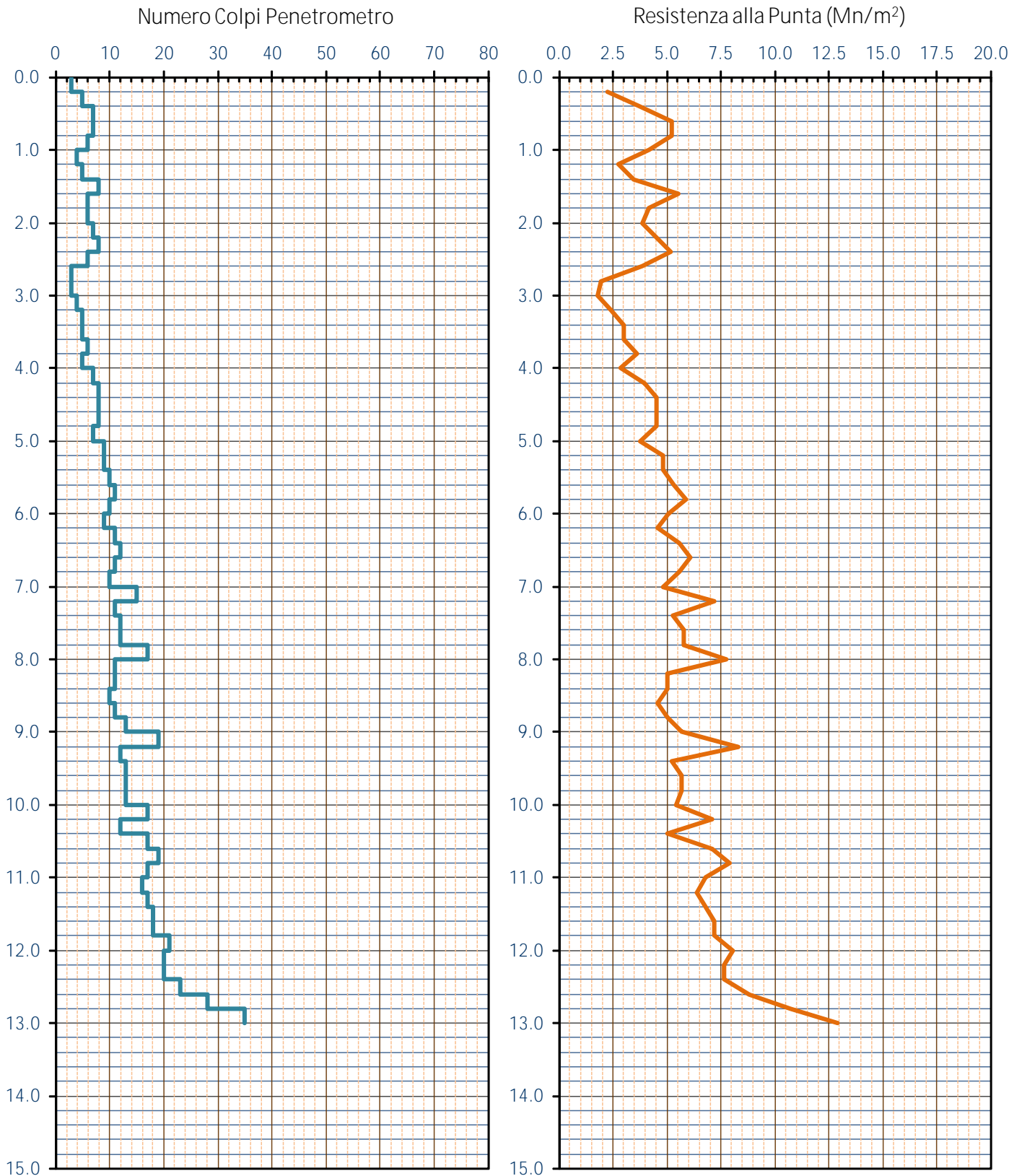




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_02

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 28/08/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

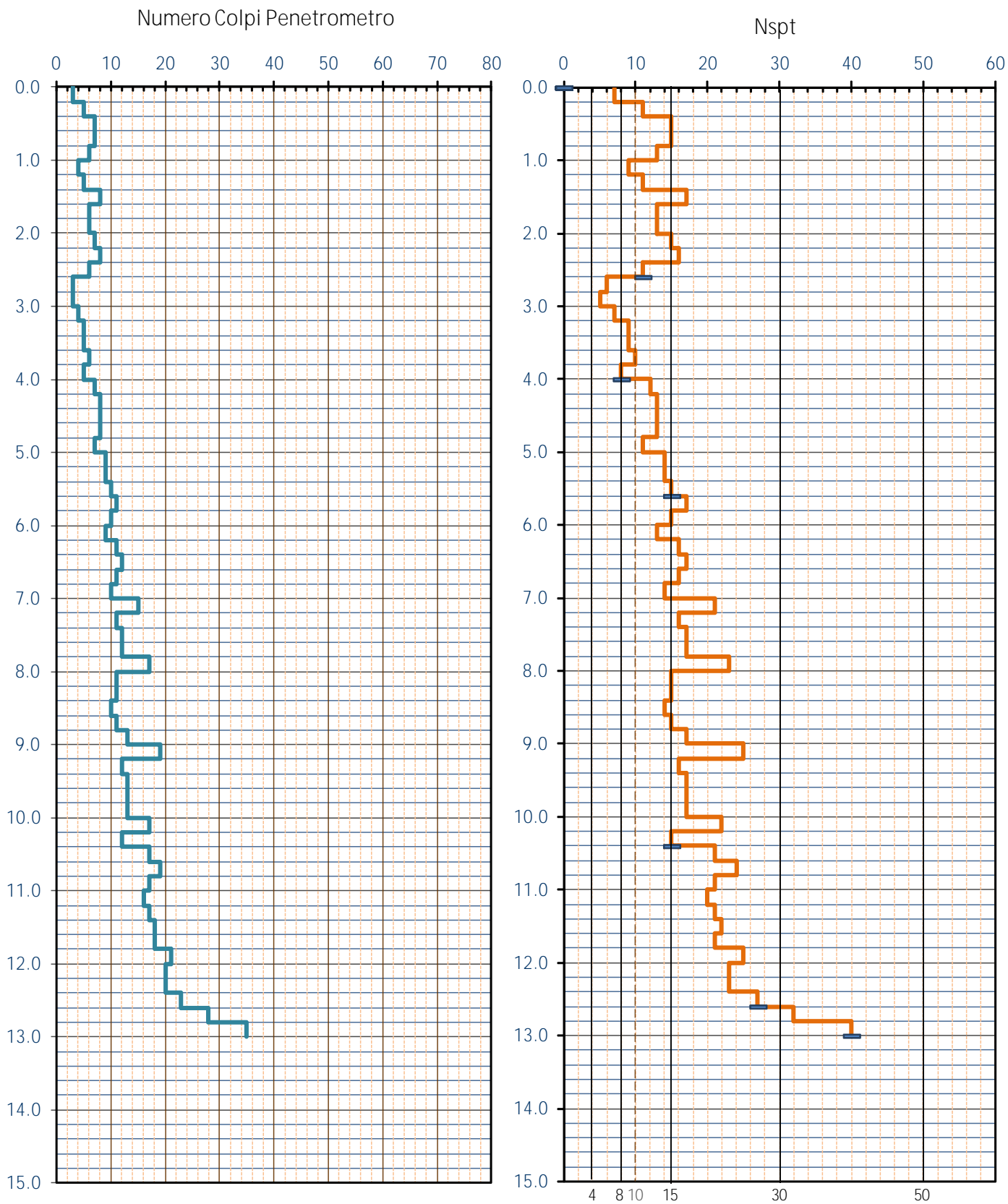




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_03

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v '	Asta	R _{pd}	Q _{a3}
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	4	8.7	26.4	6179	34	64	5222	111	1.8	1	2979	135
0.40	5	10.9	27.8	7724	60	81	6527	140	5.5	1	3724	169
0.60	5	10.9	27.8	7724	77	81	6527	141	9.2	1	3724	169
0.80	5	10.9	27.8	7724	95	81	6527	142	12.9	1	3724	169
1.00	4	8.7	26.4	6179	95	64	5222	116	16.6	2	2762	126
1.20	4	8.7	26.4	6179	110	64	5222	117	20.3	2	2762	126
1.40	2	4.4	23.1	3090	84	32	2611	63	23.9	2	1381	63
1.60	2	4.4	23.1	3090	94	32	2611	64	27.4	2	1381	63
1.80	2	4.4	23.1	3090	104	32	2611	65	30.9	2	1381	63
2.00	2	4.4	23.1	3090	115	32	2611	67	34.4	3	1287	58
2.20	2	4.1	22.9	2946	122	31	2489	65	38.0	3	1287	58
2.40	3	6.0	24.5	4231	158	44	3575	89	41.5	3	1930	88
2.60	4	7.6	25.7	5420	196	56	4580	112	45.2	3	2574	117
2.80	4	7.4	25.5	5223	205	54	4413	110	48.8	3	2574	117
3.00	4	7.2	25.4	5077	216	53	4291	108	52.5	4	2410	110
3.20	4	7.0	25.3	5000	227	52	4225	108	56.1	4	2410	110
3.40	5	8.7	26.4	6159	273	64	5205	130	59.8	4	3012	137
3.60	7	12.0	28.4	8503	364	89	7185	173	63.6	4	4217	192
3.80	7	11.8	28.3	8389	379	87	7089	172	67.3	4	4217	192
4.00	5	8.3	26.2	5915	312	62	4999	129	71.1	5	2832	129
4.20	6	9.9	27.2	7010	365	73	5924	150	74.8	5	3398	154
4.40	6	9.8	27.1	6927	379	72	5854	150	78.5	5	3398	154
4.60	6	9.6	27.0	6847	393	71	5786	150	82.3	5	3398	154
4.80	5	7.9	25.9	5642	361	59	4768	129	86.0	5	2832	129
5.00	5	7.9	25.9	5581	373	58	4717	130	89.7	6	2672	121
5.20	7	10.9	27.8	7732	481	81	6534	169	93.4	6	3740	170
5.40	7	10.8	27.7	7654	496	80	6468	169	97.2	6	3740	170
5.60	8	12.2	28.5	8662	564	90	7320	188	101.0	6	4274	194
5.80	6	9.1	26.7	6434	472	67	5437	150	104.8	6	3206	146
6.00	7	10.5	27.5	7437	538	78	6285	169	108.5	7	3540	161
6.20	9	13.3	29.1	9475	669	99	8007	207	112.3	7	4551	207
6.40	9	13.2	29.1	9392	685	98	7937	206	116.2	7	4551	207
6.60	35	51.0	42.7	36210	4315	377	30600	687	120.1	7	17700	805

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero corrispondente ai colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazioni)	
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Q _{a1} = [(h · γ' · N _q) + (½ b · γ · N _γ)] / 3;	b = 1 m [kN/m ²] (Q _{a1} , Terzaghi nastriforme; N _q , N _γ Meyerhof)
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = 7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Q _{a2} = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m ²] (Q _{a2} , Terzaghi; Nc = 5.14)
R _{dp} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Q _{a3} = (R _{dp} / 15 ÷ 30); Q _a = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Q _{a3} , Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_03
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
1.2	4.5	9.8	27.1	6952	78	72	5875	128	11.1	3279	149
2.2	2.0	4.3	23.0	3061	104	32	2587	65	30.9	1343	61
3.2	3.8	7.0	25.3	4990	200	52	4217	105	48.8	2379	108
6.0	6.2	9.9	27.2	7064	411	74	5969	154	84.1	3463	157
6.4	9.0	13.3	29.1	9433	677	98	7972	207	114.2	4551	207
6.6	35.0	51.0	42.7	36210	4315	377	30600	687	120.1	17700	805

H = Profondità del letto dello strato elementare
 N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
 N_{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
 $\phi^{\circ} = N_{1,60} = (15 \cdot N_{1,60})^{1/2} + 15$ (Road Bridge Specificazion)
 Mo = 710 · N_{1,60} [Modulo Confinato] [kN/m²] (Farrent)
 Qa₁ = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · N_γ)] / 3 b=1 m [kN/m²] (Qa Terzaghi; Nq, N_γ Meyerhof)
 Cu = 7.4 · N_{1,60} [kN/m²] [Design Manual for Soil Mechanics]
 Ed = 600 · N_{1,60} [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)
 Qa₂ = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 [kN/m²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
 R_{pd} = M² · H / [A · e · (M + P)] [kN/m²] (Formula degli Olandesi)
 Qa₃ = (R_{pd} / 15 · 30); Qa = (R_{pd} / 22) [kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_03
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	Hm [media]	γ [kN/m ³]	σ _v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
1.2	4.5	9.8	0.6	18.4	11.1	73.0	9413	7780	0.9	15339	5875
2.2	2.0	4.3	1.7	17.6	30.9	43.4	12454	3872	0.1	7795	2587
3.2	3.8	7.0	2.7	18.2	48.8	51.1	24041	6123	0.2	12646	4217
6.0	6.2	9.9	4.6	18.7	84.1	53.4	49288	33654	>4	18502	5969
6.4	9.0	13.3	6.2	19.1	114.2	56.4	81272	43529	>4	24784	7972
6.6	35.0	51.0	6.5	20.7	120.1	100.0	517832	89249	>4	82398	30600

H = Profondità del letto dello strato elementare
 N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
 N_{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati
 Hm = Profondità al centro dello strato [m]
 γ = Peso di volume del terreno [kN/m³]
 σ_v = Pressione litostatica [kN/m²]
 $Dr = 21 \cdot [(10 \cdot N_{1,60}) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$ [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
 Ks = Qa - 120 - (Qa = carico ammissibile in KP) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m³] (Bowles, 1988)
 Es = Es = (105-35·Dr) · N_{1,60}; OCR > 4 Es = (525-350 · Dr) · N_{1,60} [Modulo Elastico secante] [kN/m²] (Jamiolkowski, 1988)
 OCR = (Cu / (σ_v · KK))^{1.25} [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
 Ed = 600 · N_{1,60} (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u , ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_03
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 10/09/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.2	4.5	10	6	27.1	0.7	26	22	72	8.8	65	46
2.2	2.0	4	5	23.0	0.1	22	18	32	0.7	29	20
3.2	3.8	7	5	25.3	0.5	24	20	52	4.7	47	33
6.0	6.2	10	14	27.2	0.9	27	22	74	10.9	68	49
6.4	9.0	13	2	29.1	0.0	27	23	98	0.6	82	59
6.6	35.0	51	1	42.7		39	33	377		319	228

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (C_u , ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_03
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 10/09/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.2	4.5	10	6	27.1	0.7	26	26	72	8.8	59	59
2.2	2.0	4	5	23.0	0.1	22	22	32	0.7	27	27
3.2	3.8	7	5	25.3	0.5	24	24	52	4.7	44	44
6.0	6.2	10	14	27.2	0.9	26	26	74	10.9	57	57
6.4	9.0	13	2	29.1	0.0	27	27	98	0.6	83	83
6.6	35.0	51	1	42.7		40	40	377		319	319

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_03

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA': VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 10/09/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

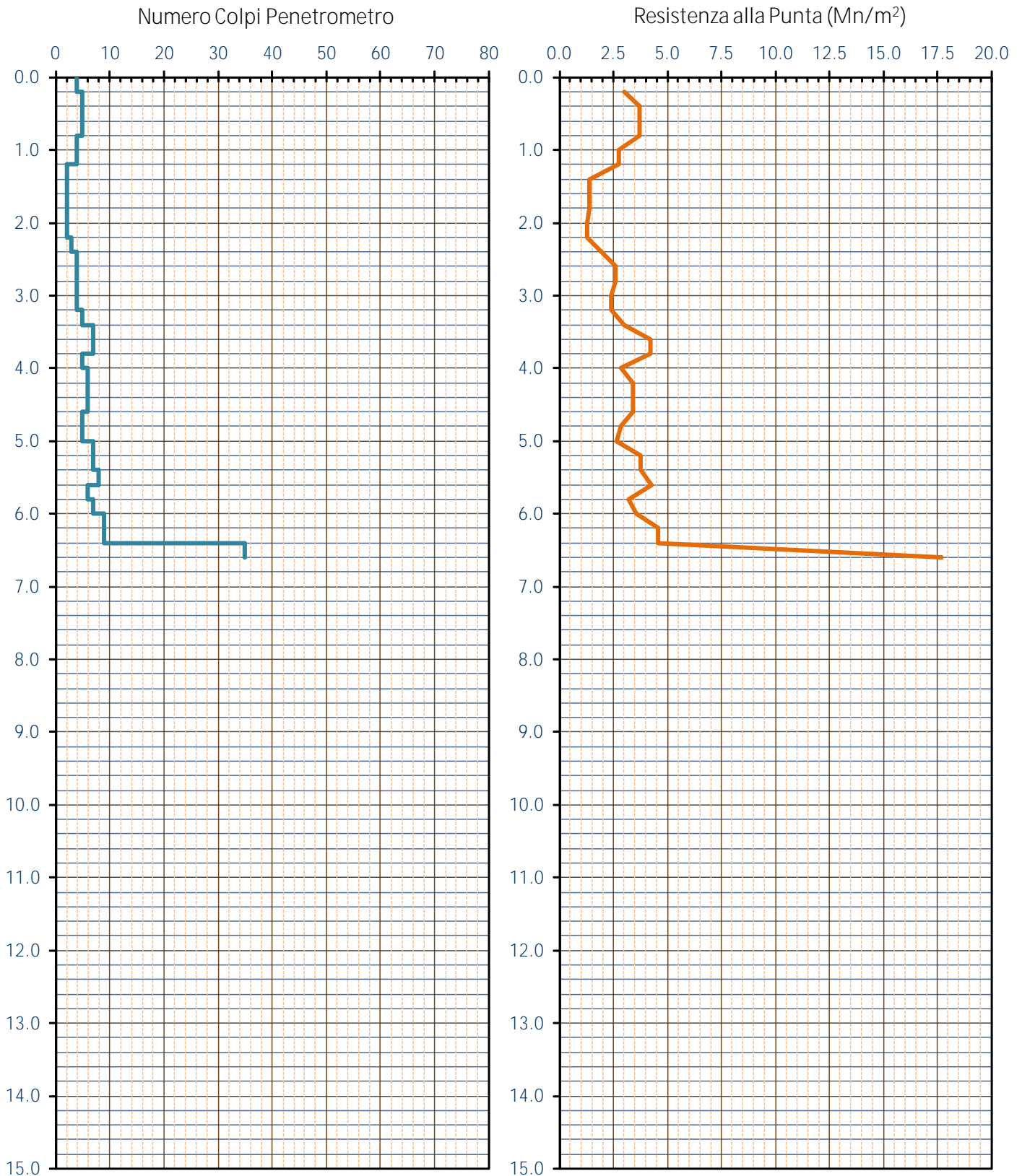




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_03

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 10/09/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

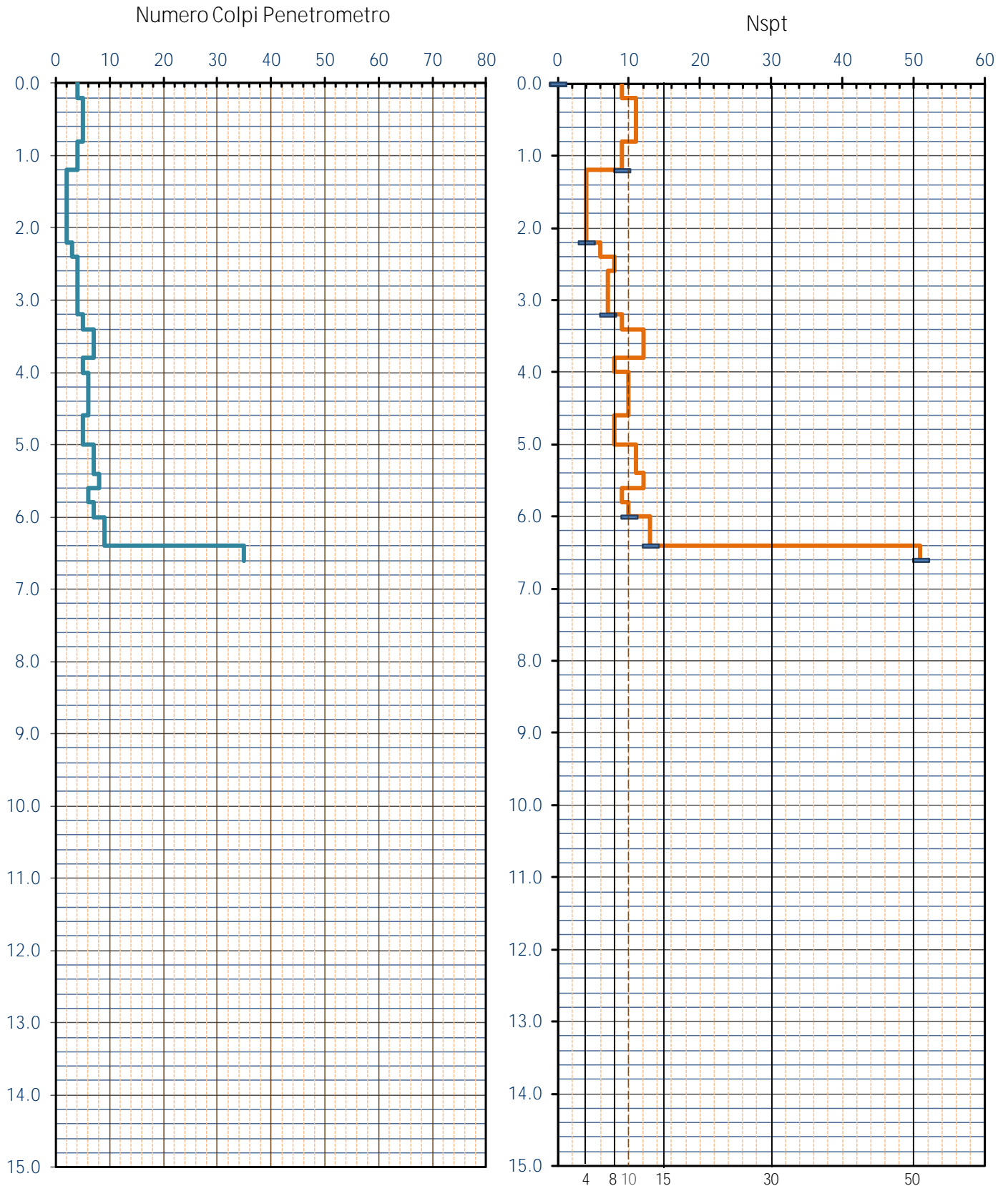




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_04

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Q _{a3} [kN/m ²]
			φ [°]	M _o [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	4	8.7	26.4	6179	34	64	5222	111	1.8	1	2979	135
0.40	5	10.9	27.8	7724	60	81	6527	140	5.5	1	3724	169
0.60	7	15.2	30.1	10814	108	113	9138	196	9.3	1	5214	237
0.80	9	19.6	32.1	13904	174	145	11749	253	13.1	1	6704	305
1.00	6	13.1	29.0	9269	133	97	7833	171	16.8	2	4143	188
1.20	3	6.5	24.9	4635	92	48	3916	90	20.5	2	2071	94
1.40	2	4.4	23.1	3090	84	32	2611	63	24.1	2	1381	63
1.60	3	6.5	24.9	4635	117	48	3916	92	27.6	2	2071	94
1.80	5	10.9	27.8	7724	183	81	6527	148	31.3	2	3452	157
2.00	2	4.4	23.1	3090	116	32	2611	67	34.9	3	1287	58
2.20	3	6.2	24.7	4419	151	46	3734	92	38.5	3	1930	88
2.40	4	7.9	25.9	5641	189	59	4767	115	42.1	3	2574	117
2.60	4	7.6	25.7	5420	198	56	4580	112	45.8	3	2574	117
2.80	5	9.2	26.7	6528	240	68	5517	133	49.4	3	3217	146
3.00	5	8.9	26.6	6346	251	66	5363	131	53.1	4	3012	137
3.20	3	5.3	23.9	3750	197	39	3169	86	56.8	4	1807	82
3.40	5	8.7	26.4	6159	276	64	5205	130	60.5	4	3012	137
3.60	5	8.6	26.3	6073	289	63	5132	130	64.2	4	3012	137
3.80	6	10.1	27.3	7191	340	75	6077	151	67.9	4	3615	164
4.00	5	8.3	26.2	5915	314	62	4999	129	71.6	5	2832	129
4.20	12	19.7	32.2	14021	671	146	11849	276	75.4	5	6796	309
4.40	7	11.4	28.1	8081	427	84	6829	171	79.2	5	3964	180
4.60	7	11.3	28.0	7988	442	83	6751	170	83.0	5	3964	180
4.80	10	15.9	30.4	11285	614	118	9536	230	86.8	5	5663	257
5.00	8	12.6	28.7	8930	522	93	7547	190	90.6	6	4274	194
5.20	9	14.0	29.5	9942	593	104	8401	209	94.5	6	4809	219
5.40	8	12.3	28.6	8748	554	91	7392	189	98.3	6	4274	194
5.60	11	16.8	30.9	11910	749	124	10064	247	102.1	6	5877	267
5.80	11	16.6	30.8	11796	769	123	9968	246	106.0	6	5877	267
6.00	9	13.5	29.2	9562	660	100	8080	207	109.8	7	4551	207
6.20	10	14.8	29.9	10528	740	110	8897	226	113.7	7	5057	230
6.40	11	16.2	30.6	11479	825	120	9700	244	117.5	7	5563	253
6.60	12	17.5	31.2	12415	916	129	10491	262	121.4	7	6069	276
6.80	10	14.4	29.7	10259	792	107	8670	225	125.3	7	5057	230
7.00	18	25.8	34.7	18315	1492	191	15478	370	129.2	8	8641	393
7.20	35	49.8	42.3	35329	4485	368	29856	675	133.2	8	16801	764

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero corrispondente ai colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
M _o = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Q _{a1} = [(h · γ' · N _q) + (½ b · γ' · N _γ)] / 3; b = 1 m	[kN/m ²] (Q _{a1} , Terzaghi nastriforme; N _q , N _γ Meyerhof)
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = 7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Q _{a2} = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m ²] (Q _{a2} , Terzaghi; Nc = 5.14)
R _{dp} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formola degli Olandesi)
Q _{a3} = (R _{dp} / 15) ± 30; Q _a = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Q _{a3} , Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_04
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ	Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2	σ _v	R _{pd}	Qa3
			[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
1.2	5.7	12.3	28.4	8754	100	91	7398	160	11.2	4139	188
1.4	2.0	4.4	23.1	3090	84	32	2611	63	24.1	1381	63
1.8	4.0	8.7	26.3	6179	150	64	5222	120	29.5	2762	126
2.0	2.0	4.4	23.1	3090	116	32	2611	67	34.9	1287	58
3.0	4.2	8.0	25.9	5671	206	59	4792	117	45.8	2661	121
3.2	3.0	5.3	23.9	3750	197	39	3169	86	56.8	1807	82
4.0	5.3	8.9	26.6	6335	305	66	5353	135	66.0	3118	142
4.2	12.0	19.7	32.2	14021	671	146	11849	276	75.4	6796	309
5.4	8.2	12.9	28.9	9162	525	95	7743	193	88.7	4492	204
6.8	10.6	15.7	30.3	11135	779	116	9410	237	113.7	5436	247
7.2	26.5	37.8	38.5	26822	2989	280	22667	523	131.2	12721	578

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Ny Meyerhof)
Cu = 7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R _{pd} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (R _{pd} / 15) · 30; Qa = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_04
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 10/09/2015					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	Hm	γ	σ _v	Dr	Ks	Es	OCR	Ks	Ed
			[media]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[%]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ³]	[kN/m ²]
1.2	5.7	12.3	0.6	18.6	11.2	81.8	12017	9414	1.2	19205	7398
1.4	2.0	4.4	1.3	17.6	24.1	45.2	10130	3881	0.2	7584	2611
1.8	4.0	8.7	1.6	18.3	29.5	62.1	18004	7246	0.3	14420	5222
2.0	2.0	4.4	1.9	17.6	34.9	42.8	13913	3918	0.1	8017	2611
3.0	4.2	8.0	2.5	18.3	45.8	55.2	24683	6845	0.3	13983	4792
3.2	3.0	5.3	3.1	18.0	56.8	42.9	23616	4754	0.2	10308	3169
4.0	5.3	8.9	3.6	18.6	66.0	53.8	36562	7689	0.6	16215	5353
4.2	12.0	19.7	4.1	19.4	75.4	77.4	80514	50185	>4	33061	11849
5.4	8.2	12.9	4.8	19.0	88.7	59.9	63038	40705	>4	23183	7743
6.8	10.6	15.7	6.1	19.3	113.7	61.4	93443	48655	>4	28409	9410
7.2	26.5	37.8	7.0	20.3	131.2	91.0	358637	78020	>4	62726	22667

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m ³]
σ _v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = 21 · [(10 · N _{1,60}) / (σ _v + 7)] ^{0.5}	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KP)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · N _{1,60} ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · N _{1,60}	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σ _v · KK)) ^{1.25}	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · N _{1,60} (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_04
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 10/09/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.2	5.7	12	6	28.4	2.6	26	21	91	34.8	60	43
1.4	2.0	4	1	23.1		21	17	32		27	19
1.8	4.0	9	2	26.3	2.0	25	20	64	22.8	54	39
2.0	2.0	4	1	23.1		21	17	32		27	19
3.0	4.2	8	5	25.9	0.8	25	20	59	8.8	53	38
3.2	3.0	5	1	23.9		22	18	39		33	24
4.0	5.3	9	4	26.6	0.5	25	21	66	6.0	58	42
4.2	12.0	20	1	32.2		30	24	146		123	88
5.4	8.2	13	6	28.9	0.9	28	23	95	13.1	84	60
6.8	10.6	16	7	30.3	0.7	30	25	116	10.8	108	77
7.2	26.5	38	2	38.5	5.4	36	30	280	125.4	235	168

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_04
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 10/09/2015							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.2	5.7	12	6	28.4	2.6	24	24	91	34.8	47	47
1.4	2.0	4	1	23.1		22	22	32		27	27
1.8	4.0	9	2	26.3	2.0	25	25	64	22.8	54	54
2.0	2.0	4	1	23.1		22	22	32		27	27
3.0	4.2	8	5	25.9	0.8	24	24	59	8.8	50	50
3.2	3.0	5	1	23.9		22	22	39		33	33
4.0	5.3	9	4	26.6	0.5	25	25	66	6.0	56	56
4.2	12.0	20	1	32.2		30	30	146		123	123
5.4	8.2	13	6	28.9	0.9	27	27	95	13.1	76	76
6.8	10.6	16	7	30.3	0.7	29	29	116	10.8	99	99
7.2	26.5	38	2	38.5	5.4	36	36	280	125.4	236	236

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]
 C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
 C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
 C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_04

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA': VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 10/09/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

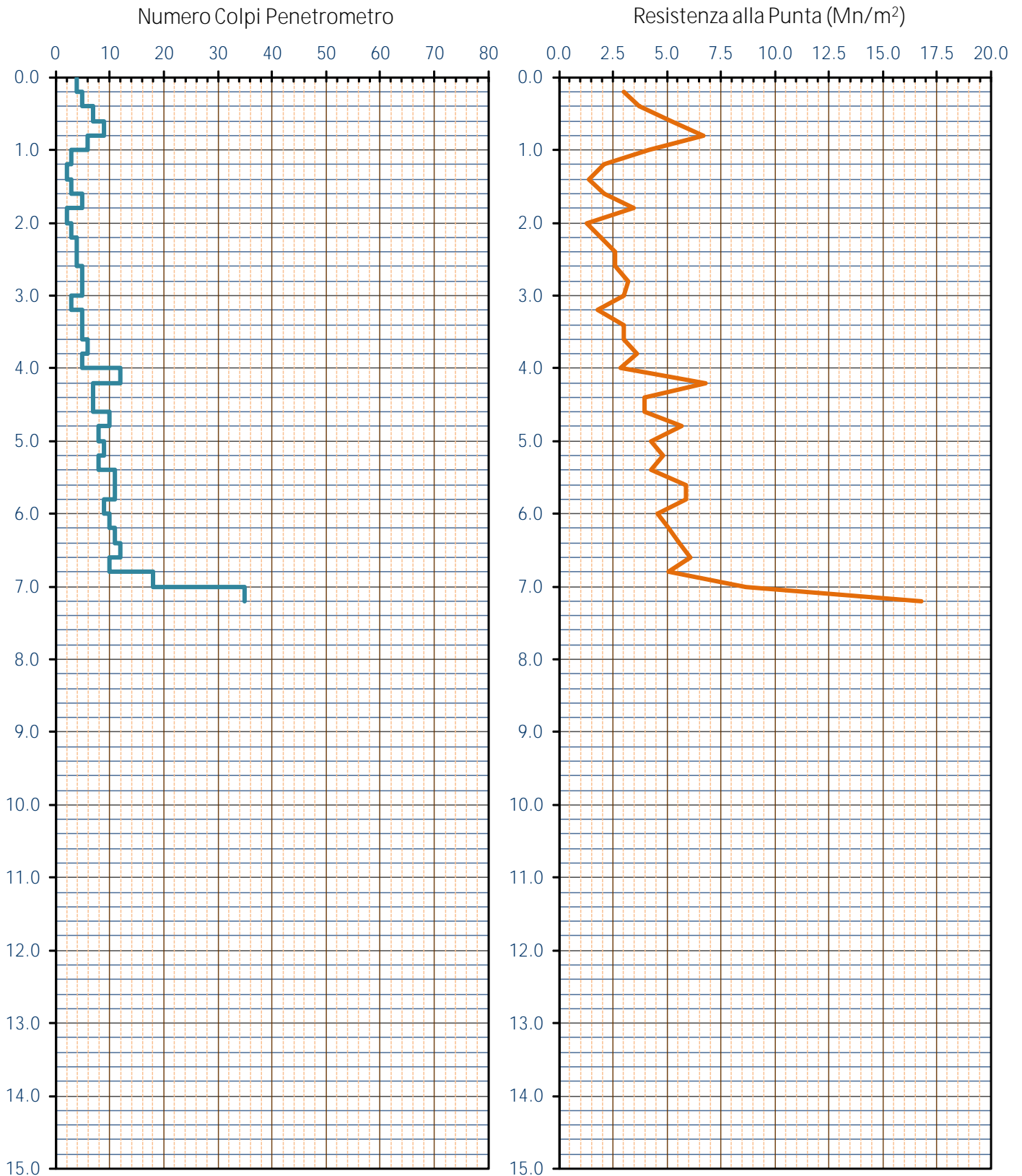




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_04

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA
COMUNE: PAVULLO	DATA: 10/09/2015
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

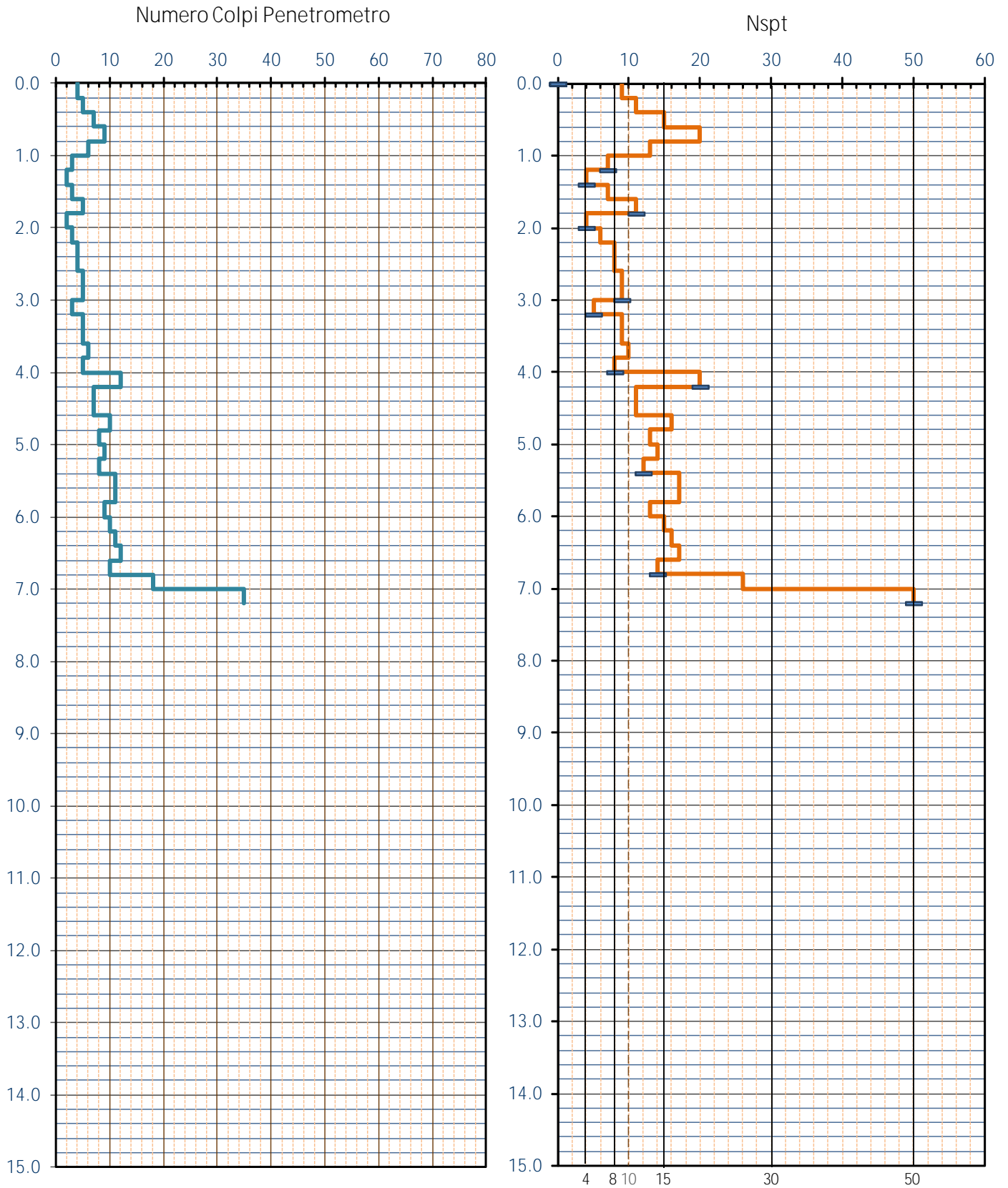




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_05

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Q _{a3} [kN/m ²]
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	3	6.5	24.9	4635	26	48	3916	83	1.8	1	2235	102
0.40	5	10.9	27.8	7724	59	81	6527	140	5.5	1	3724	169
0.60	5	10.9	27.8	7724	77	81	6527	141	9.2	1	3724	169
0.80	4	8.7	26.4	6179	79	64	5222	115	12.8	1	2979	135
1.00	4	8.7	26.4	6179	94	64	5222	116	16.5	2	2762	126
1.20	6	13.1	29.0	9269	152	97	7833	172	20.2	2	4143	188
1.40	4	8.7	26.4	6179	125	64	5222	118	23.9	2	2762	126
1.60	4	8.7	26.4	6179	140	64	5222	120	27.6	2	2762	126
1.80	4	8.7	26.4	6179	155	64	5222	121	31.2	2	2762	126
2.00	3	6.5	24.9	4635	142	48	3916	94	34.9	3	1930	88
2.20	4	8.3	26.2	5892	180	61	4979	118	38.5	3	2574	117
2.40	5	9.9	27.2	7051	220	73	5959	140	42.2	3	3217	146
2.60	5	9.5	27.0	6775	230	71	5725	136	45.9	3	3217	146
2.80	5	9.2	26.7	6528	240	68	5517	133	49.6	3	3217	146
3.00	5	8.9	26.6	6346	251	66	5363	131	53.3	4	3012	137
3.20	6	10.6	27.6	7500	300	78	6338	153	57.0	4	3615	164
3.40	5	8.7	26.4	6159	277	64	5205	130	60.7	4	3012	137
3.60	5	8.6	26.3	6073	290	63	5132	130	64.4	4	3012	137
3.80	7	11.8	28.3	8389	383	87	7089	173	68.2	4	4217	192
4.00	15	25.0	34.4	17746	848	185	14996	341	72.0	5	8495	386
4.20	19	31.3	36.7	22200	1206	231	18760	422	76.0	5	10760	489
4.40	23	37.4	38.7	26553	1674	277	22439	501	80.0	5	13026	592
4.60	30	48.2	41.9	34235	2820	357	28931	639	84.1	5	16990	772
4.80	50	79.5	45.0	56423	4889	588	47681	1037	88.2	5	28316	1287

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero corrispondente ai colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Q _{a1} = [(h · γ · N _q) + (½ b · γ · N _y)] / 3;	b=1 m [kN/m ²] (Q _{a1} , Terzaghi; N _q , N _y Meyerhof)
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Cu = 7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Q _{a2} = [(h · γ) + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m ²] (Q _{a2} , Terzaghi; Nc=5.14)
R _{dp} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Q _{a3} = (R _{dp} / 15 ÷ 30); Q _a = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Q _{a3} , Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_05
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	R _{pd} [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
1.8	4.3	9.4	26.8	6694	101	70	5657	125	16.5	3095	141
2.2	3.5	7.4	25.5	5263	161	55	4448	106	36.7	2252	102
3.8	5.4	9.7	27.0	6853	274	71	5791	141	55.2	3315	151
4.4	19.0	31.2	36.6	22166	1243	231	18732	421	76.0	10760	489
4.8	40.0	63.8	43.4	45329	3854	472	38306	838	86.1	22653	1030

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
φ ^o = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Qa ₁ = [(h · γ' · N _q) + (½ · b · γ · N _γ)] / 3	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; N _q , N _γ Meyerhof)
Cu = 7.4 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Design Manual for Soil Mechanics]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa ₂ = [(h · γ') + (Cu · N _c)] / 3	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; N _c =5.14)
R _{pd} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa ₃ = (R _{pd} / 15 · 30); Qa = (R _{pd} / 22)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_05
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	H _m [media]	γ [kN/m ³]	σ _v [kN/m ²]	Dr [%]	K _s [kN/m ³]	E _s [kN/m ²]	OCR -	K _s [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
1.8	4.3	9.4	0.9	18.4	16.5	69.3	12117	7612	0.6	15006	5657
2.2	3.5	7.4	2.0	18.2	36.7	55.4	19325	6347	0.2	12745	4448
3.8	5.4	9.7	3.0	18.6	55.2	58.3	32863	8164	0.4	16891	5791
4.4	19.0	31.2	4.1	20.0	76.0	97.1	149116	57796	>4	50539	18732
4.8	40.0	63.8	4.6	20.8	86.1	100.0	462532	111726	>4	100580	38306

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
H _m = Profondità al centro dello strato	[m]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m ³]
σ _v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = 21 · [(10 · N _{1,60}) / (σ _v + 7)] ^{0.5}	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
K _s = Qa - 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
E _s = Es = (105 · 35 · Dr) · N _{1,60} ; OCR > 4 Es = (525 · 350 · Dr) · N _{1,60}	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σ _v · KK)) ^{1.25}	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · N _{1,60} (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_05
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 26/09/2022							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.8	4.3	9	9	26.8	1.2	26	21	70	13.9	61	43
2.2	3.5	7	2	25.5	0.9	24	20	55	9.3	46	33
3.8	5.4	10	8	27.0	0.7	27	22	71	8.1	66	47
4.4	19.0	31	3	36.6	2.2	35	29	231	45.9	200	143
4.8	40.0	64	2	43.4	2.2	41	35	472	163.5	396	283

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_05
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 26/09/2022							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
1.8	4.3	9	9	26.8	1.2	25	25	70	13.9	49	49
2.2	3.5	7	2	25.5	0.9	24	24	55	9.3	46	46
3.8	5.4	10	8	27.0	0.7	26	26	71	8.1	59	59
4.4	19.0	31	3	36.6	2.2	34	34	231	45.9	195	195
4.8	40.0	64	2	43.4	2.2	41	41	472	163.5	399	399

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]

C_{um} = Dato medio della coesione non drenata

C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_05

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI
COMUNE: PAVULLO	DATA: 26/09/2022
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

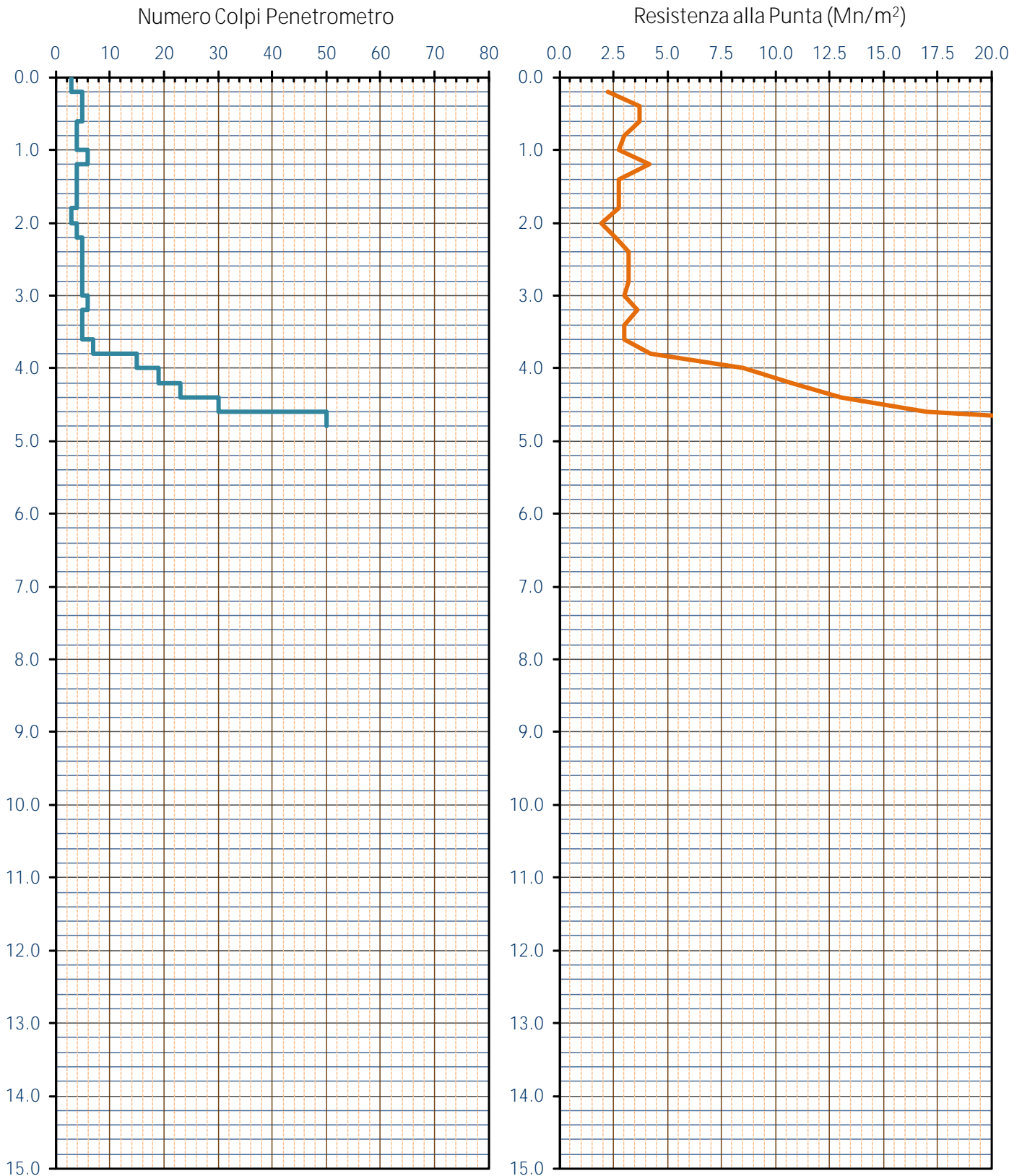




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_05

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA - VIA MAMELI
COMUNE: PAVULLO	DATA: 26/09/2022
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

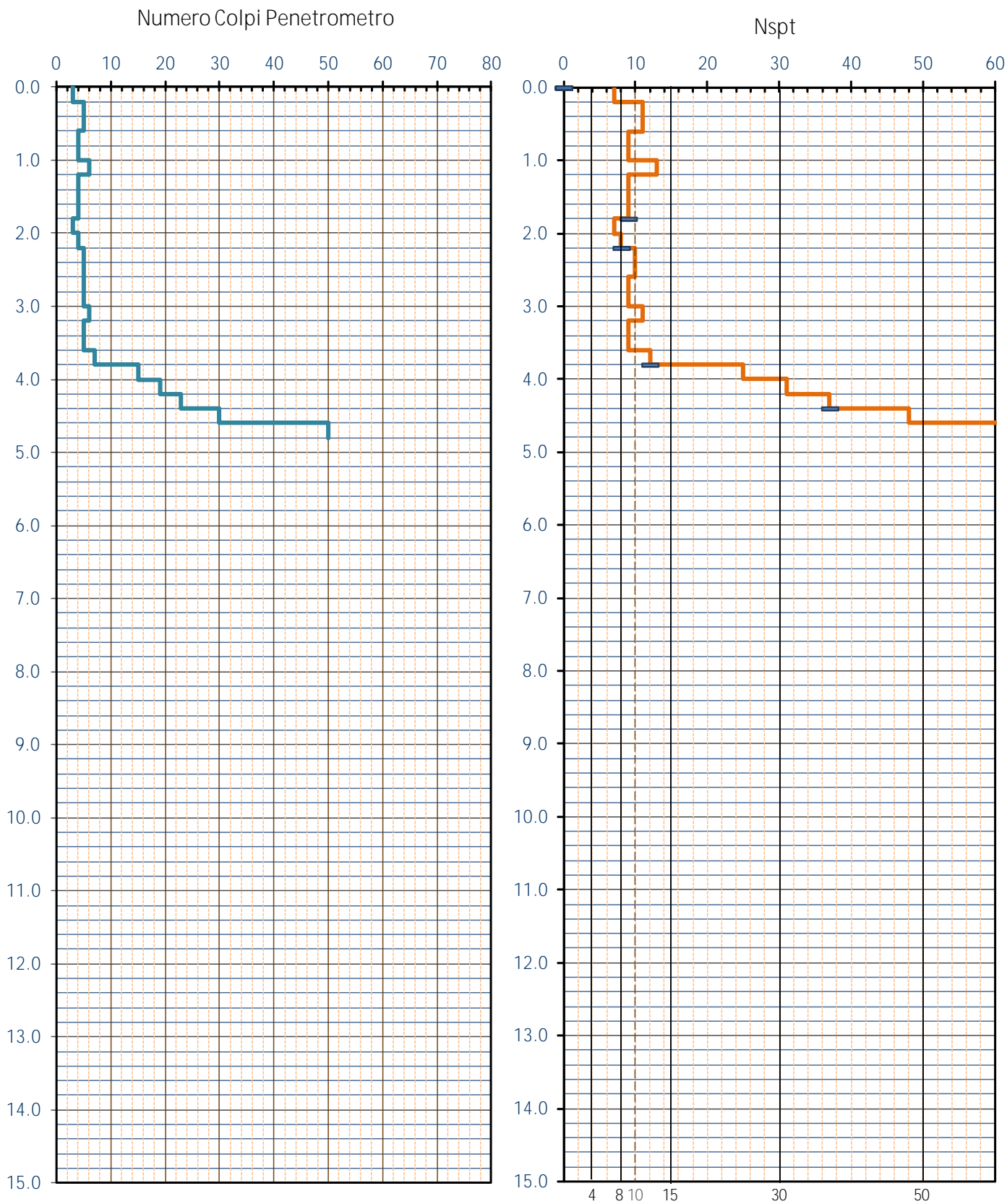




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH_06

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022						
NOME FILE:						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			σ _v [kN/m ²]	Asta	R _{pd} [kN/m ²]	Q _{a3} [kN/m ²]
			φ [°]	Mo [kN/m ²]	Q _{a1} [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Q _{a2} [kN/m ²]				
0.20	1	2.2	20.7	1545	13	15	1305	26	1.7	1	745	30
0.40	1	2.2	20.7	1545	21	15	1305	27	5.1	1	745	30
0.60	4	8.7	26.4	6179	62	58	5222	103	8.6	1	2979	119
0.80	7	15.2	30.1	10814	127	102	9138	179	12.3	1	5214	209
1.00	5	10.9	27.8	7724	110	73	6527	130	16.1	2	3452	138
1.20	6	13.1	29.0	9269	150	87	7833	156	19.8	2	4143	166
1.40	6	13.1	29.0	9269	170	87	7833	158	23.5	2	4143	166
1.60	6	13.1	29.0	9269	191	87	7833	159	27.3	2	4143	166
1.80	6	13.1	29.0	9269	211	87	7833	160	31.0	2	4143	166
2.00	5	10.9	27.8	7724	200	73	6527	136	34.8	3	3217	129
2.20	4	8.3	26.2	5892	179	56	4979	108	38.4	3	2574	103
2.40	4	7.9	25.9	5641	189	53	4767	105	42.1	3	2574	103
2.60	4	7.6	25.7	5420	198	51	4580	103	45.8	3	2574	103
2.80	4	7.4	25.5	5223	208	49	4413	101	49.4	3	2574	103
3.00	4	7.2	25.4	5077	218	48	4291	100	53.1	4	2410	96
3.20	5	8.8	26.5	6250	263	59	5282	120	56.8	4	3012	120
3.40	5	8.7	26.4	6159	276	58	5205	120	60.5	4	3012	120
3.60	4	6.8	25.1	4859	252	46	4106	100	64.1	4	2410	96
3.80	5	8.4	26.3	5992	301	57	5064	119	67.8	4	3012	120
4.00	6	10.0	27.2	7098	354	67	5999	139	71.5	5	3398	136
4.20	5	8.2	26.1	5842	326	55	4937	120	75.3	5	2832	113
4.40	4	6.5	24.9	4618	297	44	3902	101	79.0	5	2265	91
4.60	5	8.0	26.0	5706	350	54	4822	120	82.6	5	2832	113
4.80	7	11.1	27.9	7899	455	75	6675	157	86.4	5	3964	159
5.00	5	7.9	25.9	5581	375	53	4717	120	90.1	6	2672	107
5.20	8	12.4	28.7	8837	535	83	7468	174	93.9	6	4274	171
5.40	10	15.4	30.2	10934	665	103	9240	209	97.7	6	5343	214
5.60	10	15.2	30.1	10827	683	102	9150	209	101.5	6	5343	214
5.80	11	16.6	30.8	11796	765	111	9968	226	105.4	6	5877	235
6.00	10	15.0	30.0	10624	719	100	8978	208	109.3	7	5057	202
6.20	8	11.9	28.3	8422	613	79	7117	174	113.1	7	4046	162
6.40	8	11.8	28.3	8348	629	79	7055	174	116.9	7	4046	162
6.60	10	14.6	29.8	10346	771	98	8743	208	120.7	7	5057	202
6.80	9	13.0	29.0	9233	722	87	7803	191	124.6	7	4551	182
7.00	12	17.2	31.1	12210	950	115	10319	240	128.4	8	5760	230
7.20	12	17.1	31.0	12113	969	114	10236	240	132.3	8	5760	230
7.40	13	18.3	31.6	13020	1069	123	11003	256	136.2	8	6240	250
7.60	10	14.0	29.5	9939	857	94	8399	207	140.1	8	4800	192
7.80	10	13.9	29.4	9865	874	93	8337	207	143.9	8	4800	192
8.00	14	19.3	32.0	13710	1216	129	11586	271	147.8	9	6396	256
8.20	15	20.5	32.6	14585	1331	138	12325	286	151.7	9	6852	274
8.40	17	23.1	33.6	16414	1555	155	13871	317	155.7	9	7766	311
8.60	12	16.2	30.6	11507	1103	109	9724	239	159.6	9	5482	219
8.80	8	10.7	27.7	7620	809	72	6439	178	163.5	9	3655	146
9.00	10	13.3	29.1	9462	974	89	7996	209	167.3	10	4358	174
9.20	9	11.9	28.4	8461	912	80	7150	194	171.1	10	3922	157
9.40	10	13.2	29.0	9341	1007	88	7894	209	175.0	10	4358	174
9.60	11	14.4	29.7	10211	1106	96	8629	225	178.8	10	4793	192
9.80	14	18.2	31.5	12916	1400	122	10915	270	182.7	10	6101	244
10.00	12	15.6	30.3	11054	1235	104	9341	241	186.6	11	4999	200
10.20	12	15.4	30.2	10945	1249	103	9249	240	190.5	11	4999	200
10.40	13	16.5	30.8	11743	1357	111	9923	255	194.4	11	5415	217
10.60	13	16.4	30.7	11631	1371	110	9829	254	198.3	11	5415	217
10.80	11	13.7	29.4	9750	1198	92	8240	225	202.2	11	4582	183
11.00	12	14.8	29.9	10540	1303	99	8907	239	206.1	12	4788	192
11.20	12	14.7	29.9	10445	1316	99	8827	239	210.0	12	4788	192
11.40	13	15.8	30.4	11216	1426	106	9478	253	213.9	12	5187	207
11.60	16	19.3	32.0	13684	1755	129	11564	294	217.8	12	6384	255
11.80	17	20.3	32.5	14416	1885	136	12183	307	221.8	12	6782	271
12.00	16	18.9	31.9	13454	1786	127	11370	293	225.7	13	6125	245
12.20	18	21.1	32.8	15012	2036	142	12686	319	229.7	13	6891	276
12.40	17	19.8	32.2	14063	1931	133	11884	305	233.7	13	6508	260
12.60	16	18.5	31.7	13130	1831	124	11096	291	237.6	13	6125	245
12.80	15	17.2	31.1	12213	1734	115	10321	278	241.6	13	5742	230
13.00	20	22.8	33.5	16158	2355	152	13655	343	245.5	14	7358	294
13.20	18	20.3	32.5	14432	2114	136	12196	317	249.5	14	6622	265
13.40	18	20.2	32.4	14324	2130	135	12105	316	253.5	14	6622	265
13.60	44	49.0	42.1	34755	7929	328	29371	648	257.6	14	16188	648



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH_06
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]	[media]	[media]	φ	Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2	σ _v	R _{pd}	Qa3
			[°]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0.4	1.0	2.2	20.7	1545	17	15	1305	26	3.4	745	30
2.0	5.6	12.2	28.5	8690	153	82	7343	148	21.7	3929	157
3.0	4.0	7.7	25.7	5450	198	51	4606	103	45.8	2541	102
5.0	5.1	8.5	26.2	6000	325	57	5071	121	73.4	2941	118
6.8	9.3	14.0	29.5	9930	678	94	8391	197	109.2	4844	194
8.6	12.8	17.7	31.3	12596	1103	119	10644	252	144.0	5984	239
9.6	9.6	12.7	28.8	9019	962	85	7622	203	171.1	4217	169
11.4	12.4	15.7	30.3	11138	1317	105	9412	246	198.3	5141	206
12.8	16.4	19.3	32.0	13710	1851	129	11586	298	229.7	6365	255
13.4	18.7	21.1	32.8	14971	2200	141	12652	325	249.5	6868	275
13.6	44.0	49.0	42.1	34755	7929	328	29371	648	257.6	16188	648

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
φ° = N _{1,60} = (15 · N _{1,60}) ^{1/2} + 15 (Road Bridge Specificazion)	
Mo = 710 · N _{1,60} [Modulo Confinato]	[kN/m ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Ny Meyerhof)
Cu = 6.7 · N _{1,60}	[kN/m ²] [Terzaghi]
Ed = 600 · N _{1,60} [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R _{pd} = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (R _{pd} / 15 ± 30); Qa = (R _{pd} / 25)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH_06
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: GAUDENZI						LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 26/09/2022					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H	N	N _{1,60}	Natura granulare			Natura Coesiva					
[m]	[media]	[media]	Hm	γ	σ _v	Dr	Ks	Es	OCR	Ks	Ed
			[media]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[%]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	-	[kN/m ³]	[kN/m ²]
0.4	1.0	2.2	0.2	17.0	3.4	36.2	2040	2009	0.6	3133	1305
2.0	5.6	12.2	1.2	18.6	21.7	76.7	18304	9564	0.6	17727	7343
3.0	4.0	7.7	2.5	18.3	45.8	54.1	23808	6607	0.3	12405	4606
5.0	5.1	8.5	4.0	18.5	73.4	51.0	38990	7366	1.0	14578	5071
6.8	9.3	14.0	5.9	19.2	109.2	58.7	81342	44709	>4	23634	8391
8.6	12.8	17.7	7.7	19.5	144.0	60.5	132323	55593	>4	30197	10644
9.6	9.6	12.7	9.1	19.2	171.1	48.2	115400	11195	2.4	24343	7622
11.4	12.4	15.7	10.5	19.5	198.3	50.8	158053	13683	2.6	29541	9412
12.8	16.4	19.3	12.1	19.8	229.7	53.3	222155	16673	2.8	35788	11586
13.4	18.7	21.1	13.1	19.9	249.5	53.9	263956	18159	2.8	39028	12652
13.6	44.0	49.0	13.5	21.0	257.6	81.2	951465	117913	>4	77735	29371

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N _{1,60} = Numero dei colpi della prova SPT normalizzati	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m ³]
σ _v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = 21 · [(10 · N _{1,60}) / (σ _v + 7)] ^{0.5}	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KP)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · N _{1,60} ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · N _{1,60}	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σ _v · KK)) ^{1.25}	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · N _{1,60} (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_06
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 26/09/2022							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
0.4	1.0	2	2	20.7		20	16	15		12	9
2.0	5.6	12	8	28.5	1.1	28	23	82	13.4	72	52
3.0	4.0	8	5	25.7	0.3	25	20	51	3.1	46	33
5.0	5.1	8	10	26.2	0.9	26	21	57	9.1	51	36
6.8	9.3	14	9	29.5	0.9	29	24	94	11.8	86	61
8.6	12.8	18	9	31.3	1.4	30	25	119	20.0	106	75
9.6	9.6	13	5	28.8	0.8	28	23	85	9.4	76	54
11.4	12.4	16	9	30.3	0.6	30	25	105	8.6	99	71
12.8	16.4	19	7	32.0	0.6	32	26	129	8.6	123	88
13.4	18.7	21	3	32.8	0.6	31	26	141	9.7	122	87
13.6	44.0	49	1	42.1		39	33	328		277	198

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [$\gamma_\phi = 1.25$]
C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [$\gamma_{cu} = 1.4$]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH_06
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: GAUDENZI				LOCALITA': VERZANELLA - VIA MAMELI							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 26/09/2022							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	N _{1,60}	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C _{um} [kN/m ²]	dev stand	C _{uk} [kN/m ²]	C _{ud} [kN/m ²]
0.4	1.0	2	2	20.7		19	19	15		12	12
2.0	5.6	12	8	28.5	1.1	27	27	82	13.4	62	62
3.0	4.0	8	5	25.7	0.3	24	24	51	3.1	43	43
5.0	5.1	8	10	26.2	0.9	25	25	57	9.1	43	43
6.8	9.3	14	9	29.5	0.9	28	28	94	11.8	76	76
8.6	12.8	18	9	31.3	1.4	29	29	119	20.0	89	89
9.6	9.6	13	5	28.8	0.8	27	27	85	9.4	72	72
11.4	12.4	16	9	30.3	0.6	29	29	105	8.6	92	92
12.8	16.4	19	7	32.0	0.6	31	31	129	8.6	116	116
13.4	18.7	21	3	32.8	0.6	31	31	141	9.7	119	119
13.6	44.0	49	1	42.1		39	39	328		277	277

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
 ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
 ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
 ϕ_d = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [$\gamma_\phi = 1.0$]
C_{um} = Dato medio della coesione non drenata
C_{uk} = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
C_{ud} = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [$\gamma_{cu} = 1.0$]



GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_06

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA - VIA MAMELI
COMUNE: PAVULLO	DATA: 26/09/2022
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

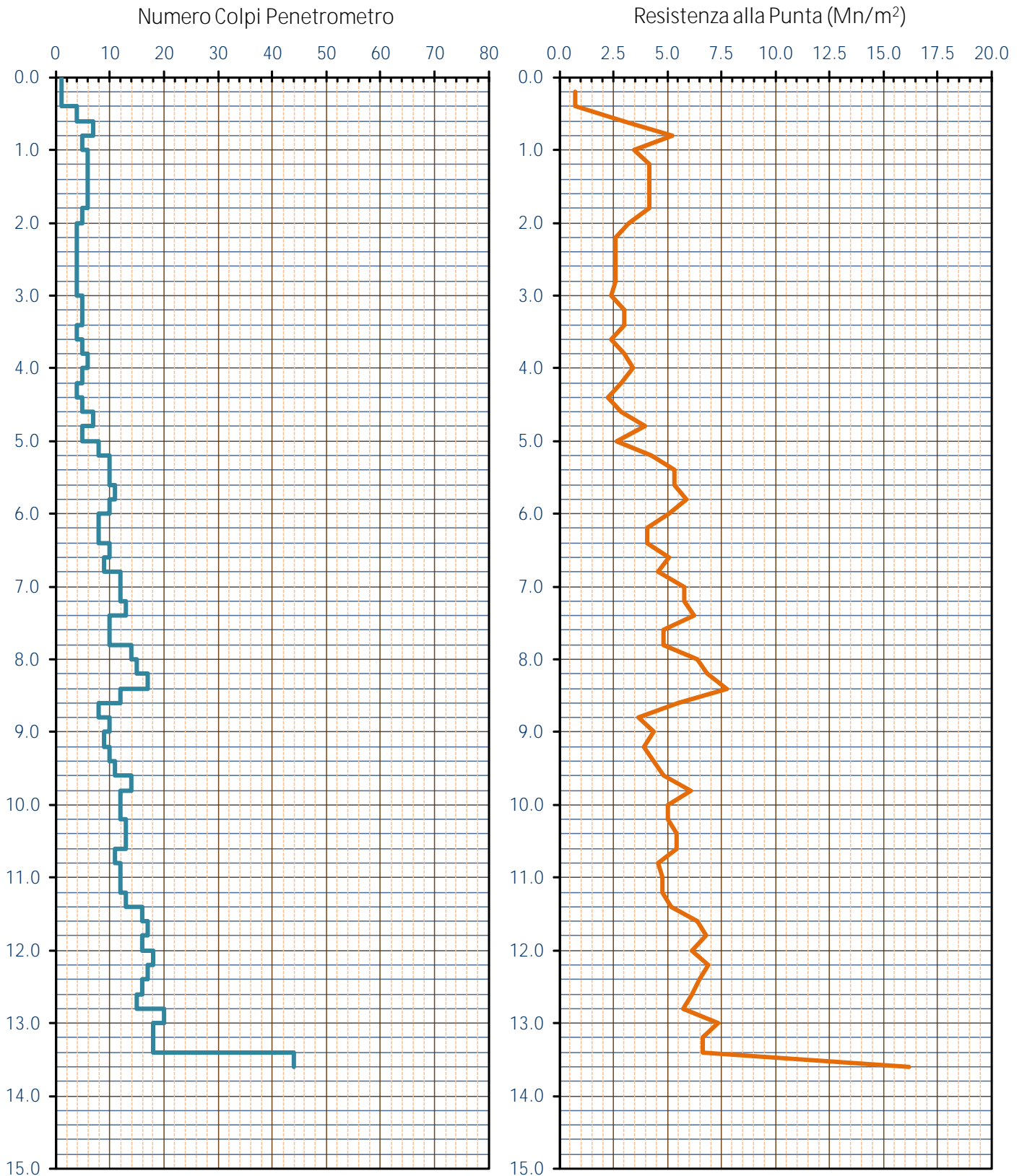
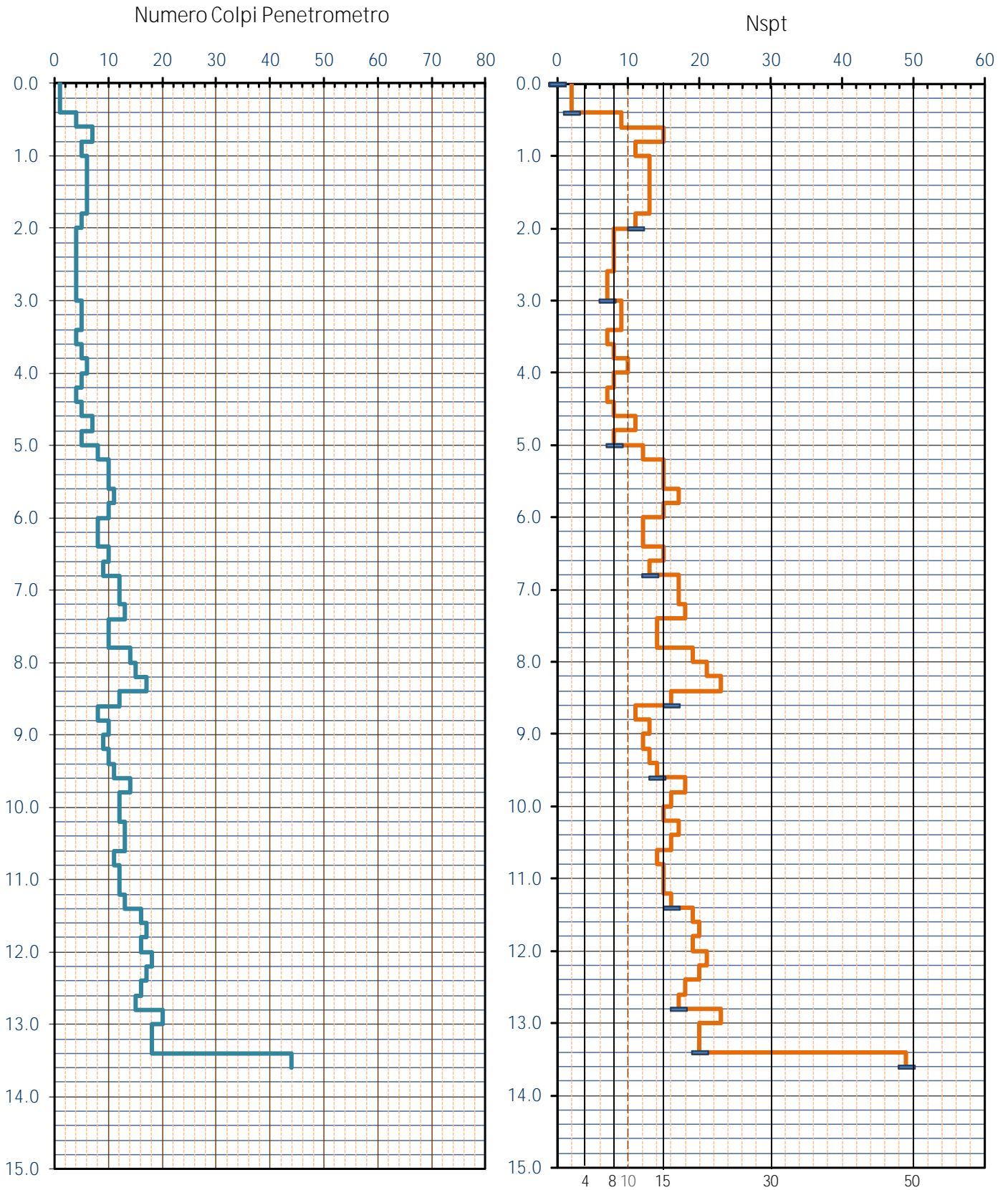




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH_06

COMMITTENTE: GAUDENZI	LOCALITA' : VERZANELLA - VIA MAMELI
COMUNE: PAVULLO	DATA: 26/09/2022
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH



ALLEGATO B

Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici (DM 2018)





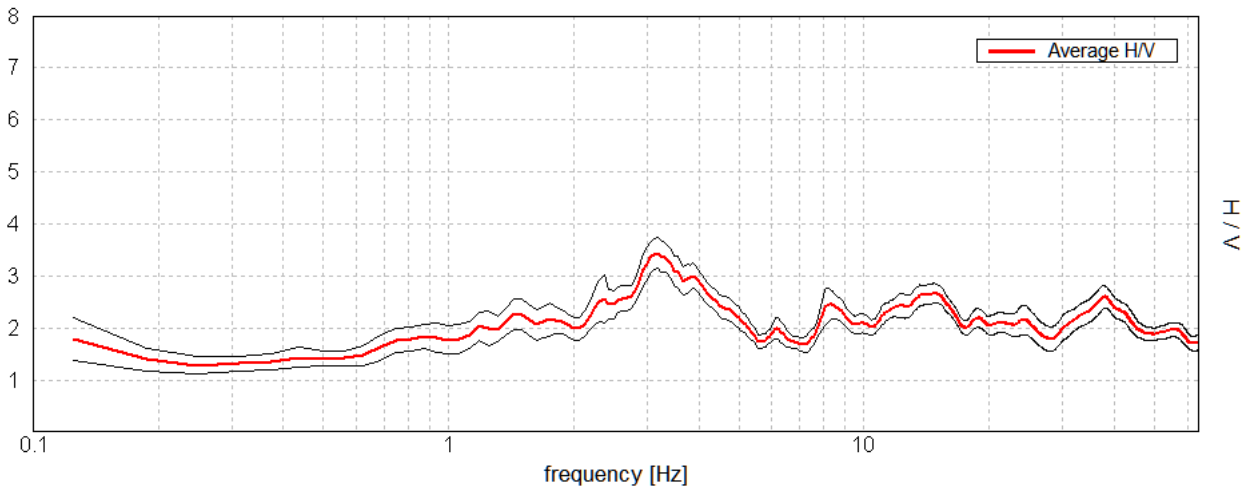
15_056

TR_01

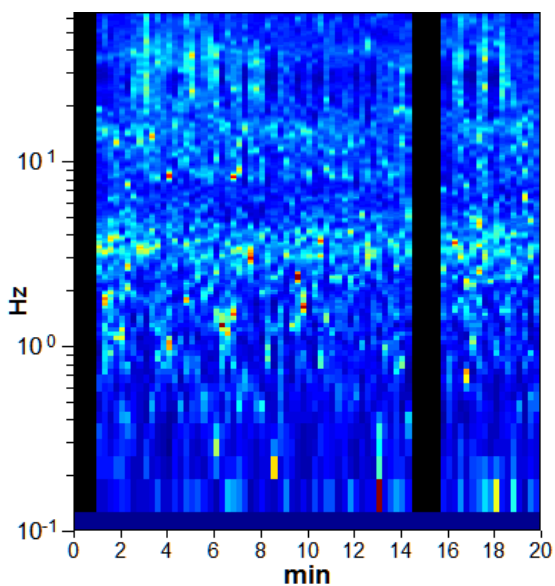
Strumento: TRS-0016/01-06
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 28/08/2015 18:35:01 Fine registrazione: 28/08/2015 18:55:02
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Posizione GPS: 010°49.7689 E, 44°20.5022 N (717.0 m)
(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni
Num. satelliti: 05
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 89% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 15 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

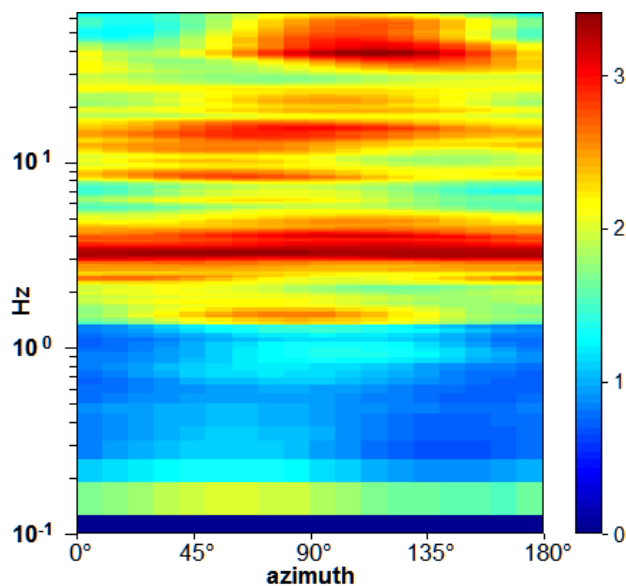
Max. H/V at 3.19 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

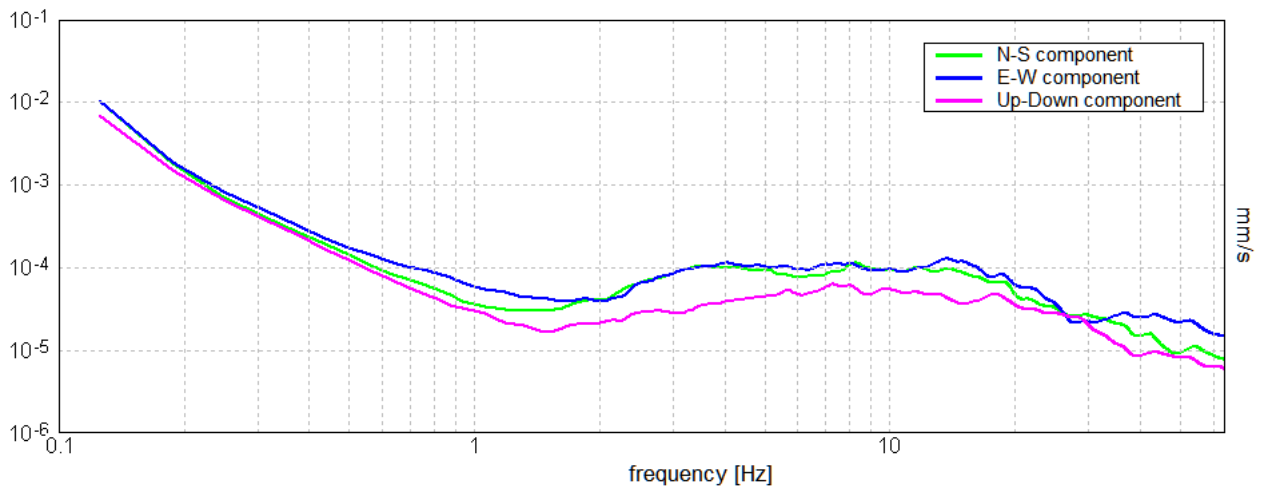


DIREZIONALITA' H/V



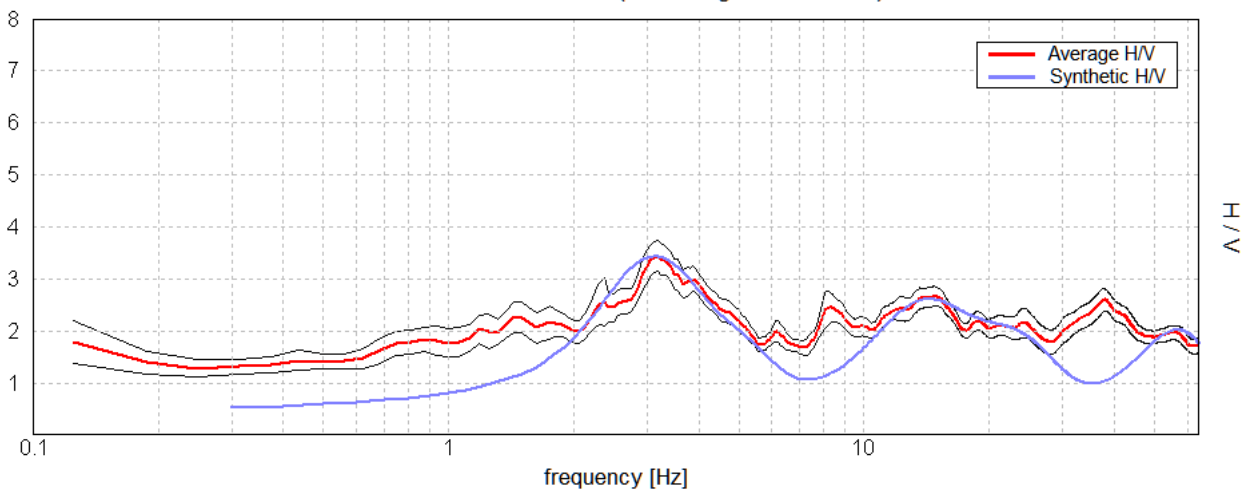


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

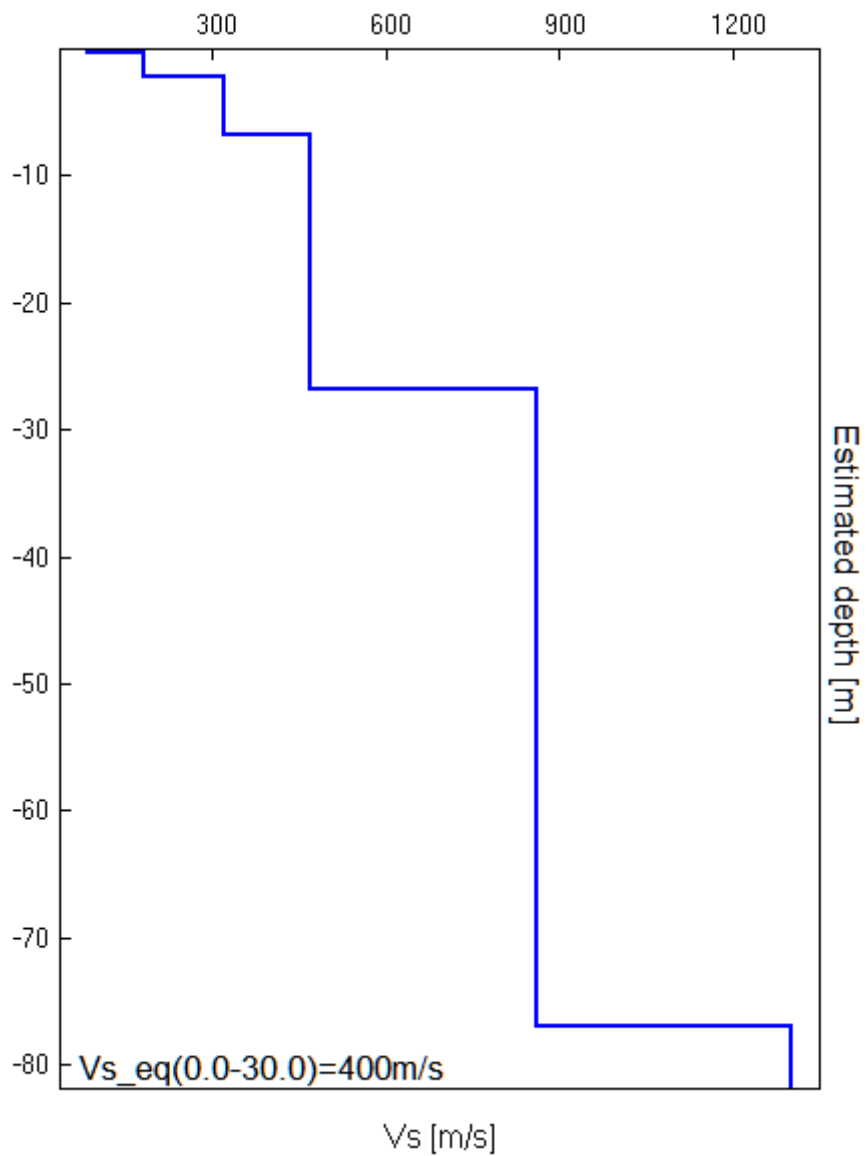
Max. H/V at 3.19 ± 0.08 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	87	0.40
2.20	1.80	182	0.40
6.90	4.70	322	0.35
26.90	20.00	472	0.35
76.90	50.00	860	0.35
inf.	inf.	1300	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=400m/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 3.19 ± 0.08 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$3.19 > 0.67$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3394.7 > 200$	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 78	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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.45 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02612 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.08326 < 0.15938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2988 < 1.58$	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



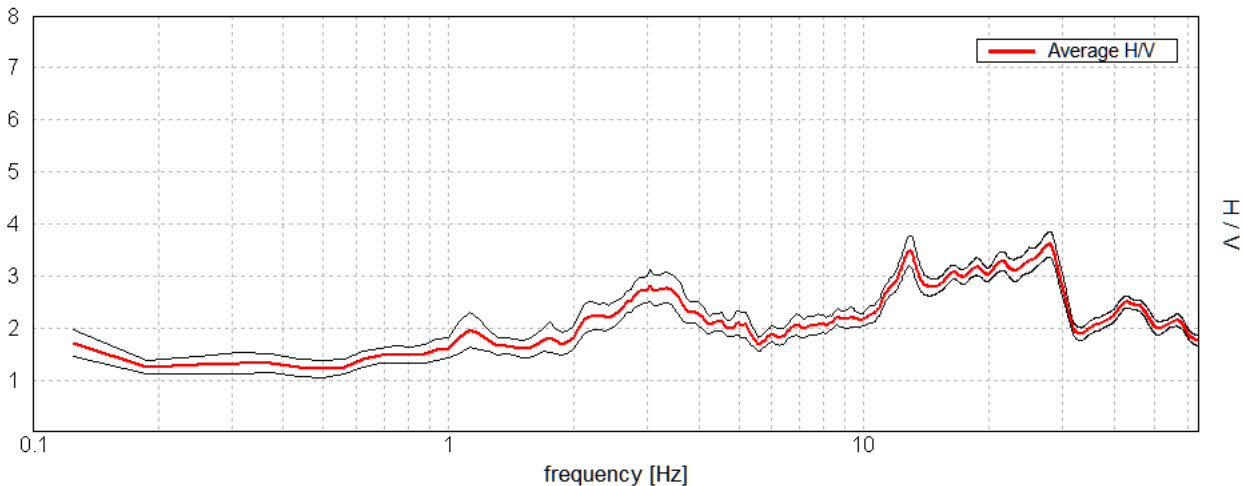
15_056

TR_02

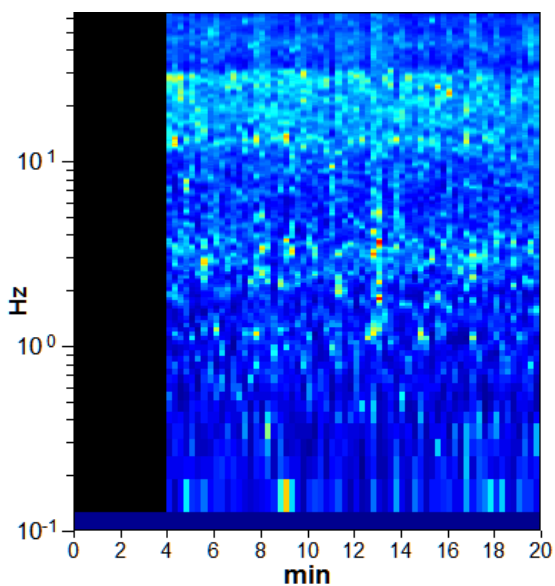
Strumento: TRS-0016/01-06
 Formato dati: 16 bit
 Fondo scala [mV]: 51
 Inizio registrazione: 17/09/2015 11:56:02 Fine registrazione: 17/09/2015 12:16:03
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Posizione GPS: 010°49.7520 E, 44°20.5219 N (736.5 m)
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni
 Num. satelliti: 04
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 15 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 5%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

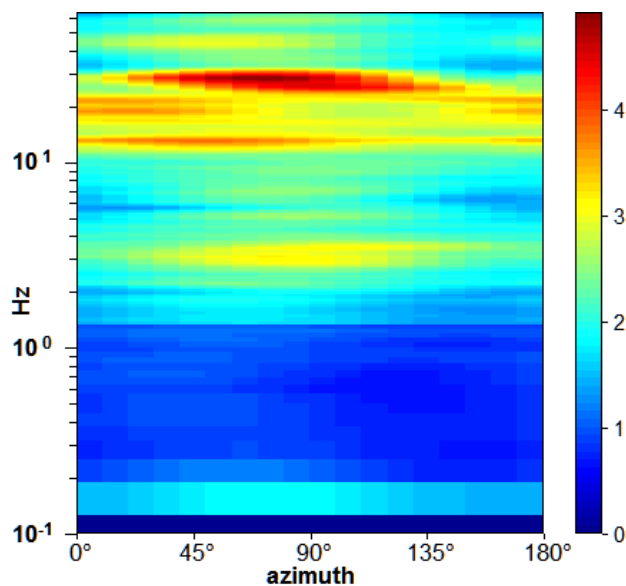
Max. H/V at 27.88 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 45.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

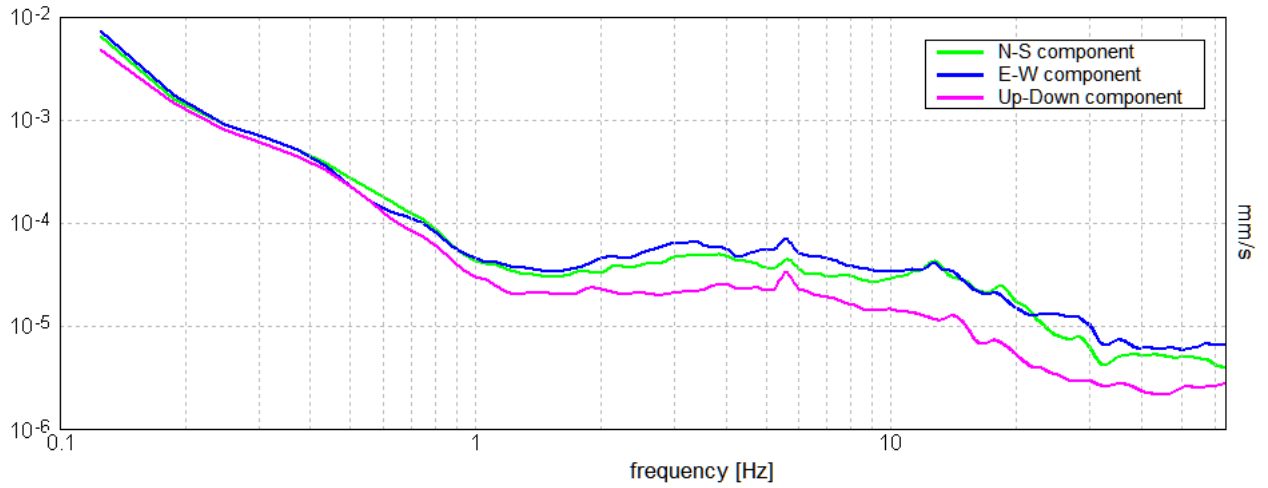


DIREZIONALITA' H/V



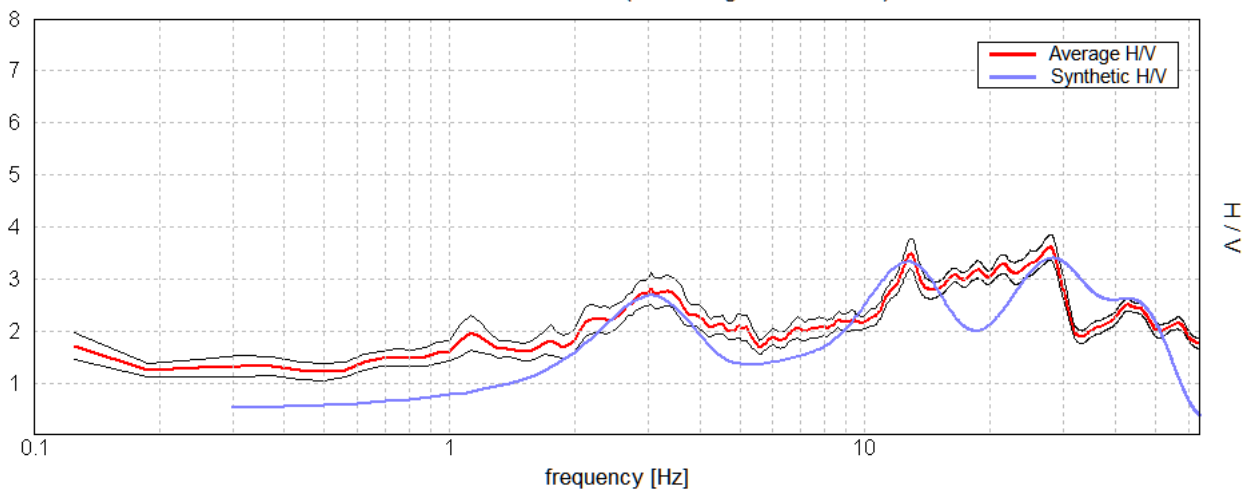


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

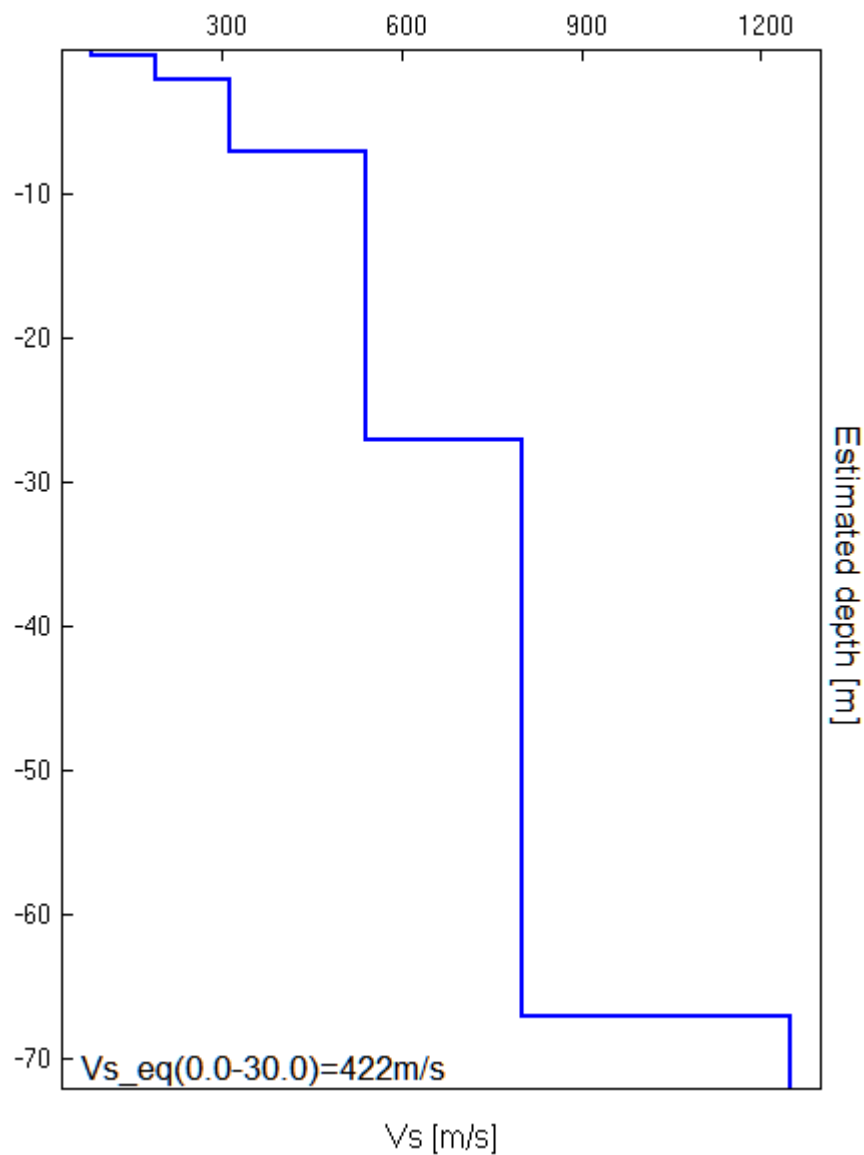
Max. H/V at 27.88 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 45.0 Hz).





base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.50	0.50	82	0.40
2.10	1.60	190	0.40
7.10	5.00	312	0.35
27.10	20.00	542	0.35
67.10	40.00	800	0.35
inf.	inf.	1250	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=422m/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 27.88 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 45.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	27.88 > 0.67	OK	
$n_c(f_0) > 200$	26760.0 > 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 670	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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	61.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.61 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00238 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.06629 < 1.39375	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.246 < 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



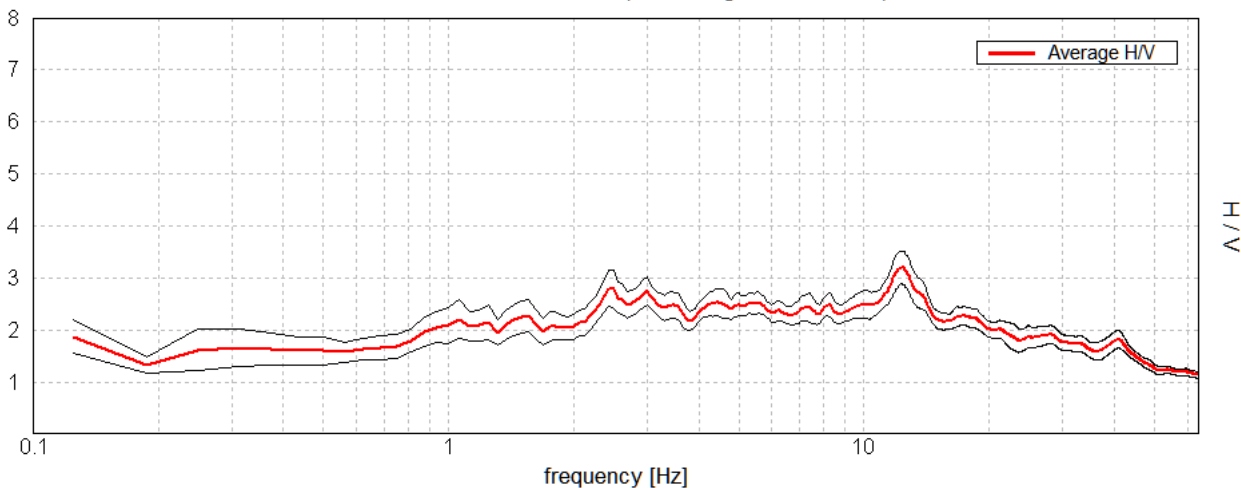
15_056

TR_03

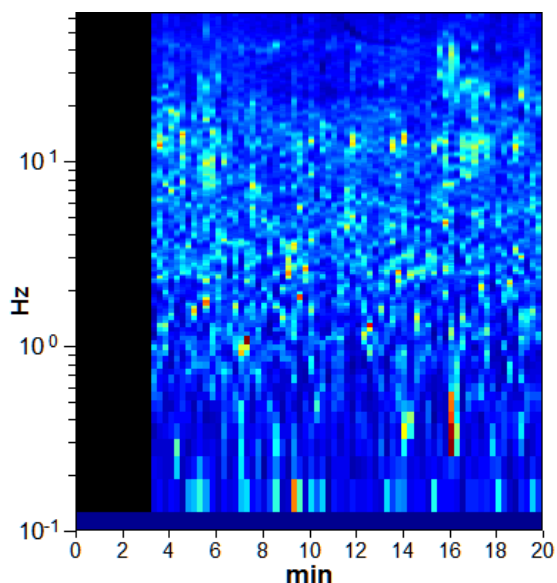
Strumento: TRS-0016/01-06
Formato dati: 16 bit
Fondo scala [mV]: 51
Inizio registrazione: 17/09/2015 12:24:14 Fine registrazione: 17/09/2015 12:44:15
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
Posizione GPS: 010°49.7714 E, 44°20.5194 N (731.1 m)
(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni
Num. satelliti: 05
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 84% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 15 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 5%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

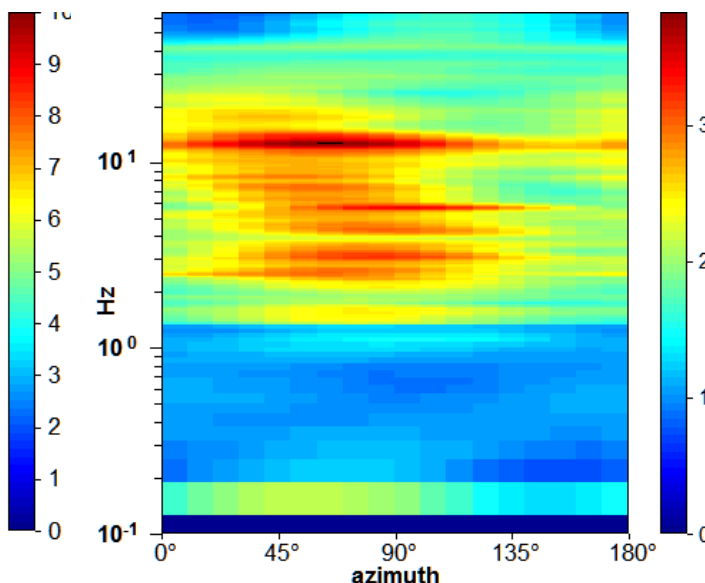
Max. H/V at 12.25 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

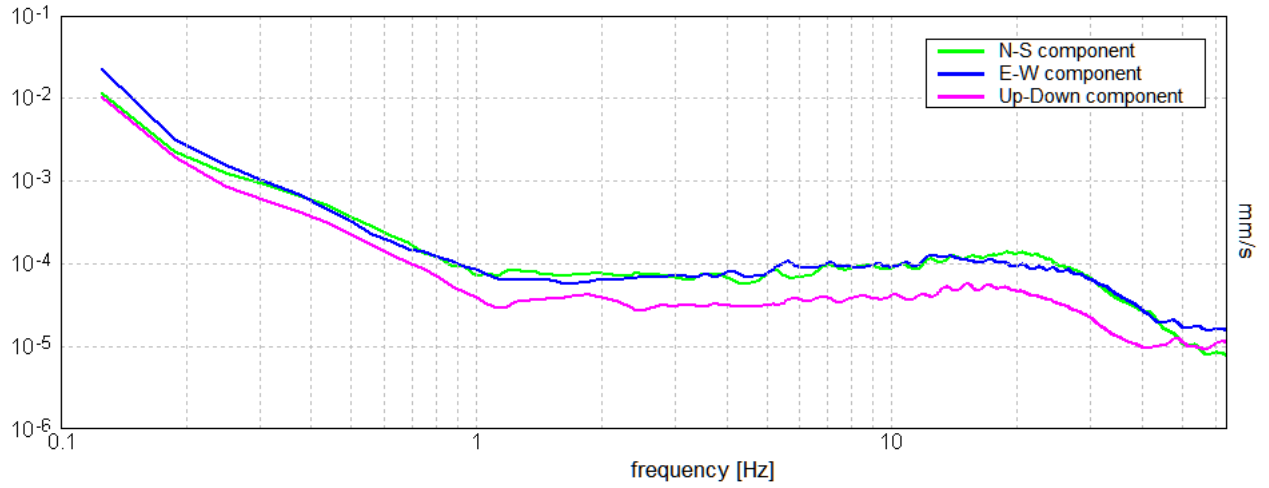


DIREZIONALITA' H/V



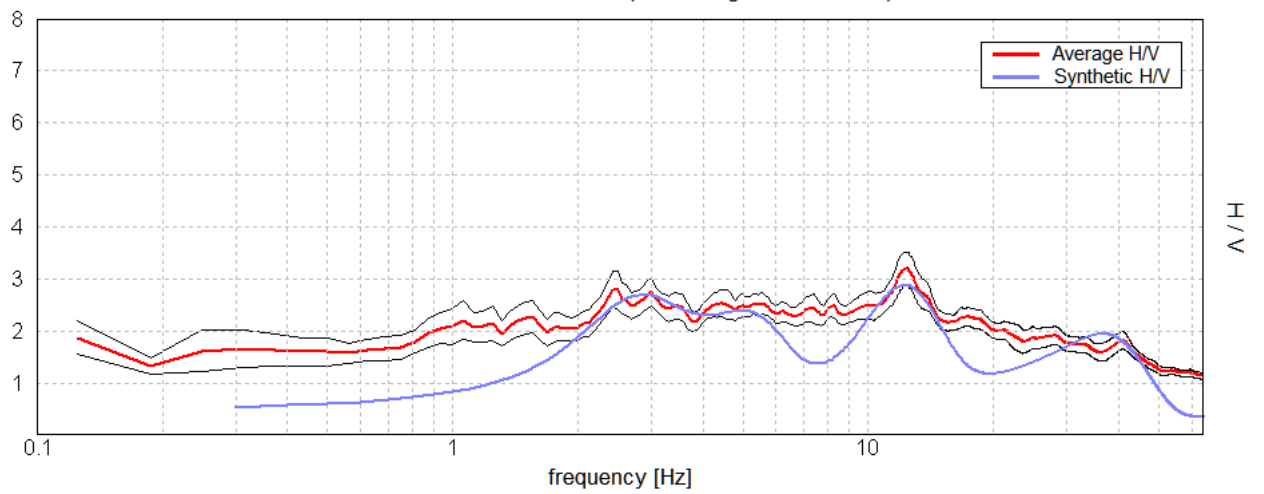


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

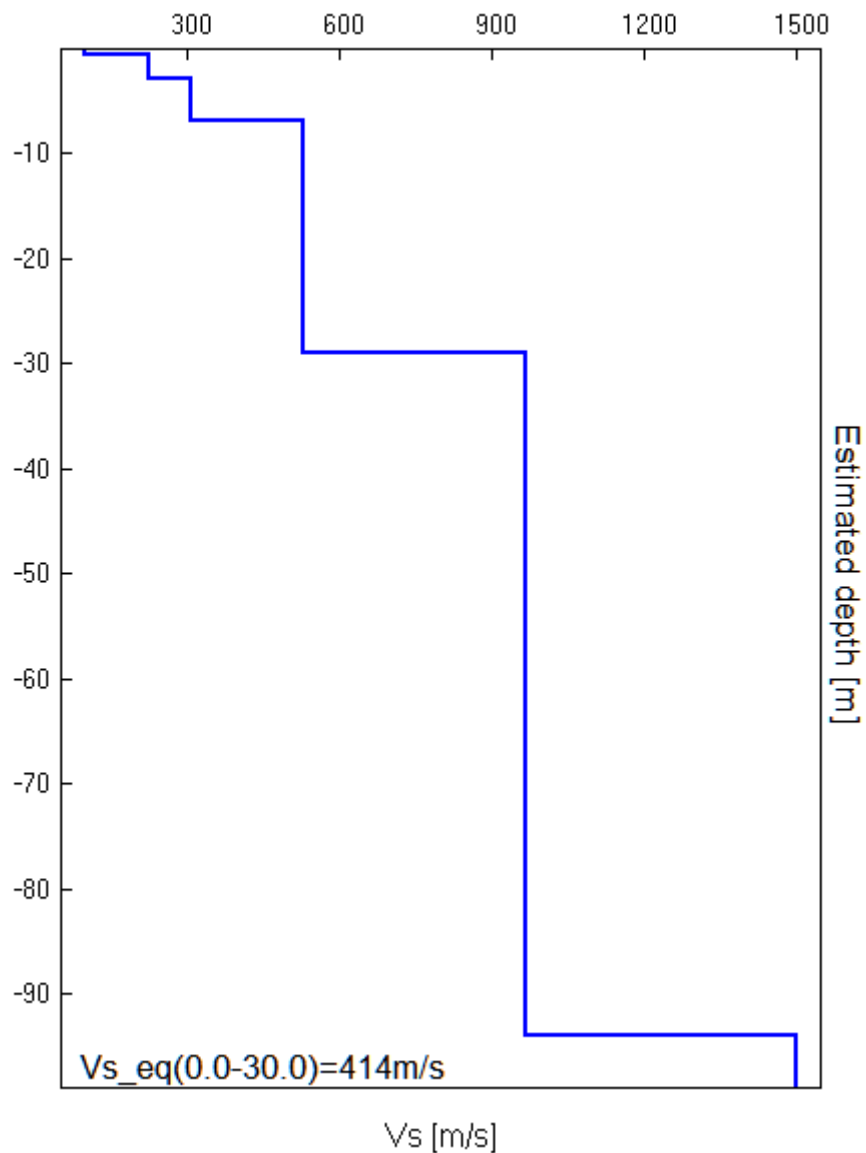
Max. H/V at 12.25 ± 0.19 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.70	0.70	102	0.35
3.00	2.30	227	0.35
7.00	4.00	310	0.35
29.00	22.00	530	0.35
94.00	65.00	970	0.35
inf.	inf.	1500	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=414m/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 12.25 ± 0.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	12.25 > 0.67	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12311.3 > 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 295	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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	35.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.20 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.01548 < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.18966 < 0.6125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3174 < 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 $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

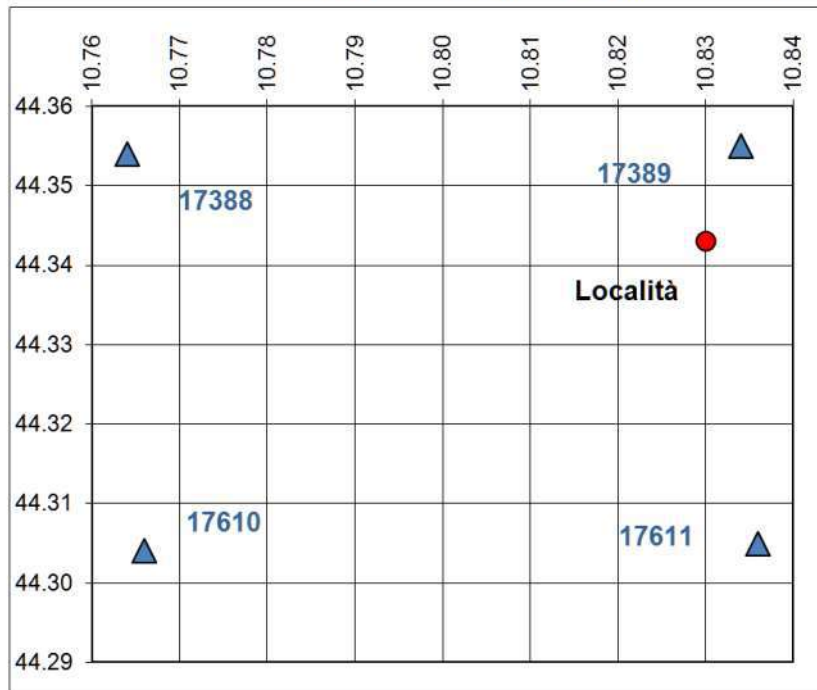
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

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



Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	10.8300	44.3430	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.8340	44.3550	0.0123	1.372
17388	10.7640	44.3540	0.0484	5.391
17611	10.8360	44.3050	0.0383	4.258
17610	10.7660	44.3040	0.0601	6.693



VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	V_N	50	[anni]
Classe d'uso	C_U	II	
Vita di riferimento	V_R	50	[anni]

PARAMETRI SISMICI

	SL	P_{VR}	T_R	a_g/g	F_o	T_c^*
SLE	Operatività	81%	30	0.056	2.50	0.25
SLE	Danno	63%	50	0.070	2.49	0.26
SLU	Salv. Vita	10%	475	0.159	2.52	0.29
SLU	Collasso	5%	975	0.200	2.53	0.30

S	T_b	T_c	T_D	F_v
1.800	0.138	0.415	1.820	0.791
1.800	0.142	0.426	1.874	0.880
1.757	0.153	0.458	2.225	1.344
1.683	0.156	0.469	2.385	1.513



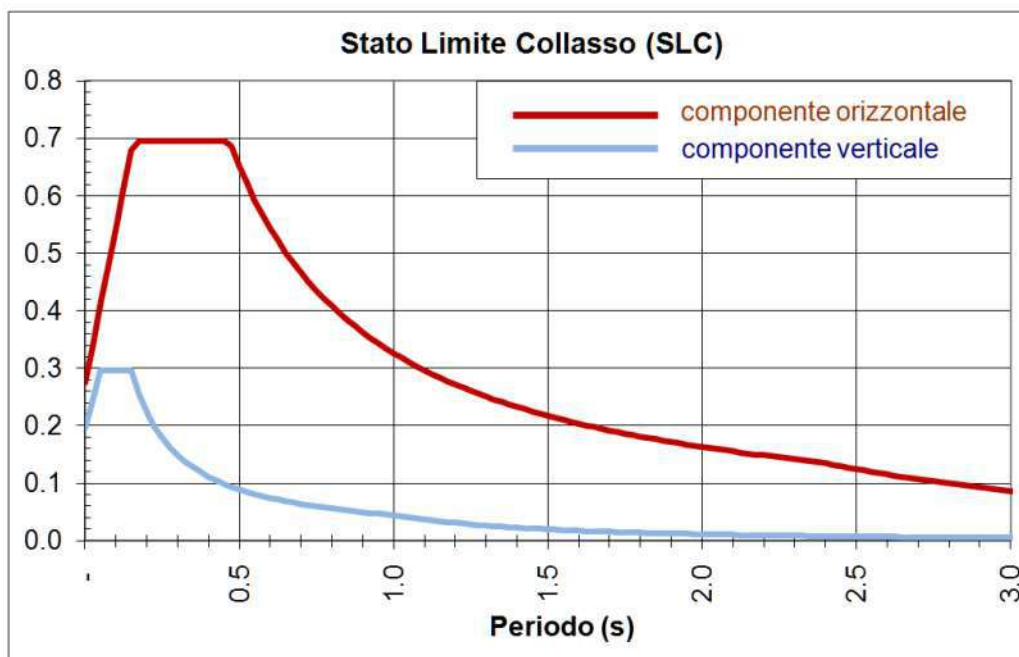
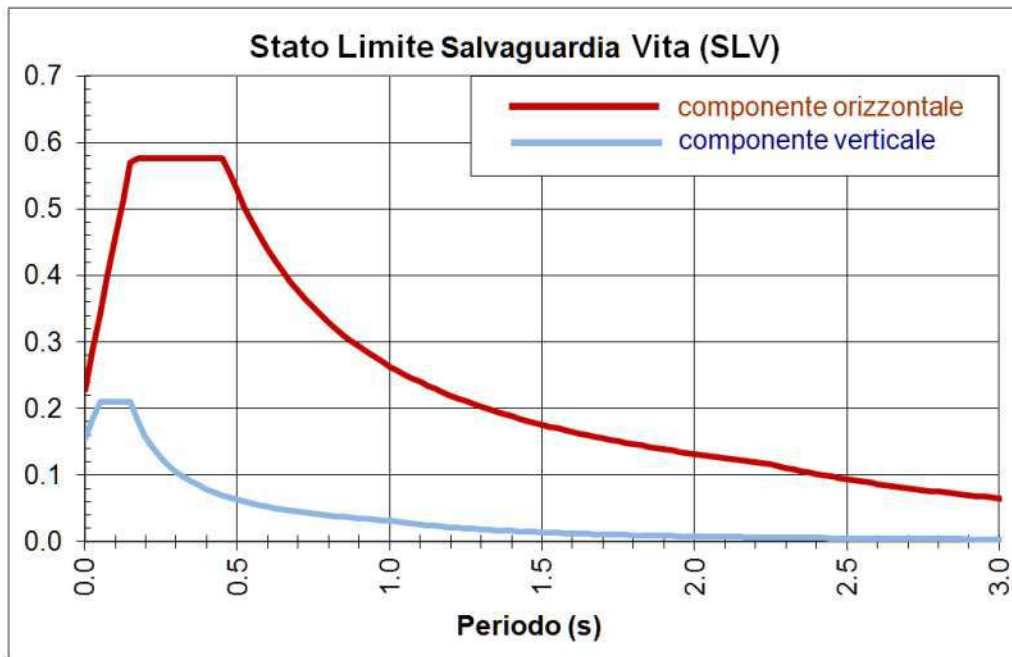
CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1.0
Categoria suolo		C

SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)





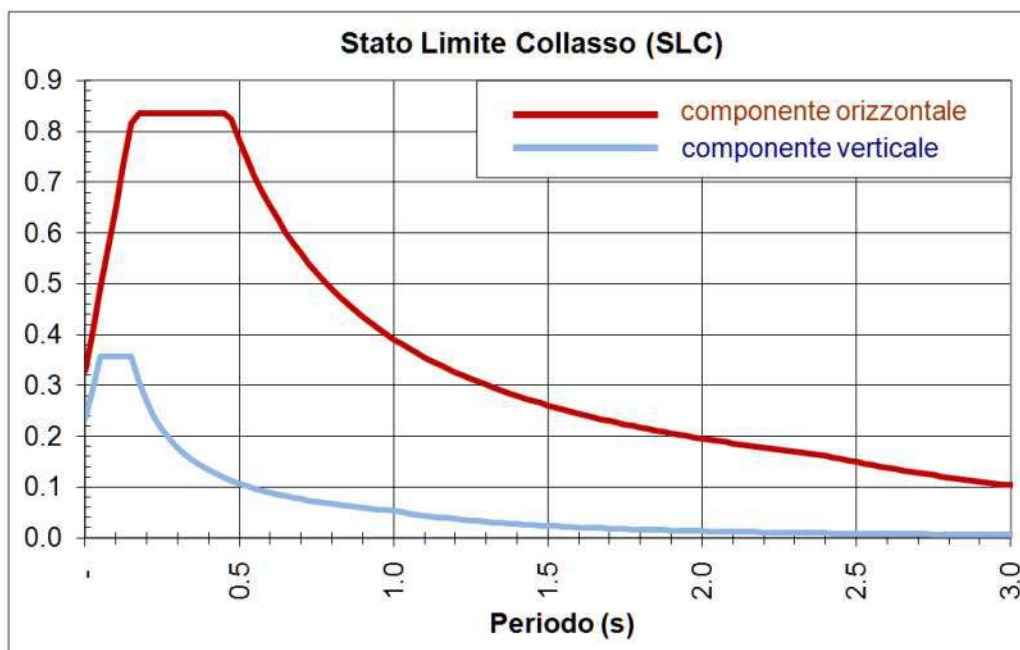
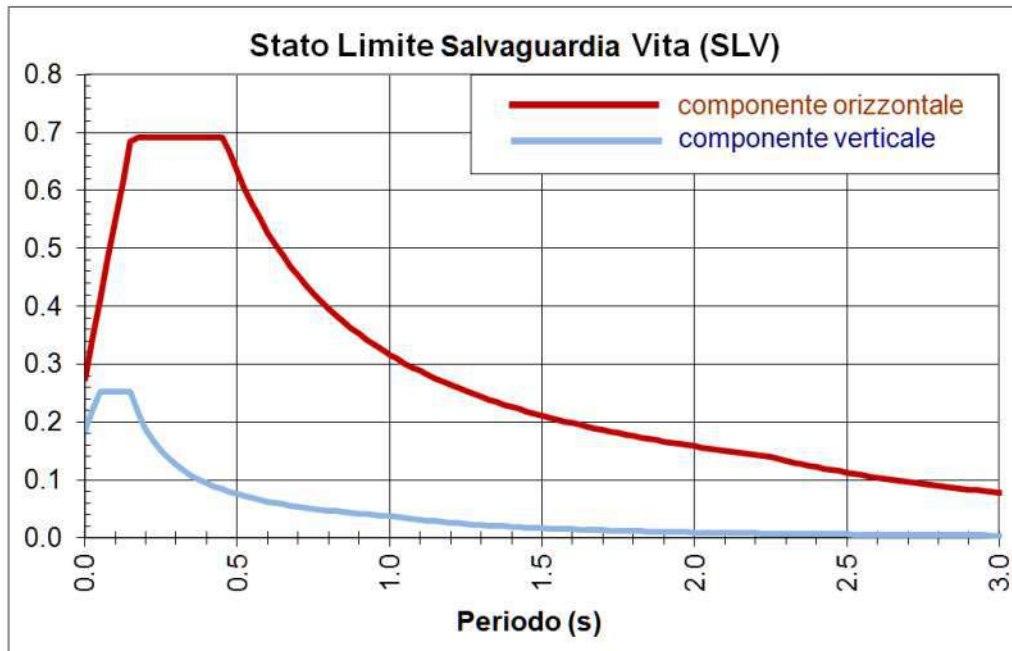
CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		T2
Coeff. topografico	S_T	1.2
Categoria suolo		C

SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)



ALLEGATO C

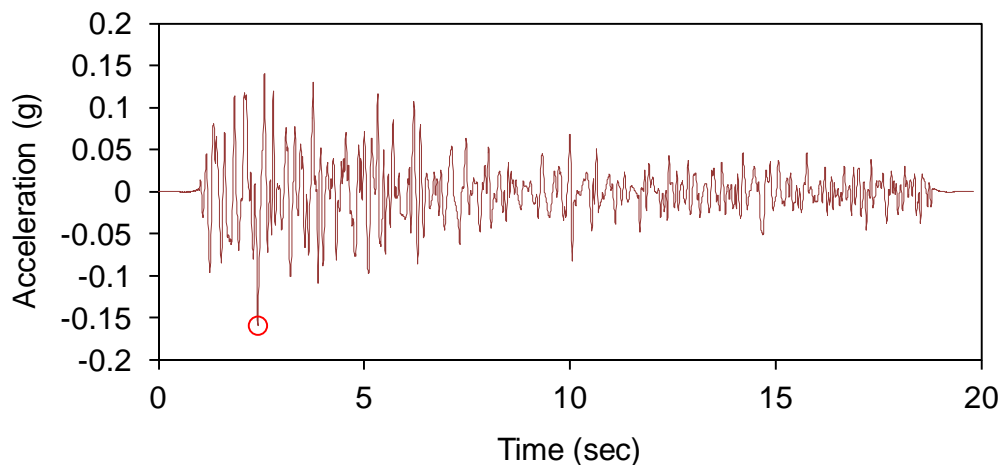
Input e Spettri elastici della RSL



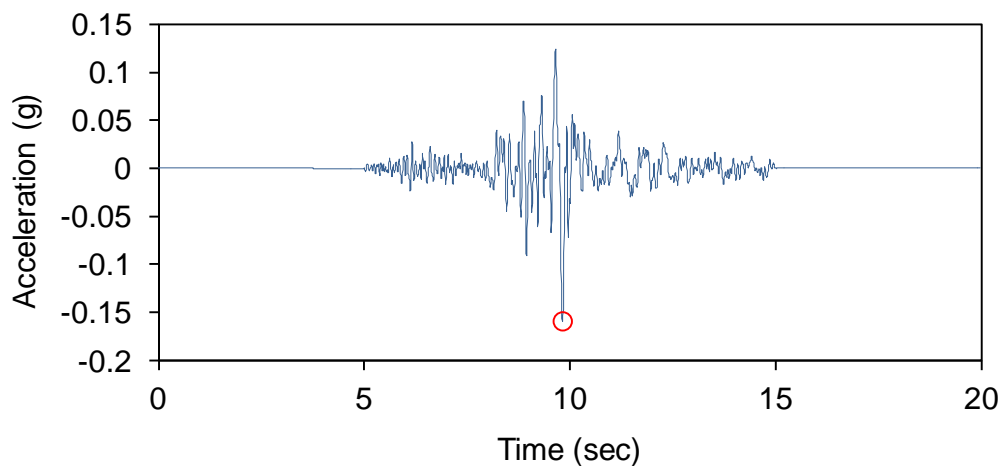
ACCELEROGRAMMI DEI SEGNALI DI RIFERIMENTO RER

(Ricostruiti tramite latitudine e longitudine della griglia di riferimento)

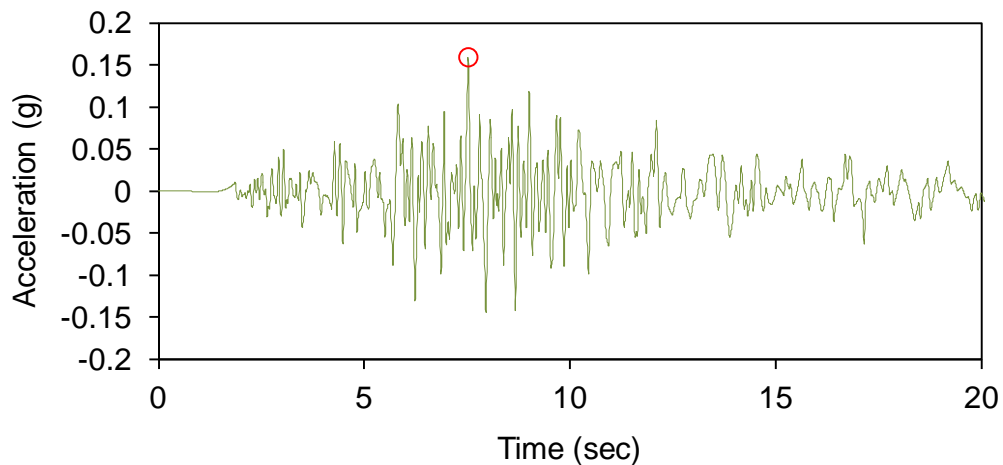
SEGNALE 46 - (IMPULSIVO)



SEGNALE 126 - (CON AMPIO CONTENUTO IN FREQUENZE)

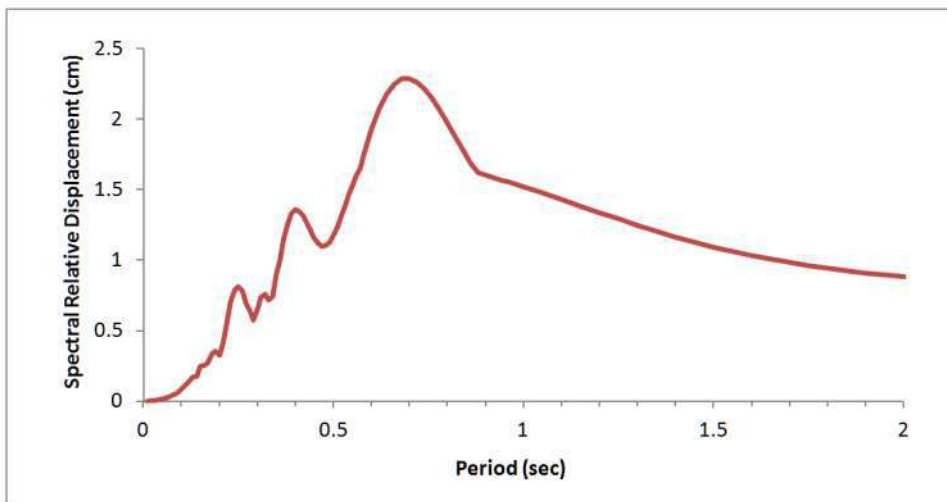
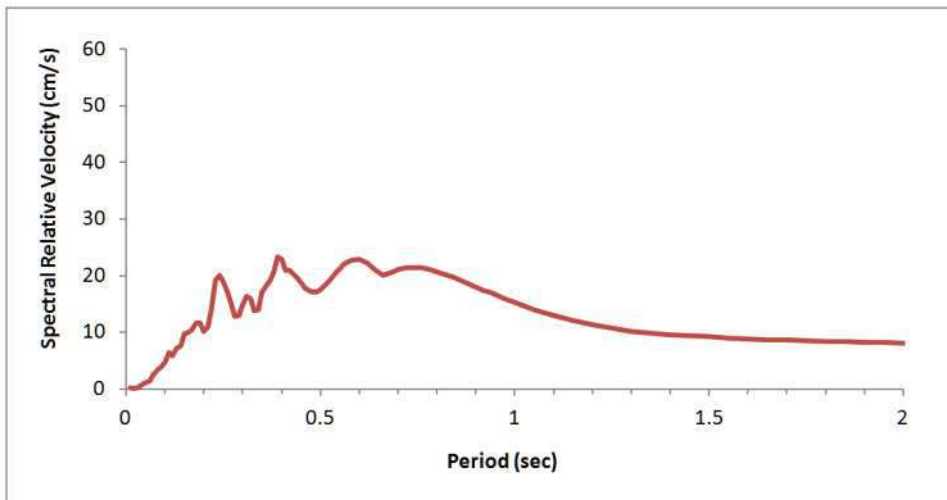
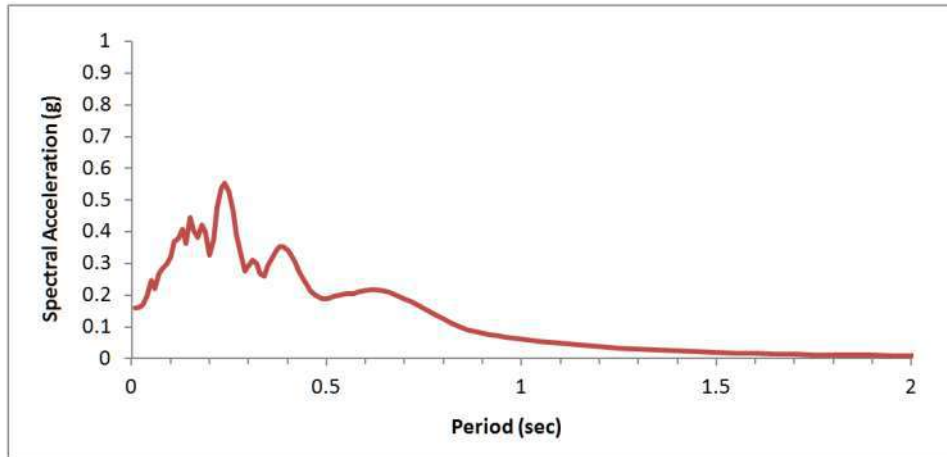


SEGNALE 354 - (CON COMPONENTE PREDOMINANTE AD ALTE FREQUENZE)



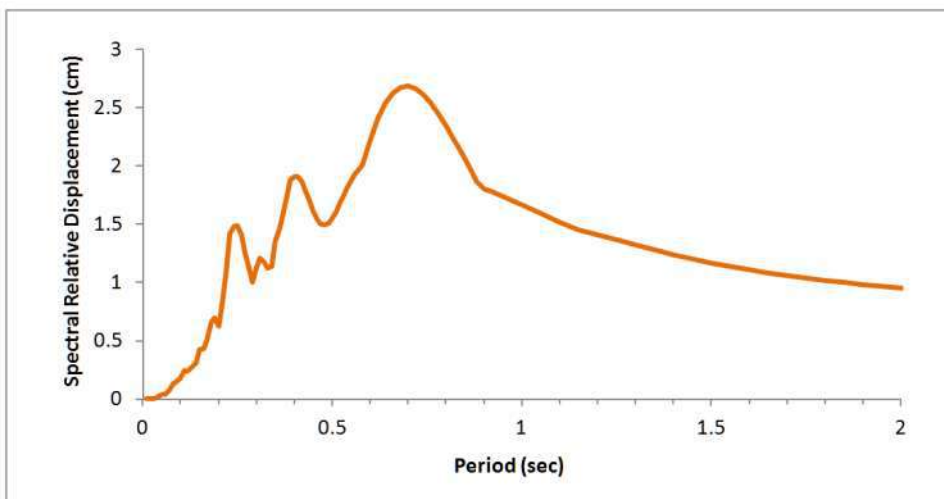
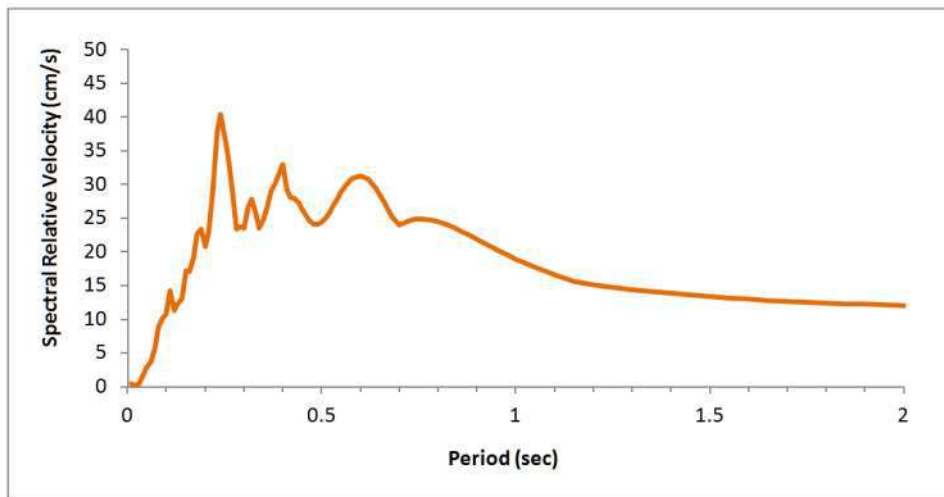
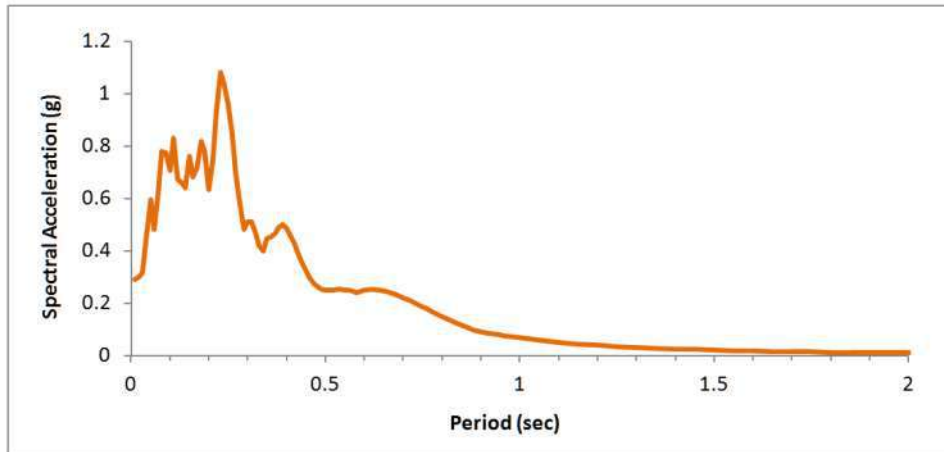


SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 46)



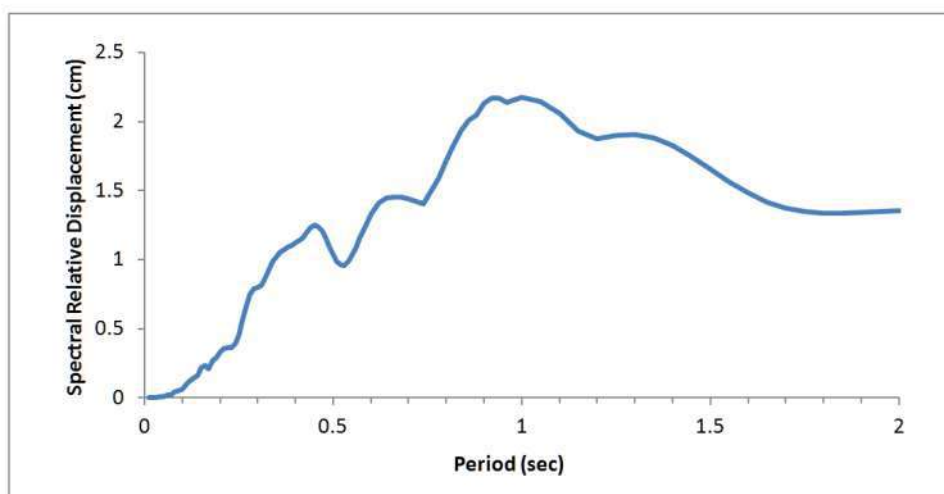
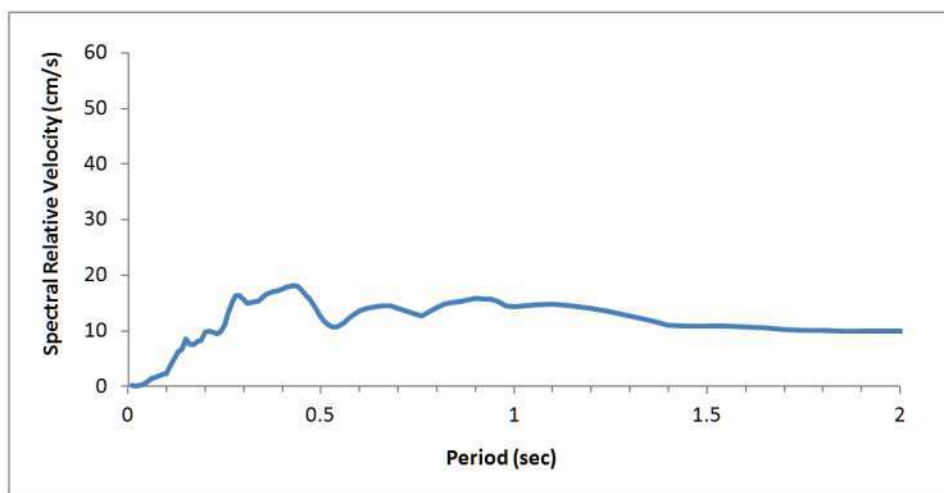
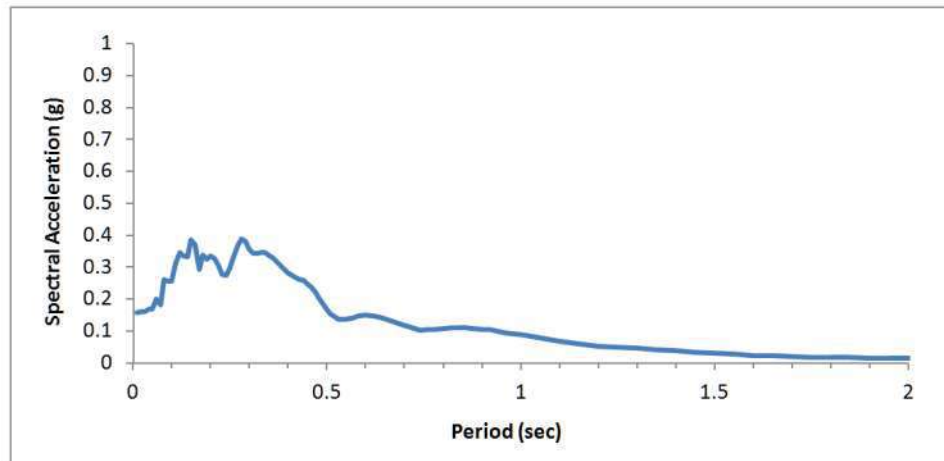


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 46)



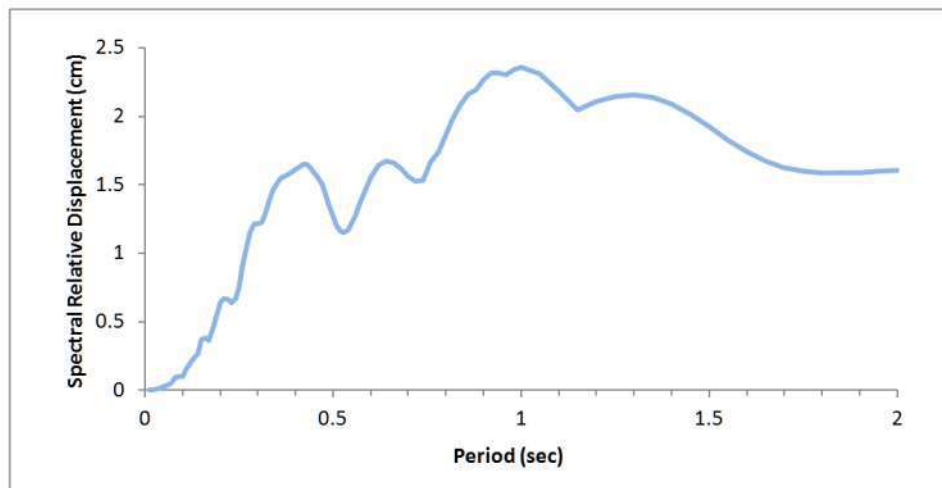
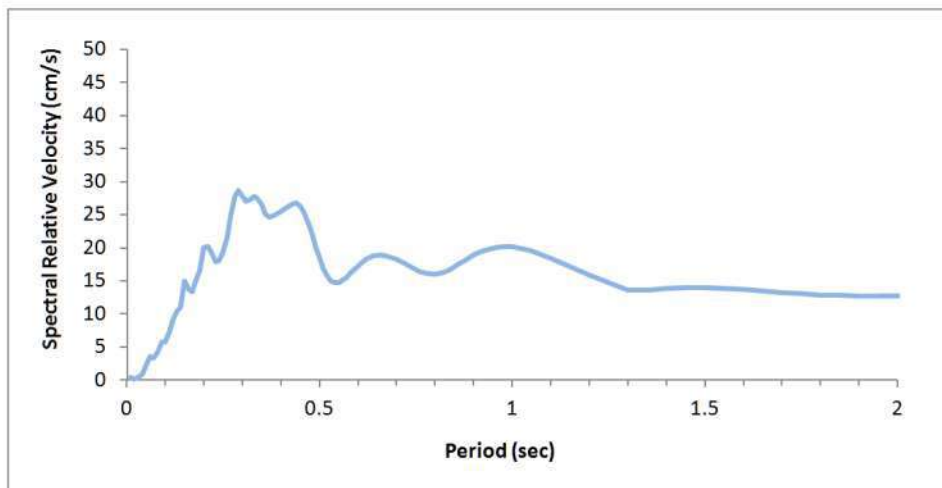
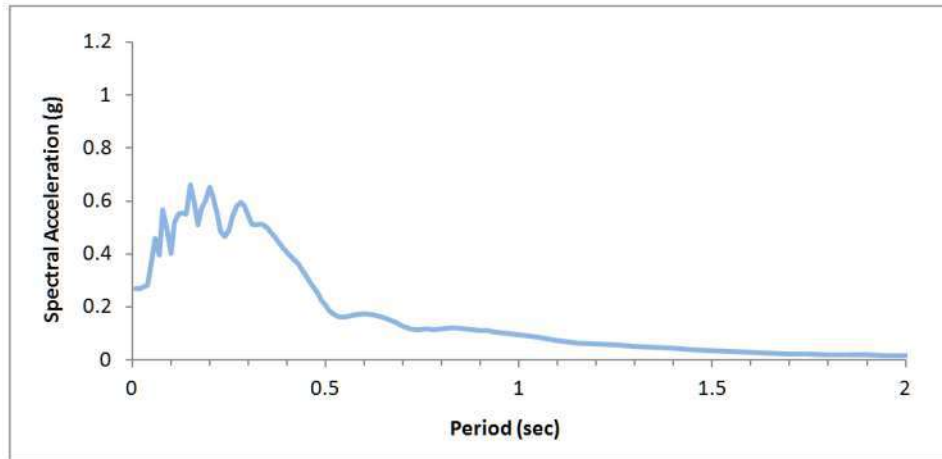


SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 126)



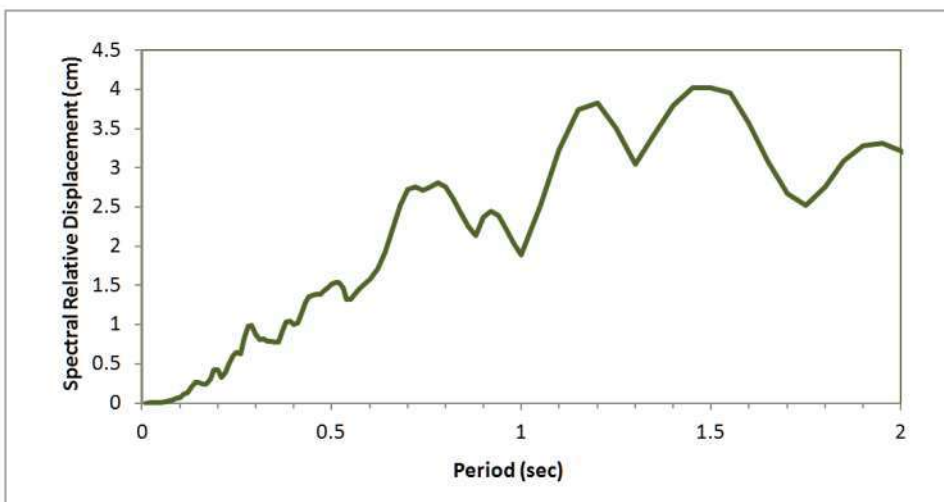
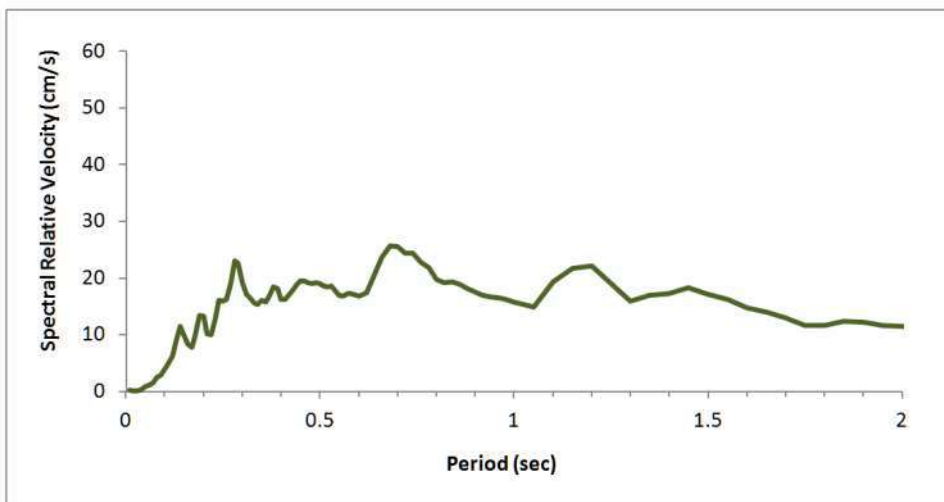
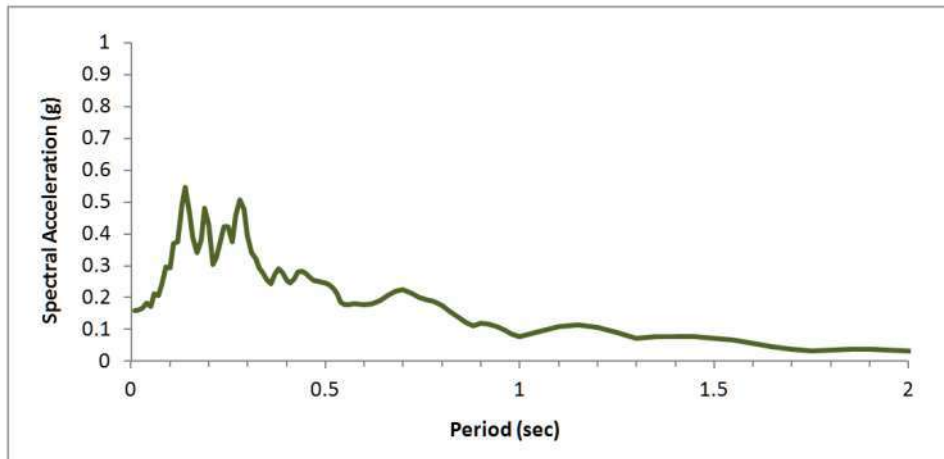


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 126)



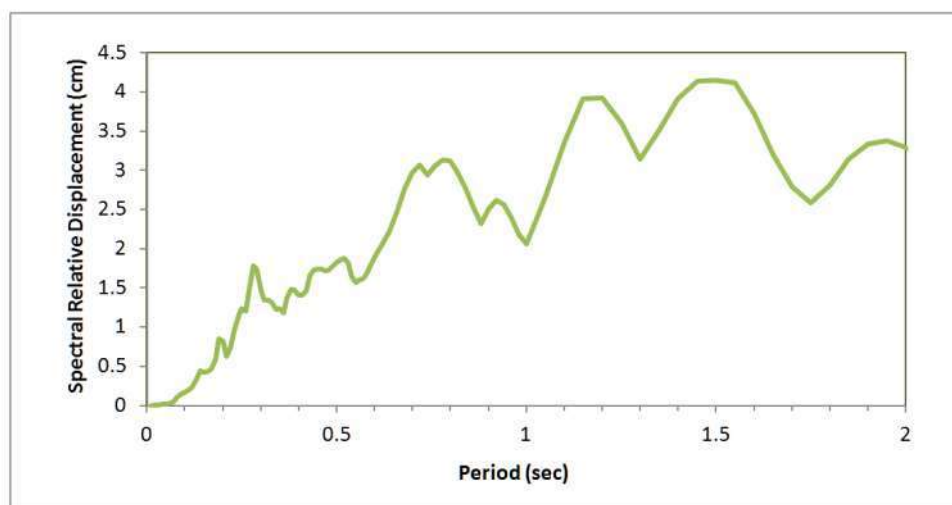
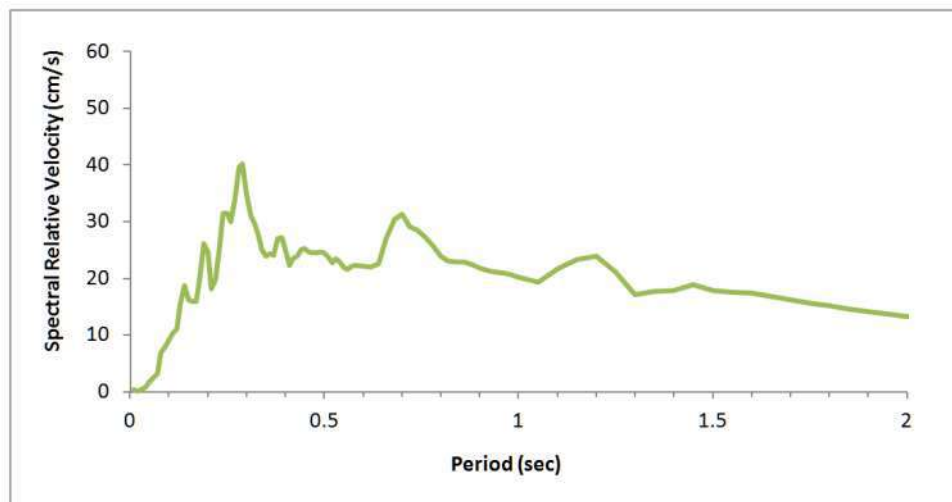
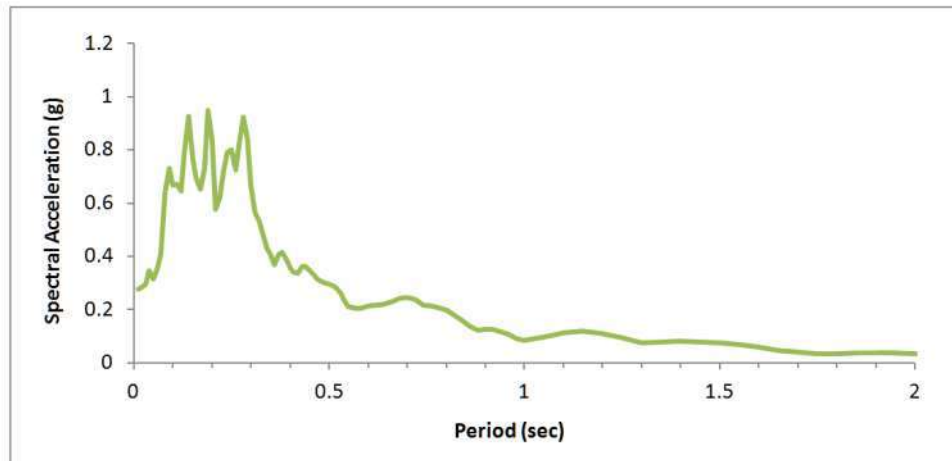


SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 354)





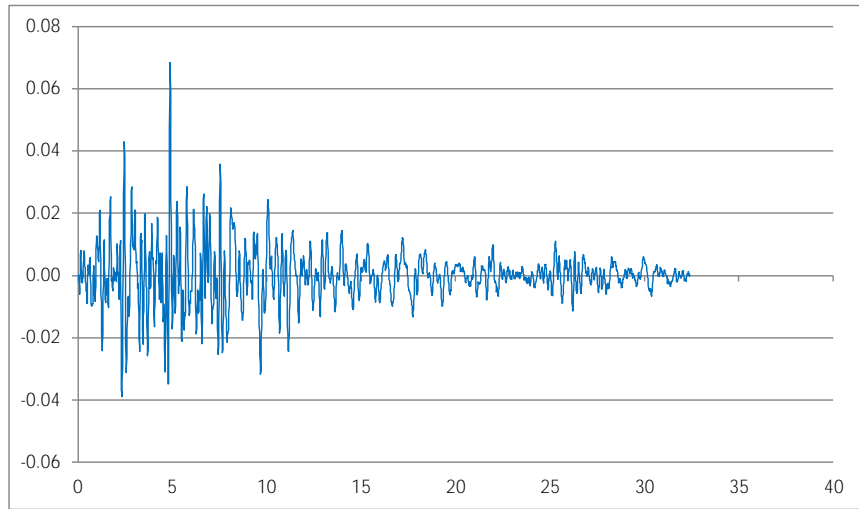
SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 354)



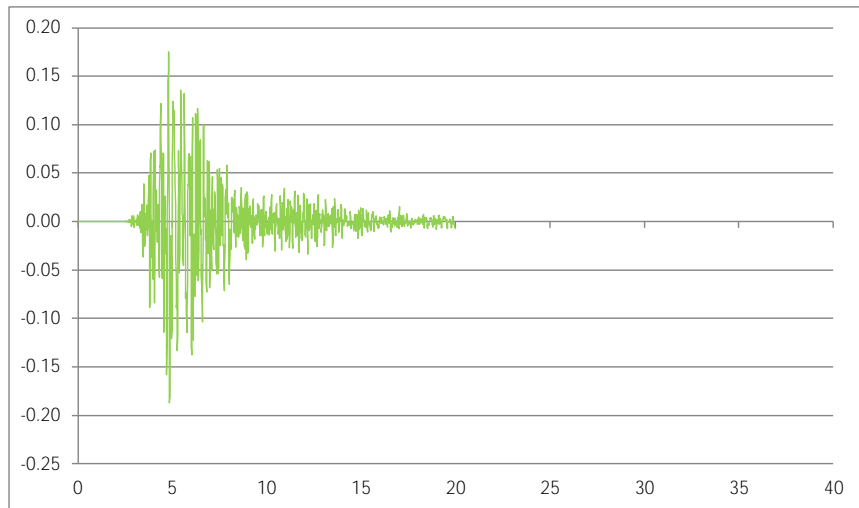


ACCELEROGRAMMI SEGNALI DI RIFERIMENTO REXEL

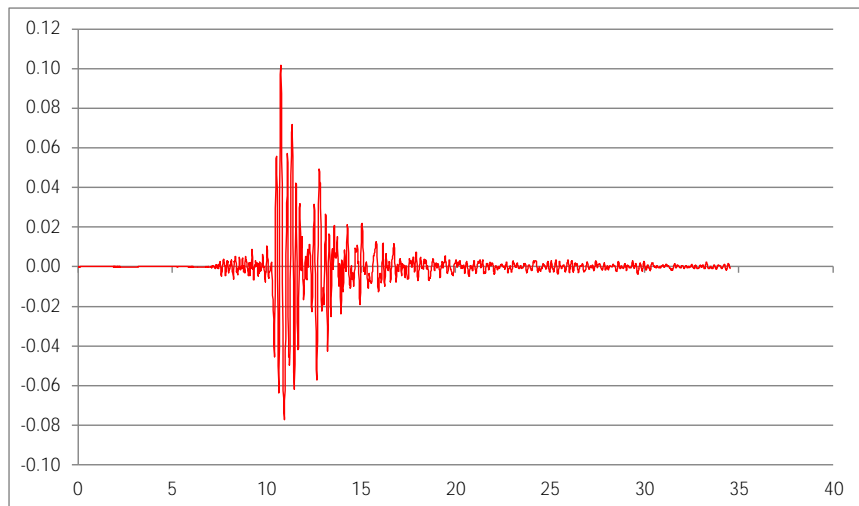
SEGNALE 000368ya



SEGNALE 000651ya



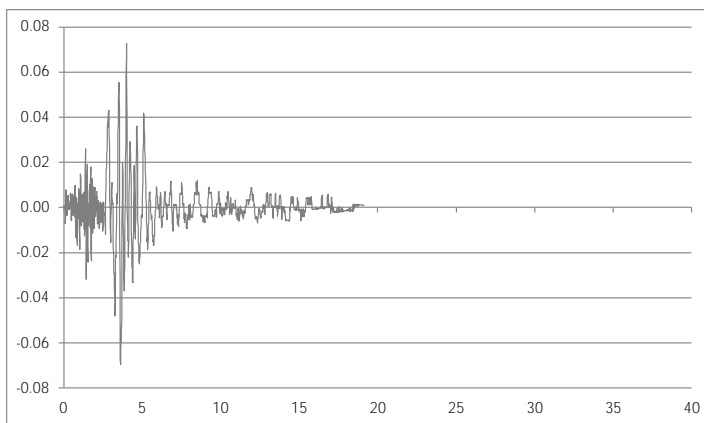
SEGNALE 000670xa



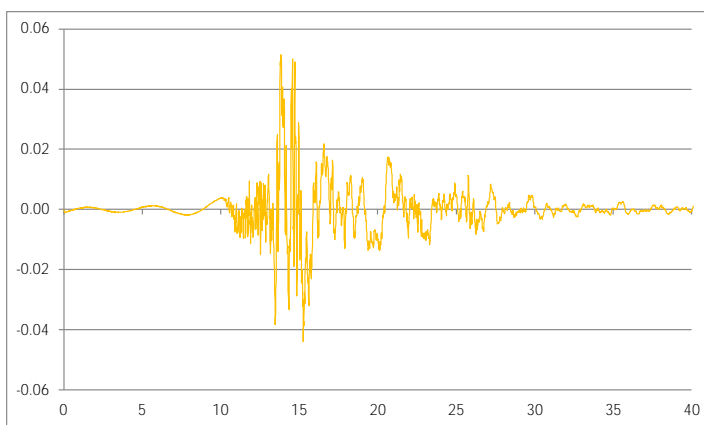


ACCELEROGRAMMI SEGNALI DI RIFERIMENTO REXEL

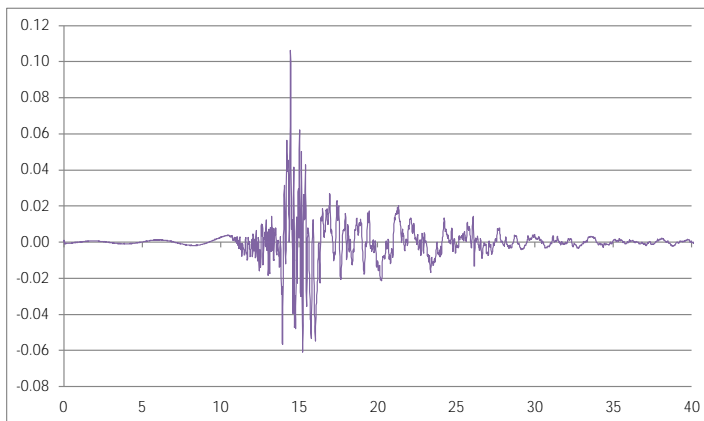
SEGNALE 001243xa



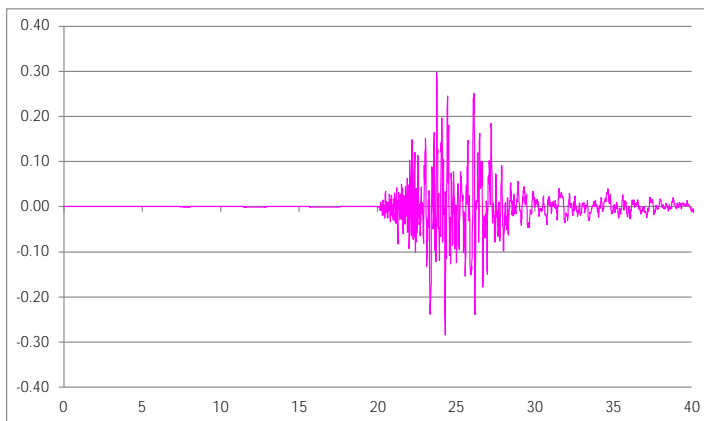
SEGNALE 006341xa



SEGNALE 006342xa

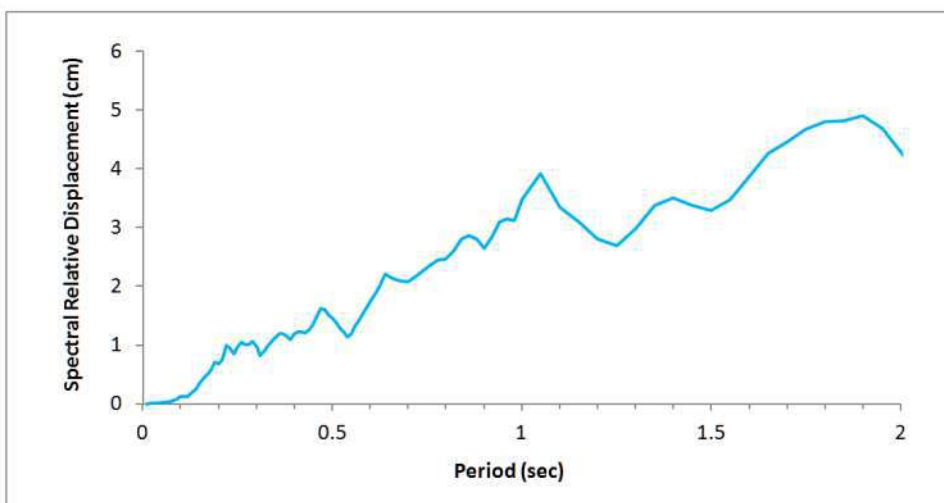
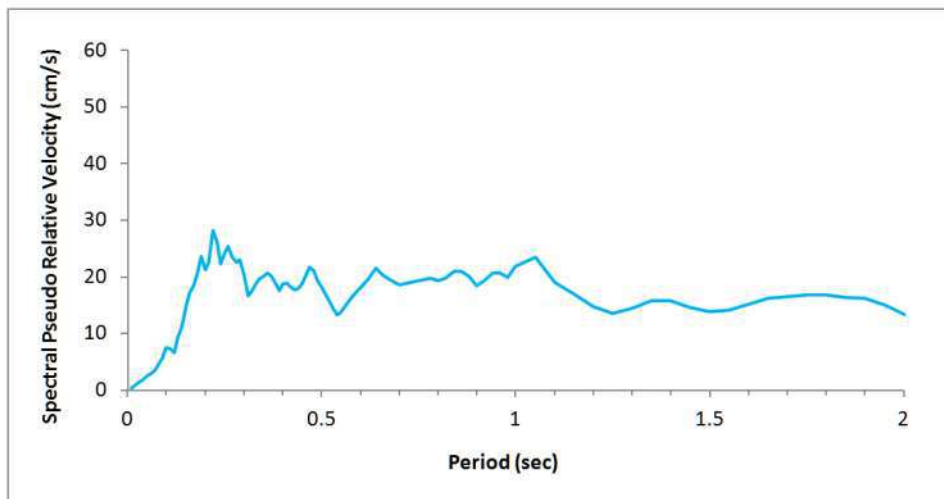
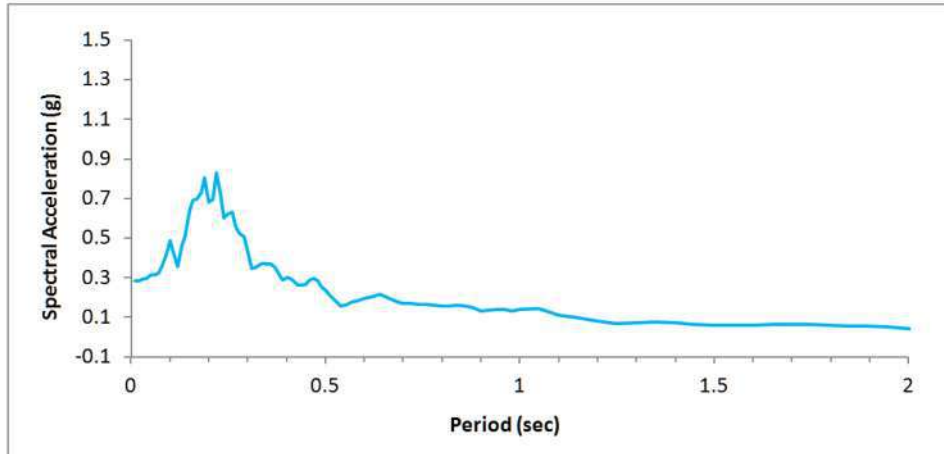


SEGNALE 007142ya



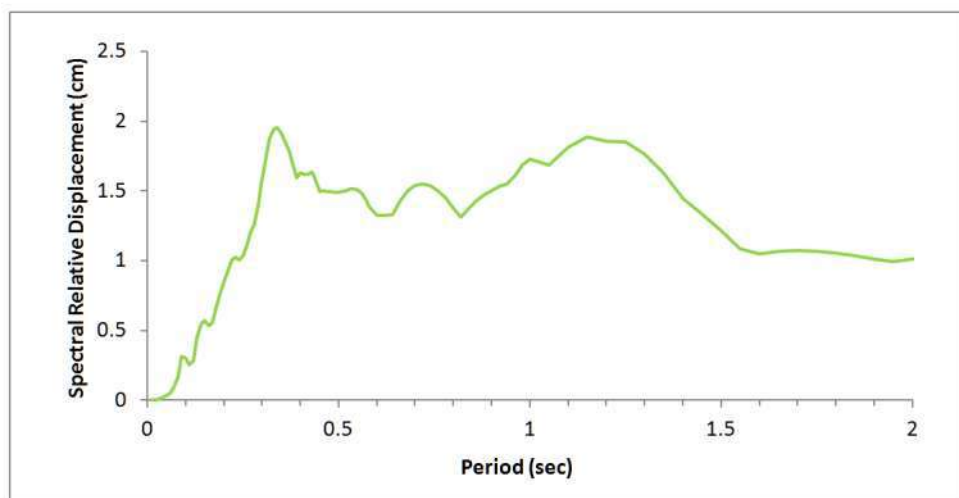
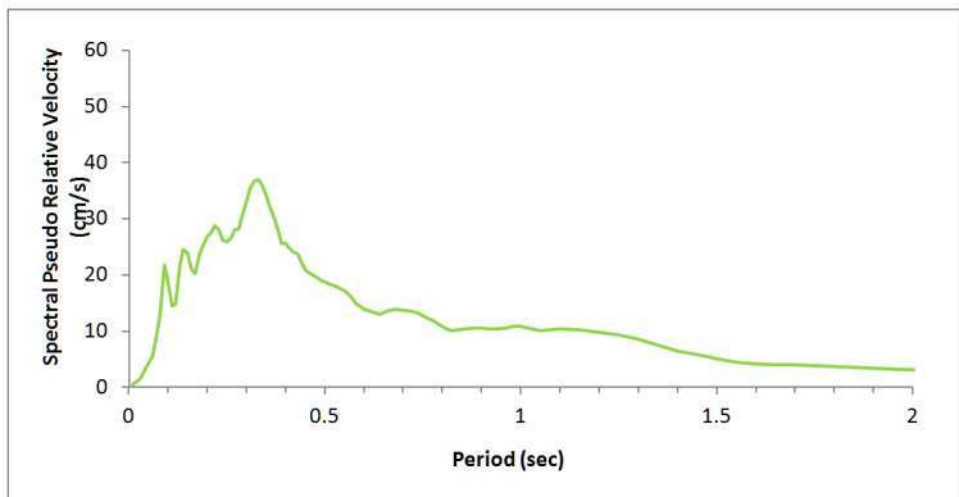
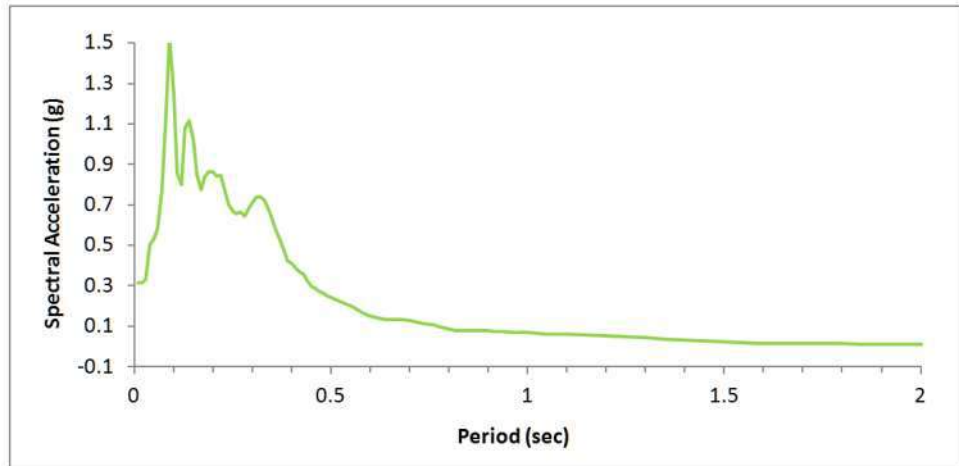


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 000368ya)



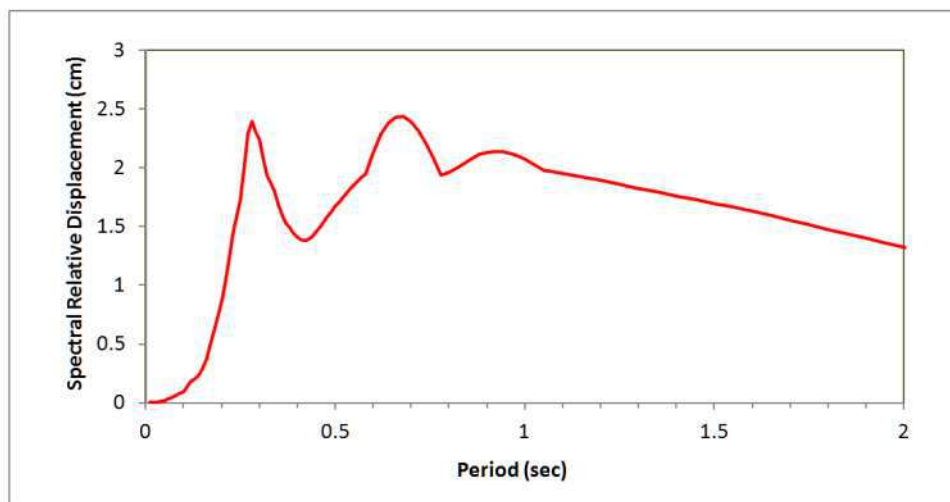
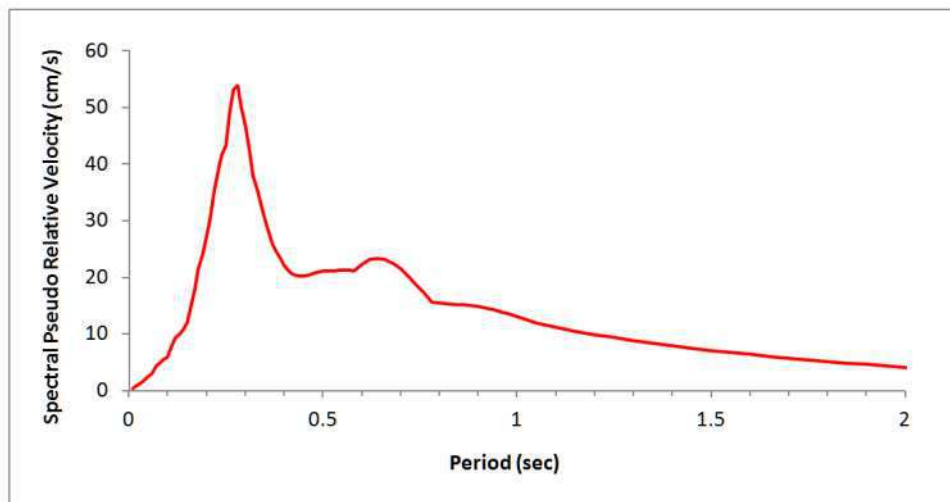
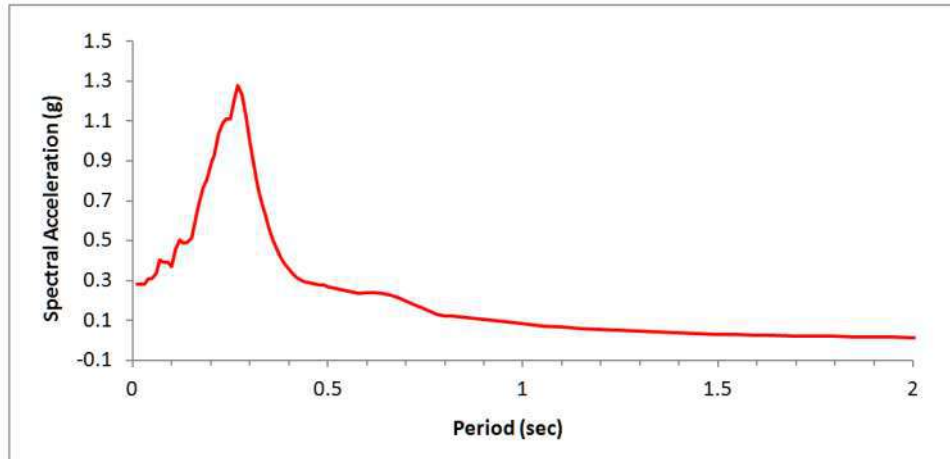


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 000651ya)



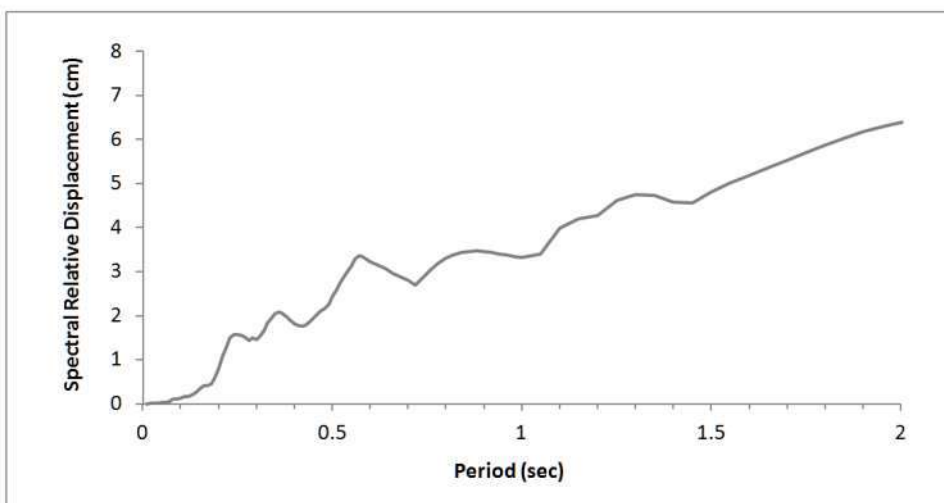
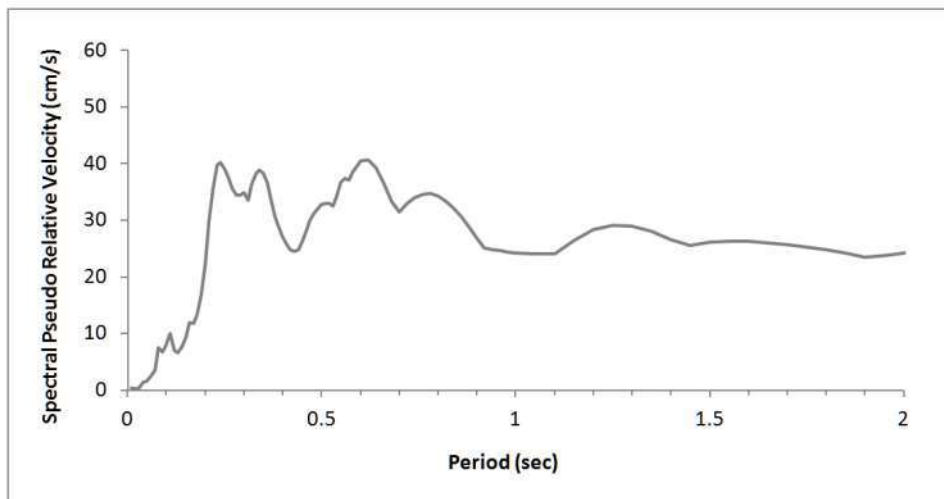
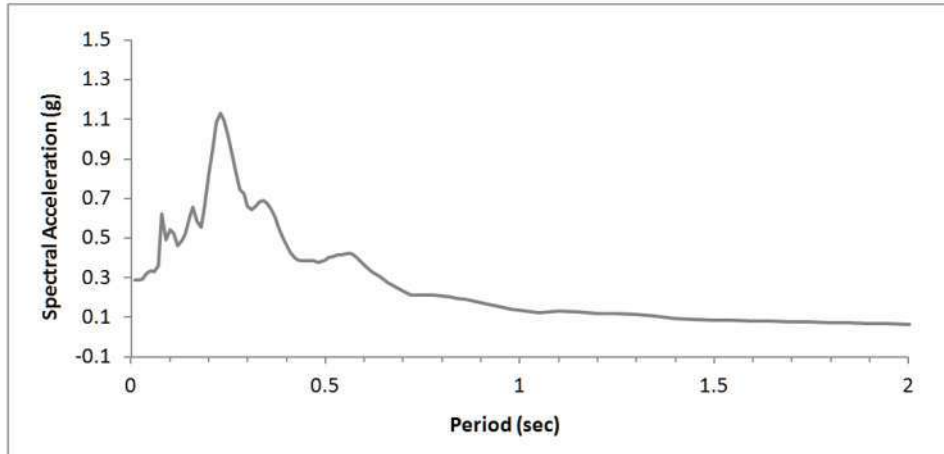


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 000670xa)



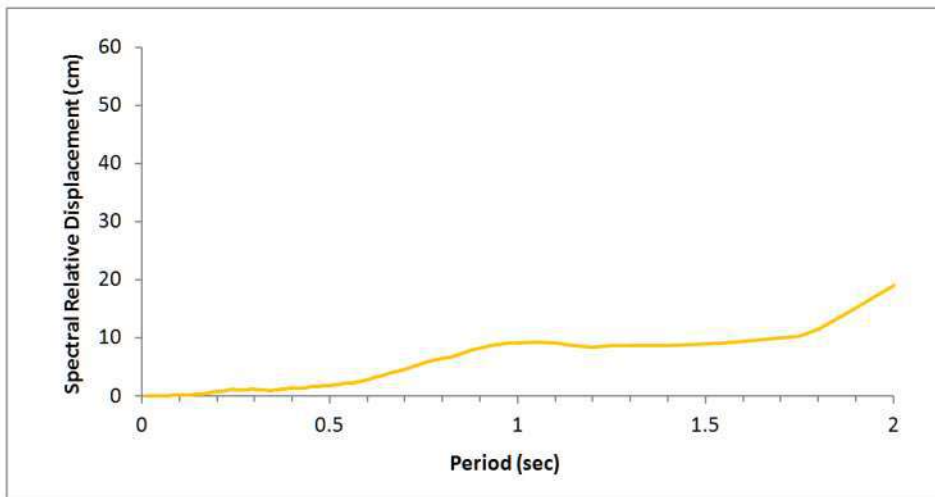
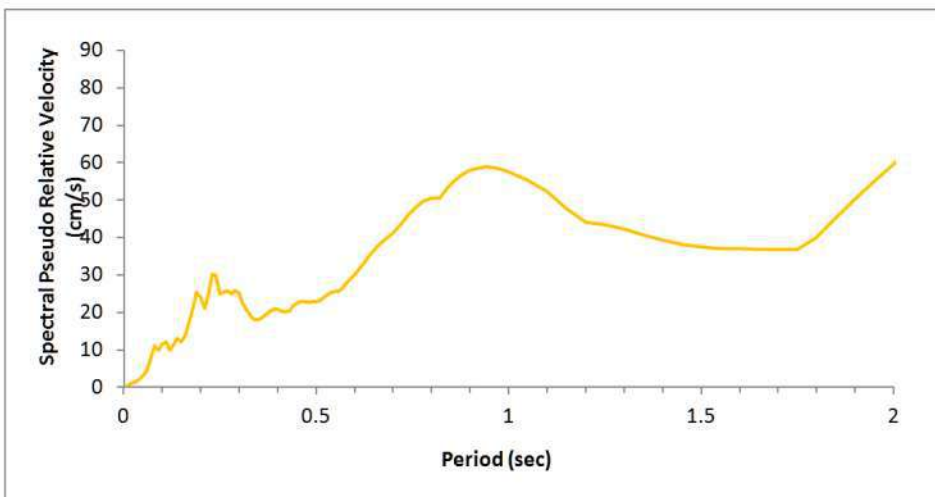
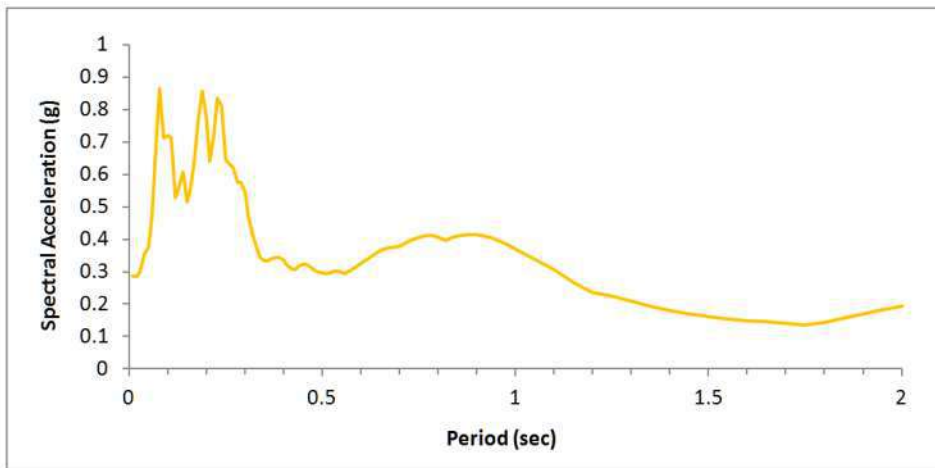


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 001243xa)



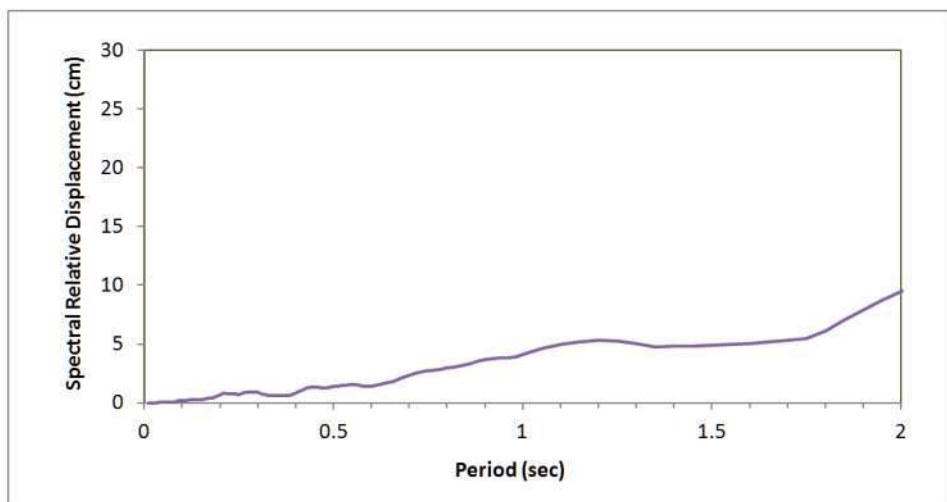
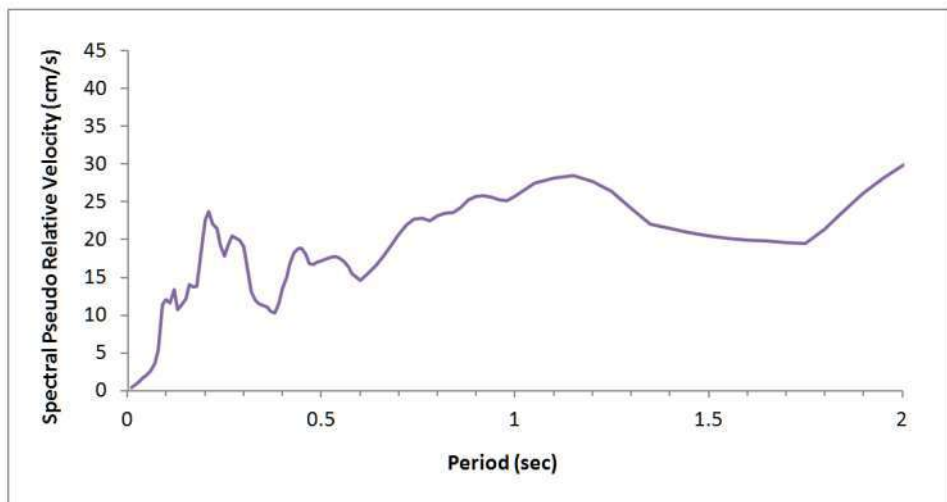
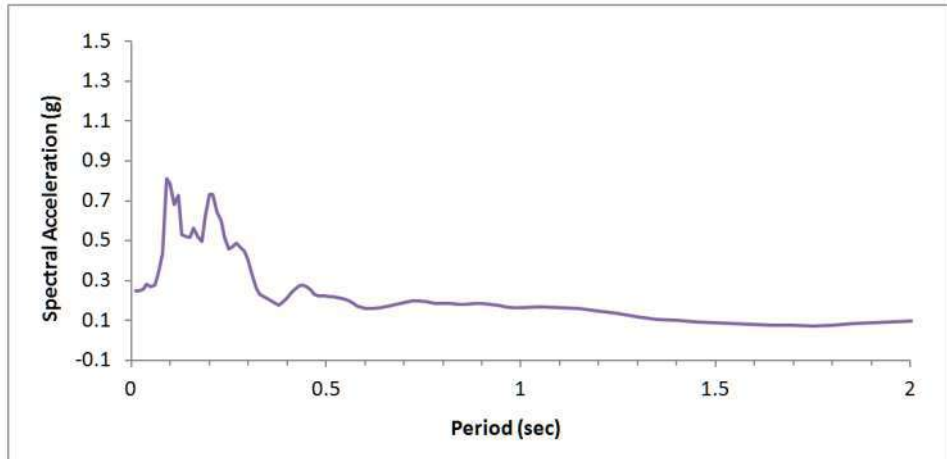


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 006341xa)



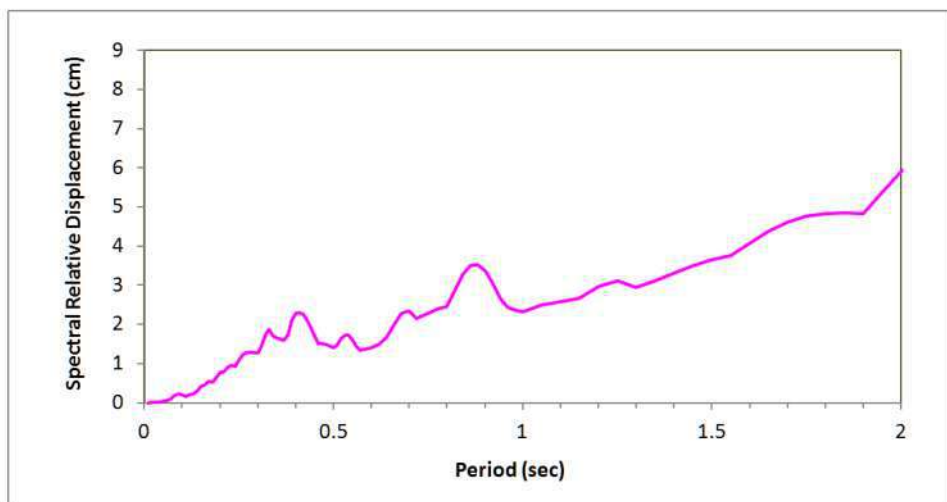
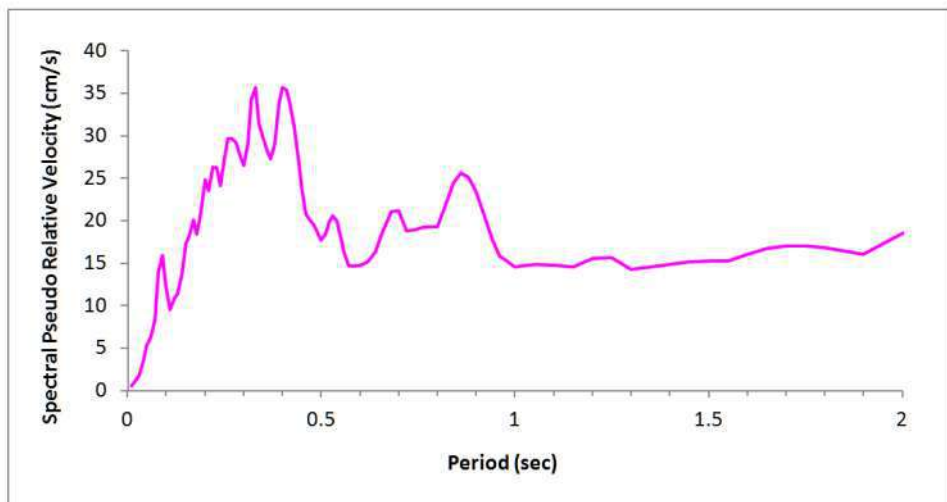
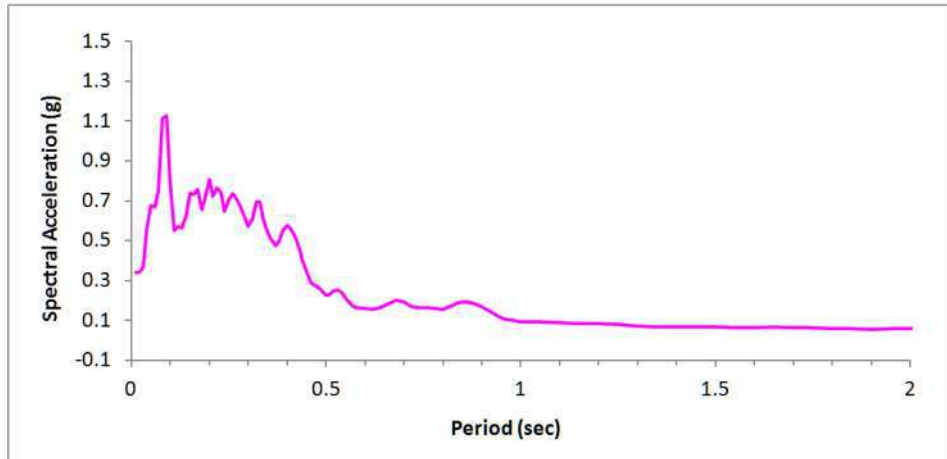


SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 006342xa)





SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 007142ya)



ALLEGATO D

Tabulati dei Calcoli di Stabilità

1_STATO ATTUALE_CONDIZIONE STATICA

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	Argilla Plastica	18.00	19.00	18.00	5.0
2	Argilla Consistente	19.00	20.00	24.00	15.0
3	Substrato molto consistente	20.00	21.00	31.00	40.0

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	16.65
2	4.65	17.26
3	9.99	17.95
4	15.08	18.99
5	19.88	20.08
6	26.60	21.61
7	30.85	22.80
8	38.02	24.48
9	40.35	25.07
10	51.03	28.28
11	53.99	29.08
12	59.23	29.97
13	63.68	30.46
14	70.06	31.00
15	71.25	31.10
16	76.98	31.35
17	78.17	31.45
18	84.00	31.45

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato molto consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	9.51
2	0.00	0.00
3	84.00	0.00
4	84.00	26.78
5	76.84	26.46
6	70.16	26.01
7	63.93	24.93
8	59.04	23.94

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	51.08	21.17
10	45.93	19.73
11	39.80	18.00
12	36.05	17.01
13	30.85	15.73
14	26.70	14.54
15	20.32	13.06
16	15.77	12.07
17	9.99	11.08
18	4.85	10.34

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Argilla Plastica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	29.48
2	84.00	31.45
3	78.17	31.45
4	76.98	31.35
5	71.25	31.10
6	70.06	31.00
7	63.68	30.46
8	59.23	29.97
9	53.99	29.08
10	51.03	28.28
11	40.35	25.07
12	38.02	24.48
13	30.85	22.80
14	26.60	21.61
15	19.88	20.08
16	15.08	18.99
17	9.99	17.95
18	4.65	17.26
19	0.00	16.65
20	0.00	12.40
21	5.14	13.21
22	9.99	13.90
23	14.88	15.04
24	20.13	16.32
25	26.65	17.85
26	31.00	18.84
27	36.05	20.03
28	39.21	20.77
29	40.94	21.32
30	45.98	23.05
31	51.08	24.68
32	59.53	27.45
33	63.73	28.09
34	67.00	28.54
35	69.96	28.78
36	71.15	28.88
37	74.81	29.08
38	77.08	29.23

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Argilla Consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	26.78
2	84.00	29.48
3	77.08	29.23
4	74.81	29.08
5	71.15	28.88
6	69.96	28.78
7	67.00	28.54
8	63.73	28.09
9	59.53	27.45
10	51.08	24.68
11	45.98	23.05
12	40.94	21.32
13	39.21	20.77
14	36.05	20.03

n°	X	Y
	[m]	[m]
15	31.00	18.84
16	26.65	17.85
17	20.13	16.32
18	14.88	15.04
19	9.99	13.90
20	5.14	13.21
21	0.00	12.40
22	0.00	9.51
23	4.85	10.34
24	9.99	11.08
25	15.77	12.07
26	20.32	13.06
27	26.70	14.54
28	30.85	15.73
29	36.05	17.01
30	39.80	18.00
31	45.93	19.73
32	51.08	21.17
33	59.04	23.94
34	63.93	24.93
35	70.16	26.01
36	76.84	26.46

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	-0.05	15.78
2	10.07	16.76
3	14.91	17.79
4	20.13	18.94
5	25.57	20.19
6	31.99	21.87
7	36.12	22.91
8	40.42	23.94
9	44.06	25.08
10	50.15	26.93
11	54.02	27.97
12	59.40	28.95
13	64.02	29.44
14	69.03	29.82
15	73.98	30.14
16	79.80	30.25
17	84.00	30.36

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15.00$	$Y_0 = 50.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.00$	$dY = 1.00$
Numero passi		$Nx = 60$	$Ny = 60$
Raggio	[m]	$R = 40.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 10

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	4830
Coefficiente di sicurezza minimo	1.002
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	4830	1.002	1	8.458	4830

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	F _s	Caso	Sisma
1	C	26.00	68.00	49.00	18.01	56.27	105.86	1.002 (J)	[A2M2]	--
2	C	26.00	67.00	48.00	18.05	55.83	103.46	1.008 (J)	[A2M2]	--
3	C	30.00	62.00	42.00	22.50	56.64	90.72	1.012 (J)	[A2M2]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 68.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.01	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.27	Y _m [m]= 29.47
Coefficiente di sicurezza	F _S = 1.002	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.01	19.66	19.66	19.88	20.08	19.38	19.26	19.71	1.89	-8.28	14.57	4
2	19.88	20.08	19.38	20.13	20.14	19.35	20.01	19.74	0.25	-7.03	14.57	4
3	20.13	20.14	19.35	21.94	20.55	19.17	21.12	19.81	1.82	-5.81	14.57	4
4	21.94	20.55	19.17	23.76	20.96	19.05	22.90	19.94	1.82	-3.69	14.57	4
5	23.76	20.96	19.05	25.57	21.38	19.00	24.70	20.10	1.81	-1.56	14.57	4
6	25.57	21.38	19.00	26.60	21.61	19.00	26.09	20.25	1.03	0.10	14.57	4
7	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.53	14.57	4
8	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.19	14.57	4
9	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.24	30.15	20.89	1.42	4.85	14.57	4
10	30.85	22.80	19.24	31.00	22.84	19.26	30.93	21.03	0.15	5.77	14.57	4
11	31.00	22.84	19.26	31.99	23.07	19.37	31.50	21.13	1.00	6.44	14.57	4
12	31.99	23.07	19.37	33.34	23.38	19.55	32.67	21.34	1.37	7.82	14.57	4
13	33.34	23.38	19.55	34.70	23.70	19.78	34.02	21.60	1.37	9.42	14.57	4
14	34.70	23.70	19.78	36.05	24.02	20.04	35.37	21.89	1.38	11.03	14.57	4
15	36.05	24.02	20.04	36.12	24.03	20.06	36.09	22.04	0.07	11.88	14.57	4
16	36.12	24.03	20.06	38.02	24.48	20.50	37.07	22.27	1.95	13.06	14.57	4
17	38.02	24.48	20.50	39.21	24.78	20.81	38.61	22.64	1.23	14.92	14.57	4
18	39.21	24.78	20.81	40.35	25.07	21.15	39.78	22.95	1.19	16.33	14.57	4
19	40.35	25.07	21.15	40.42	25.09	21.17	40.38	23.12	0.07	17.07	14.57	4
20	40.42	25.09	21.17	40.94	25.25	21.33	40.68	23.21	0.55	17.43	14.57	4
21	40.94	25.25	21.33	42.50	25.72	21.86	41.72	23.54	1.65	18.72	14.57	4
22	42.50	25.72	21.86	44.06	26.19	22.45	43.28	24.05	1.67	20.65	14.57	4
23	44.06	26.19	22.45	45.02	26.47	22.84	44.54	24.49	1.04	22.23	14.57	4
24	45.02	26.47	22.84	45.98	26.76	23.26	45.50	24.83	1.05	23.45	14.57	4
25	45.98	26.76	23.26	47.37	27.18	23.91	46.67	25.27	1.53	24.96	14.57	4
26	47.37	27.18	23.91	48.76	27.60	24.61	48.05	25.82	1.56	26.77	14.57	4
27	48.76	27.60	24.61	50.15	28.02	25.36	49.44	26.39	1.58	28.60	14.57	4
28	50.15	28.02	25.36	51.03	28.28	25.88	50.58	26.88	1.02	30.12	14.57	4
29	51.03	28.28	25.88	52.51	28.68	26.79	51.74	27.39	1.74	31.74	14.57	4
30	52.51	28.68	26.79	53.99	29.08	27.78	53.20	28.06	1.78	33.79	14.57	4
31	53.99	29.08	27.78	54.02	29.09	27.80	54.00	28.44	0.04	34.86	14.57	4
32	54.02	29.09	27.80	55.14	29.28	28.61	54.52	28.67	1.38	35.69	14.57	4
33	55.14	29.28	28.61	56.27	29.47	29.47	55.52	29.12	1.41	37.32	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.71	0.00	13.44	11.02	0.00	0.00	12.84	0.00	0.00	
2	3.33	0.00	3.59	1.94	0.00	12.84	15.20	0.00	0.00	
3	35.40	0.00	37.31	16.95	0.00	15.20	35.85	0.00	0.00	
4	54.56	0.00	47.83	19.66	8.11	35.85	59.06	0.00	0.00	
5	71.66	0.00	55.29	21.58	16.99	59.06	82.60	0.00	0.00	
6	47.53	0.00	34.15	12.97	13.35	82.60	95.48	0.00	0.00	
7	73.33	0.00	50.31	18.70	22.55	95.48	112.23	0.00	0.00	
8	82.40	0.00	54.51	19.80	26.92	112.23	127.47	0.00	0.00	
9	90.36	0.00	58.17	20.76	30.76	127.47	140.64	0.00	0.00	
10	9.99	0.00	6.35	2.25	3.46	140.64	141.89	0.00	0.00	
11	67.26	0.00	42.27	14.94	23.73	141.89	149.33	0.00	0.00	
12	95.21	0.00	58.70	20.68	34.56	149.33	157.13	0.00	0.00	
13	98.12	0.00	59.46	20.90	36.53	157.13	162.03	0.00	0.00	
14	100.03	0.00	59.79	21.01	38.02	162.03	163.93	0.00	0.00	
15	5.21	0.00	3.10	1.09	2.00	163.93	163.95	0.00	0.00	
16	141.57	0.00	83.77	29.51	54.72	163.95	161.40	0.00	0.00	
17	88.54	0.00	52.26	18.47	34.44	161.40	156.92	0.00	0.00	
18	84.14	0.00	49.82	17.66	32.68	156.92	150.66	0.00	0.00	
19	5.14	0.00	3.05	1.08	1.99	150.66	150.22	0.00	0.00	
20	38.11	0.00	22.61	8.04	14.81	150.22	146.68	0.00	0.00	
21	113.36	0.00	67.15	23.99	44.42	146.68	133.60	0.00	0.00	
22	110.75	0.00	65.61	23.67	43.82	133.60	117.15	0.00	0.00	
23	66.13	0.00	39.34	14.34	26.24	117.15	105.61	0.00	0.00	
24	64.02	0.00	38.34	14.12	25.32	105.61	93.23	0.00	0.00	
25	87.98	0.00	53.30	19.94	34.47	93.23	74.27	0.00	0.00	
26	81.22	0.00	50.12	19.21	31.15	74.27	54.82	0.00	0.00	
27	72.99	0.00	46.24	18.31	26.91	54.82	35.88	0.00	0.00	
28	41.30	0.00	27.07	11.08	14.25	35.88	24.72	0.00	0.00	
29	58.73	0.00	40.62	17.48	17.62	24.72	8.95	0.00	0.00	
30	43.18	0.00	33.11	15.69	8.34	8.95	-1.06	0.00	0.00	
31	0.70	0.00	0.59	0.30	0.06	-1.06	-1.18	0.00	0.00	
32	19.76	0.00	17.16	9.98	0.00	-1.18	-3.09	0.00	0.00	
33	6.74	0.00	3.49	6.55	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 67.00
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.05	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.83	Y _m [m]= 29.39
Coefficiente di sicurezza	F _S = 1.008	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.05	19.66	19.66	19.88	20.08	19.39	19.27	19.71	1.85	-8.43	14.57	4
2	19.88	20.08	19.39	20.13	20.14	19.36	20.01	19.74	0.25	-7.17	14.57	4
3	20.13	20.14	19.36	21.94	20.55	19.17	21.12	19.81	1.82	-5.94	14.57	4
4	21.94	20.55	19.17	23.76	20.96	19.05	22.90	19.94	1.82	-3.76	14.57	4
5	23.76	20.96	19.05	25.57	21.38	19.00	24.70	20.10	1.81	-1.60	14.57	4
6	25.57	21.38	19.00	26.60	21.61	19.00	26.09	20.25	1.03	0.10	14.57	4
7	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.56	14.57	4
8	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.25	14.57	4
9	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.25	30.15	20.89	1.42	4.95	14.57	4
10	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.26	30.93	21.04	0.15	5.89	14.57	4
11	31.00	22.84	19.26	31.99	23.07	19.38	31.50	21.14	1.00	6.57	14.57	4
12	31.99	23.07	19.38	33.34	23.38	19.57	32.67	21.35	1.37	7.98	14.57	4
13	33.34	23.38	19.57	34.70	23.70	19.79	34.02	21.61	1.37	9.62	14.57	4
14	34.70	23.70	19.79	36.05	24.02	20.06	35.37	21.89	1.38	11.26	14.57	4
15	36.05	24.02	20.06	36.12	24.03	20.08	36.09	22.05	0.07	12.13	14.57	4
16	36.12	24.03	20.08	37.07	24.26	20.29	36.60	22.17	0.97	12.75	14.57	4
17	37.07	24.26	20.29	38.02	24.48	20.53	37.54	22.39	0.98	13.92	14.57	4
18	38.02	24.48	20.53	39.21	24.78	20.85	38.61	22.66	1.23	15.24	14.57	4
19	39.21	24.78	20.85	40.35	25.07	21.20	39.78	22.97	1.19	16.68	14.57	4
20	40.35	25.07	21.20	40.42	25.09	21.22	40.38	23.14	0.07	17.44	14.57	4
21	40.42	25.09	21.22	40.94	25.25	21.38	40.68	23.23	0.55	17.81	14.57	4
22	40.94	25.25	21.38	42.50	25.72	21.93	41.72	23.57	1.65	19.12	14.57	4
23	42.50	25.72	21.93	44.06	26.19	22.53	43.28	24.09	1.67	21.10	14.57	4
24	44.06	26.19	22.53	45.02	26.47	22.93	44.54	24.53	1.04	22.72	14.57	4
25	45.02	26.47	22.93	45.98	26.76	23.36	45.50	24.88	1.05	23.97	14.57	4
26	45.98	26.76	23.36	47.37	27.18	24.02	46.67	25.33	1.54	25.52	14.57	4
27	47.37	27.18	24.02	48.76	27.60	24.74	48.05	25.88	1.57	27.37	14.57	4
28	48.76	27.60	24.74	50.15	28.02	25.52	49.44	26.46	1.59	29.26	14.57	4
29	50.15	28.02	25.52	51.03	28.28	26.04	50.58	26.96	1.02	30.82	14.57	4
30	51.03	28.28	26.04	52.51	28.68	26.98	51.74	27.48	1.75	32.48	14.57	4
31	52.51	28.68	26.98	53.99	29.08	28.01	53.19	28.16	1.80	34.60	14.57	4
32	53.99	29.08	28.01	54.02	29.09	28.03	54.00	28.55	0.04	35.69	14.57	4
33	54.02	29.09	28.03	55.83	29.39	29.39	54.62	28.83	2.26	37.07	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.36	0.00	13.07	10.72	0.00	0.00	12.52	0.00	0.00	
2	3.30	0.00	3.56	1.92	0.00	12.52	14.87	0.00	0.00	
3	35.22	0.00	37.15	16.81	0.00	14.87	35.43	0.00	0.00	
4	54.49	0.00	47.82	19.53	8.07	35.43	58.59	0.00	0.00	
5	71.64	0.00	55.29	21.45	16.98	58.59	82.04	0.00	0.00	
6	47.52	0.00	34.15	12.89	13.35	82.04	94.85	0.00	0.00	
7	73.32	0.00	50.30	18.59	22.54	94.85	111.44	0.00	0.00	
8	82.36	0.00	54.47	19.67	26.90	111.44	126.46	0.00	0.00	
9	90.26	0.00	58.11	20.62	30.71	126.46	139.34	0.00	0.00	
10	9.97	0.00	6.34	2.23	3.46	139.34	140.55	0.00	0.00	
11	67.14	0.00	42.20	14.83	23.67	140.55	147.74	0.00	0.00	
12	94.96	0.00	58.57	20.52	34.45	147.74	155.14	0.00	0.00	
13	97.76	0.00	59.28	20.72	36.36	155.14	159.59	0.00	0.00	
14	99.53	0.00	59.55	20.82	37.79	159.59	161.00	0.00	0.00	
15	5.18	0.00	3.08	1.08	1.99	161.00	160.99	0.00	0.00	
16	70.41	0.00	41.77	14.63	27.10	160.99	160.06	0.00	0.00	
17	70.36	0.00	41.62	14.61	27.26	160.06	157.67	0.00	0.00	
18	87.73	0.00	51.89	18.27	34.06	157.67	152.71	0.00	0.00	
19	83.20	0.00	49.39	17.45	32.24	152.71	145.99	0.00	0.00	
20	5.07	0.00	3.02	1.07	1.96	145.99	145.52	0.00	0.00	
21	37.62	0.00	22.39	7.94	14.57	145.52	141.77	0.00	0.00	
22	111.67	0.00	66.39	23.66	43.60	141.77	128.10	0.00	0.00	
23	108.66	0.00	64.68	23.30	42.79	128.10	111.15	0.00	0.00	
24	64.63	0.00	38.67	14.10	25.49	111.15	99.36	0.00	0.00	
25	62.33	0.00	37.59	13.86	24.47	99.36	86.81	0.00	0.00	
26	85.19	0.00	52.05	19.53	33.03	86.81	67.78	0.00	0.00	
27	77.96	0.00	48.65	18.75	29.43	67.78	48.54	0.00	0.00	
28	69.22	0.00	44.52	17.80	24.85	48.54	30.16	0.00	0.00	
29	38.62	0.00	25.83	10.72	12.74	30.16	19.61	0.00	0.00	
30	53.64	0.00	38.23	16.81	14.65	19.61	5.39	0.00	0.00	
31	37.29	0.00	30.28	14.94	4.72	5.39	-2.18	0.00	0.00	
32	0.58	0.00	0.51	0.28	0.00	-2.18	-2.26	0.00	0.00	
33	17.20	0.00	12.37	12.17	0.00	-2.26	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	30	
Coordinate del centro	X[m]= 30.00	Y[m]= 62.00
Raggio del cerchio	R[m]= 42.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 22.50	Y _v [m]= 20.68
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.64	Y _m [m]= 29.53
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.012	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	22.50	20.68	20.68	24.03	21.03	20.43	23.52	20.71	1.56	-9.23	14.57	4
2	24.03	21.03	20.43	25.57	21.38	20.23	24.88	20.77	1.55	-7.11	14.57	4
3	25.57	21.38	20.23	26.60	21.61	20.14	26.11	20.84	1.03	-5.35	14.57	4
4	26.60	21.61	20.14	28.02	22.01	20.05	27.34	20.95	1.42	-3.67	14.57	4
5	28.02	22.01	20.05	29.43	22.40	20.00	28.75	21.12	1.42	-1.74	14.57	4
6	29.43	22.40	20.00	30.85	22.80	20.01	30.16	21.31	1.42	0.19	14.57	4
7	30.85	22.80	20.01	31.99	23.07	20.05	31.43	21.48	1.14	1.94	14.57	4
8	31.99	23.07	20.05	33.34	23.38	20.13	32.67	21.66	1.36	3.64	14.57	4
9	33.34	23.38	20.13	34.70	23.70	20.26	34.03	21.87	1.36	5.49	14.57	4
10	34.70	23.70	20.26	36.05	24.02	20.44	35.38	22.11	1.36	7.35	14.57	4
11	36.05	24.02	20.44	36.12	24.03	20.45	36.09	22.23	0.07	8.33	14.57	4
12	36.12	24.03	20.45	37.07	24.26	20.60	36.60	22.34	0.96	9.03	14.57	4
13	37.07	24.26	20.60	38.02	24.48	20.77	37.55	22.53	0.97	10.35	14.57	4
14	38.02	24.48	20.77	39.21	24.78	21.02	38.62	22.76	1.22	11.84	14.57	4
15	39.21	24.78	21.02	40.35	25.07	21.30	39.78	23.04	1.17	13.47	14.57	4
16	40.35	25.07	21.30	40.42	25.09	21.31	40.39	23.19	0.07	14.32	14.57	4
17	40.42	25.09	21.31	40.94	25.25	21.45	40.68	23.28	0.54	14.73	14.57	4
18	40.94	25.25	21.45	42.50	25.72	21.90	41.72	23.58	1.62	16.21	14.57	4
19	42.50	25.72	21.90	44.06	26.19	22.42	43.28	24.06	1.64	18.44	14.57	4
20	44.06	26.19	22.42	45.02	26.47	22.78	44.54	24.46	1.02	20.26	14.57	4
21	45.02	26.47	22.78	45.98	26.76	23.16	45.50	24.79	1.03	21.66	14.57	4
22	45.98	26.76	23.16	47.37	27.18	23.76	46.67	25.21	1.51	23.40	14.57	4
23	47.37	27.18	23.76	48.76	27.60	24.42	48.06	25.74	1.54	25.48	14.57	4
24	48.76	27.60	24.42	50.15	28.02	25.15	49.44	26.29	1.57	27.60	14.57	4
25	50.15	28.02	25.15	51.03	28.28	25.64	50.58	26.77	1.01	29.36	14.57	4
26	51.03	28.28	25.64	52.51	28.68	26.54	51.74	27.28	1.73	31.23	14.57	4
27	52.51	28.68	26.54	53.99	29.08	27.53	53.21	27.94	1.78	33.62	14.57	4
28	53.99	29.08	27.53	54.02	29.09	27.55	54.00	28.31	0.04	34.86	14.57	4
29	54.02	29.09	27.55	55.33	29.31	28.50	54.61	28.58	1.62	35.99	14.57	4
30	55.33	29.31	28.50	56.64	29.53	29.53	55.77	29.11	1.67	38.23	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	8.29	0.00	9.81	8.67	0.00	0.00	10.14	0.00	0.00	
2	24.08	0.00	25.86	12.76	0.00	10.14	26.00	0.00	0.00	
3	24.37	0.00	24.03	10.26	1.41	26.00	38.59	0.00	0.00	
4	44.54	0.00	37.93	15.35	7.69	38.59	56.84	0.00	0.00	
5	56.98	0.00	43.76	16.84	13.76	56.84	75.42	0.00	0.00	
6	68.14	0.00	48.90	18.16	19.17	75.42	93.35	0.00	0.00	
7	61.55	0.00	42.13	15.33	18.94	93.35	106.61	0.00	0.00	
8	79.02	0.00	52.05	18.73	25.93	106.61	120.35	0.00	0.00	
9	84.42	0.00	53.86	19.21	29.10	120.35	131.53	0.00	0.00	
10	88.69	0.00	55.17	19.57	31.73	131.53	139.82	0.00	0.00	
11	4.69	0.00	2.88	1.02	1.71	139.82	140.16	0.00	0.00	
12	64.32	0.00	39.33	13.91	23.58	140.16	144.02	0.00	0.00	
13	65.41	0.00	39.64	14.00	24.29	144.02	146.30	0.00	0.00	
14	83.07	0.00	50.05	17.66	31.12	146.30	146.94	0.00	0.00	
15	80.29	0.00	48.27	17.03	30.21	146.94	145.23	0.00	0.00	
16	4.94	0.00	2.97	1.05	1.86	145.23	145.05	0.00	0.00	
17	36.83	0.00	22.11	7.80	13.92	145.05	143.43	0.00	0.00	
18	111.02	0.00	66.25	23.44	42.55	143.43	135.58	0.00	0.00	
19	110.52	0.00	65.62	23.36	43.10	135.58	123.35	0.00	0.00	
20	66.96	0.00	39.76	14.26	26.35	123.35	113.84	0.00	0.00	
21	65.51	0.00	39.06	14.12	25.82	113.84	103.01	0.00	0.00	
22	91.22	0.00	54.84	20.07	35.87	103.01	85.42	0.00	0.00	
23	85.57	0.00	52.20	19.49	33.30	85.42	66.24	0.00	0.00	
24	78.26	0.00	48.79	18.73	29.73	66.24	46.46	0.00	0.00	
25	45.03	0.00	28.89	11.41	16.35	46.46	34.23	0.00	0.00	
26	65.47	0.00	43.97	18.14	21.60	34.23	15.74	0.00	0.00	
27	50.27	0.00	36.71	16.46	12.71	15.74	2.08	0.00	0.00	
28	0.85	0.00	0.66	0.31	0.15	2.08	1.87	0.00	0.00	
29	27.85	0.00	24.20	12.62	1.06	1.87	-2.77	0.00	0.00	
30	9.55	0.00	5.79	8.08	0.00	-2.77	0.00	0.00	0.00	

2_STATO ATTUALE CONDIZIONE DINAMICA (CON FALDA)

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	Argilla Plastica	18.00	19.00	18.00	5.0
2	Argilla Consistente	19.00	20.00	24.00	15.0
3	Substrato molto consistente	20.00	21.00	31.00	40.0

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	16.65
2	4.65	17.26
3	9.99	17.95
4	15.08	18.99
5	19.88	20.08
6	26.60	21.61
7	30.85	22.80
8	38.02	24.48
9	40.35	25.07
10	51.03	28.28
11	53.99	29.08
12	59.23	29.97
13	63.68	30.46
14	70.06	31.00
15	71.25	31.10
16	76.98	31.35
17	78.17	31.45
18	84.00	31.45

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato molto consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	9.51
2	0.00	0.00
3	84.00	0.00
4	84.00	26.78
5	76.84	26.46
6	70.16	26.01
7	63.93	24.93

n°	X	Y
	[m]	[m]
8	59.04	23.94
9	51.08	21.17
10	45.93	19.73
11	39.80	18.00
12	36.05	17.01
13	30.85	15.73
14	26.70	14.54
15	20.32	13.06
16	15.77	12.07
17	9.99	11.08
18	4.85	10.34

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Argilla Plastica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	29.48
2	84.00	31.45
3	78.17	31.45
4	76.98	31.35
5	71.25	31.10
6	70.06	31.00
7	63.68	30.46
8	59.23	29.97
9	53.99	29.08
10	51.03	28.28
11	40.35	25.07
12	38.02	24.48
13	30.85	22.80
14	26.60	21.61
15	19.88	20.08
16	15.08	18.99
17	9.99	17.95
18	4.65	17.26
19	0.00	16.65
20	0.00	12.40
21	5.14	13.21
22	9.99	13.90
23	14.88	15.04
24	20.13	16.32
25	26.65	17.85
26	31.00	18.84
27	36.05	20.03
28	39.21	20.77
29	40.94	21.32
30	45.98	23.05
31	51.08	24.68
32	59.53	27.45
33	63.73	28.09
34	67.00	28.54
35	69.96	28.78
36	71.15	28.88
37	74.81	29.08
38	77.08	29.23

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Argilla Consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	26.78
2	84.00	29.48
3	77.08	29.23
4	74.81	29.08
5	71.15	28.88
6	69.96	28.78
7	67.00	28.54
8	63.73	28.09
9	59.53	27.45
10	51.08	24.68
11	45.98	23.05
12	40.94	21.32

n°	X [m]	Y [m]
13	39.21	20.77
14	36.05	20.03
15	31.00	18.84
16	26.65	17.85
17	20.13	16.32
18	14.88	15.04
19	9.99	13.90
20	5.14	13.21
21	0.00	12.40
22	0.00	9.51
23	4.85	10.34
24	9.99	11.08
25	15.77	12.07
26	20.32	13.06
27	26.70	14.54
28	30.85	15.73
29	36.05	17.01
30	39.80	18.00
31	45.93	19.73
32	51.08	21.17
33	59.04	23.94
34	63.93	24.93
35	70.16	26.01
36	76.84	26.46

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	-0.05	15.78
2	10.07	16.76
3	14.91	17.79
4	20.13	18.94
5	25.57	20.19
6	31.99	21.87
7	36.12	22.91
8	40.42	23.94
9	44.06	25.08
10	50.15	26.93
11	54.02	27.97
12	59.40	28.95
13	64.02	29.44
14	69.03	29.82
15	73.98	30.14
16	79.80	30.25
17	84.00	30.36

Dati zona sismica

Accelerazione al suolo a_g	2.390 [m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.78
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.28
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S) = 9.26$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 4.63$

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_γ	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15.00$	$Y_0 = 50.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.00$	$dY = 1.00$
Numero passi		$N_x = 60$	$N_y = 60$
Raggio	[m]	$R = 40.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 10

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	9660
Coefficiente di sicurezza minimo	0.894
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	9660	0.894	1	6.841	9660

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	F _s	Caso	Sisma
1	C	26.00	68.00	49.00	18.01	56.27	105.86	0.894 (J)	[A2M2]	H+V
2	C	26.00	67.00	48.00	18.05	55.83	103.46	0.900 (J)	[A2M2]	H+V
3	C	26.00	66.00	47.00	18.08	55.38	101.07	0.907 (J)	[A2M2]	H+V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espressa in kN

Q carico applicato sulla striscia espressa in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 68.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.01	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.27	Y _m [m]= 29.47
Coefficiente di sicurezza	F _S = 0.894	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.01	19.66	19.66	19.88	20.08	19.38	19.26	19.71	1.89	-8.28	18.00	5
2	19.88	20.08	19.38	20.13	20.14	19.35	20.01	19.74	0.25	-7.03	18.00	5
3	20.13	20.14	19.35	21.94	20.55	19.17	21.12	19.81	1.82	-5.81	18.00	5
4	21.94	20.55	19.17	23.76	20.96	19.05	22.90	19.94	1.82	-3.69	18.00	5
5	23.76	20.96	19.05	25.57	21.38	19.00	24.70	20.10	1.81	-1.56	18.00	5
6	25.57	21.38	19.00	26.60	21.61	19.00	26.09	20.25	1.03	0.10	18.00	5
7	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.53	18.00	5
8	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.19	18.00	5
9	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.24	30.15	20.89	1.42	4.85	18.00	5
10	30.85	22.80	19.24	31.00	22.84	19.26	30.93	21.03	0.15	5.77	18.00	5
11	31.00	22.84	19.26	31.99	23.07	19.37	31.50	21.13	1.00	6.44	18.00	5
12	31.99	23.07	19.37	33.34	23.38	19.55	32.67	21.34	1.37	7.82	18.00	5
13	33.34	23.38	19.55	34.70	23.70	19.78	34.02	21.60	1.37	9.42	18.00	5
14	34.70	23.70	19.78	36.05	24.02	20.04	35.37	21.89	1.38	11.03	18.00	5
15	36.05	24.02	20.04	36.12	24.03	20.06	36.09	22.04	0.07	11.88	18.00	5
16	36.12	24.03	20.06	38.02	24.48	20.50	37.07	22.27	1.95	13.06	18.00	5
17	38.02	24.48	20.50	39.21	24.78	20.81	38.61	22.64	1.23	14.92	18.00	5
18	39.21	24.78	20.81	40.35	25.07	21.15	39.78	22.95	1.19	16.33	18.00	5
19	40.35	25.07	21.15	40.42	25.09	21.17	40.38	23.12	0.07	17.07	18.00	5
20	40.42	25.09	21.17	40.94	25.25	21.33	40.68	23.21	0.55	17.43	18.00	5
21	40.94	25.25	21.33	42.50	25.72	21.86	41.72	23.54	1.65	18.72	18.00	5
22	42.50	25.72	21.86	44.06	26.19	22.45	43.28	24.05	1.67	20.65	18.00	5
23	44.06	26.19	22.45	45.02	26.47	22.84	44.54	24.49	1.04	22.23	18.00	5
24	45.02	26.47	22.84	45.98	26.76	23.26	45.50	24.83	1.05	23.45	18.00	5
25	45.98	26.76	23.26	47.37	27.18	23.91	46.67	25.27	1.53	24.96	18.00	5
26	47.37	27.18	23.91	48.76	27.60	24.61	48.05	25.82	1.56	26.77	18.00	5
27	48.76	27.60	24.61	50.15	28.02	25.36	49.44	26.39	1.58	28.60	18.00	5
28	50.15	28.02	25.36	51.03	28.28	25.88	50.58	26.88	1.02	30.12	18.00	5
29	51.03	28.28	25.88	52.51	28.68	26.79	51.74	27.39	1.74	31.74	18.00	5
30	52.51	28.68	26.79	53.99	29.08	27.78	53.20	28.06	1.78	33.79	18.00	5
31	53.99	29.08	27.78	54.02	29.09	27.80	54.00	28.44	0.04	34.86	18.00	5
32	54.02	29.09	27.80	55.14	29.28	28.61	54.52	28.67	1.38	35.69	18.00	5
33	55.14	29.28	28.61	56.27	29.47	29.47	55.52	29.12	1.41	37.32	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.71	0.00	13.54	15.48	0.00	0.00	16.19	0.00	0.00	
2	3.33	0.00	3.53	2.69	0.00	16.19	18.98	0.00	0.00	
3	35.40	0.00	36.31	23.39	0.00	18.98	42.66	0.00	0.00	
4	54.56	0.00	45.76	26.80	8.11	42.66	67.81	0.00	0.00	
5	71.66	0.00	52.17	29.11	16.99	67.81	92.16	0.00	0.00	
6	47.53	0.00	31.94	17.37	13.35	92.16	105.06	0.00	0.00	
7	73.33	0.00	46.75	24.92	22.55	105.06	121.33	0.00	0.00	
8	82.40	0.00	50.33	26.23	26.92	121.33	135.59	0.00	0.00	
9	90.36	0.00	53.41	27.37	30.76	135.59	147.38	0.00	0.00	
10	9.99	0.00	5.81	2.96	3.46	147.38	148.46	0.00	0.00	
11	67.26	0.00	38.61	19.61	23.73	148.46	154.73	0.00	0.00	
12	95.21	0.00	53.38	27.04	34.56	154.73	160.74	0.00	0.00	
13	98.12	0.00	53.81	27.23	36.53	160.74	163.73	0.00	0.00	
14	100.03	0.00	53.85	27.28	38.02	163.73	163.67	0.00	0.00	
15	5.21	0.00	2.78	1.41	2.00	163.67	163.58	0.00	0.00	
16	141.57	0.00	75.03	38.18	54.72	163.58	158.35	0.00	0.00	
17	88.54	0.00	46.59	23.82	34.44	158.35	152.31	0.00	0.00	
18	84.14	0.00	44.27	22.74	32.68	152.31	144.69	0.00	0.00	
19	5.14	0.00	2.70	1.39	1.99	144.69	144.17	0.00	0.00	
20	38.11	0.00	20.05	10.33	14.81	144.17	140.06	0.00	0.00	
21	113.36	0.00	59.31	30.77	44.42	140.06	125.43	0.00	0.00	
22	110.75	0.00	57.64	30.28	43.82	125.43	107.72	0.00	0.00	
23	66.13	0.00	34.41	18.31	26.24	107.72	95.59	0.00	0.00	
24	64.02	0.00	33.42	18.00	25.32	95.59	82.80	0.00	0.00	
25	87.98	0.00	46.27	25.39	34.47	82.80	63.61	0.00	0.00	
26	81.22	0.00	43.27	24.44	31.15	63.61	44.39	0.00	0.00	
27	72.99	0.00	39.68	23.28	26.91	44.39	26.19	0.00	0.00	
28	41.30	0.00	23.11	14.09	14.25	26.19	15.80	0.00	0.00	
29	58.73	0.00	34.47	22.26	17.62	15.80	1.90	0.00	0.00	
30	43.18	0.00	27.79	20.06	8.34	1.90	-5.52	0.00	0.00	
31	0.70	0.00	0.49	0.38	0.06	-5.52	-5.58	0.00	0.00	
32	19.76	0.00	13.99	12.83	0.00	-5.58	-5.15	0.00	0.00	
33	6.74	0.00	1.61	8.50	0.00	-5.15	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 67.00
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.05	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.83	Y _m [m]= 29.39
Coefficiente di sicurezza	F _s = 0.900	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.05	19.66	19.66	19.88	20.08	19.39	19.27	19.71	1.85	-8.43	18.00	5
2	19.88	20.08	19.39	20.13	20.14	19.36	20.01	19.74	0.25	-7.17	18.00	5
3	20.13	20.14	19.36	21.94	20.55	19.17	21.12	19.81	1.82	-5.94	18.00	5
4	21.94	20.55	19.17	23.76	20.96	19.05	22.90	19.94	1.82	-3.76	18.00	5
5	23.76	20.96	19.05	25.57	21.38	19.00	24.70	20.10	1.81	-1.60	18.00	5
6	25.57	21.38	19.00	26.60	21.61	19.00	26.09	20.25	1.03	0.10	18.00	5
7	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.56	18.00	5
8	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.25	18.00	5
9	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.25	30.15	20.89	1.42	4.95	18.00	5
10	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.26	30.93	21.04	0.15	5.89	18.00	5
11	31.00	22.84	19.26	31.99	23.07	19.38	31.50	21.14	1.00	6.57	18.00	5
12	31.99	23.07	19.38	33.34	23.38	19.57	32.67	21.35	1.37	7.98	18.00	5
13	33.34	23.38	19.57	34.70	23.70	19.79	34.02	21.61	1.37	9.62	18.00	5
14	34.70	23.70	19.79	36.05	24.02	20.06	35.37	21.89	1.38	11.26	18.00	5
15	36.05	24.02	20.06	36.12	24.03	20.08	36.09	22.05	0.07	12.13	18.00	5
16	36.12	24.03	20.08	37.07	24.26	20.29	36.60	22.17	0.97	12.75	18.00	5
17	37.07	24.26	20.29	38.02	24.48	20.53	37.54	22.39	0.98	13.92	18.00	5
18	38.02	24.48	20.53	39.21	24.78	20.85	38.61	22.66	1.23	15.24	18.00	5
19	39.21	24.78	20.85	40.35	25.07	21.20	39.78	22.97	1.19	16.68	18.00	5
20	40.35	25.07	21.20	40.42	25.09	21.22	40.38	23.14	0.07	17.44	18.00	5
21	40.42	25.09	21.22	40.94	25.25	21.38	40.68	23.23	0.55	17.81	18.00	5
22	40.94	25.25	21.38	42.50	25.72	21.93	41.72	23.57	1.65	19.12	18.00	5
23	42.50	25.72	21.93	44.06	26.19	22.53	43.28	24.09	1.67	21.10	18.00	5
24	44.06	26.19	22.53	45.02	26.47	22.93	44.54	24.53	1.04	22.72	18.00	5
25	45.02	26.47	22.93	45.98	26.76	23.36	45.50	24.88	1.05	23.97	18.00	5
26	45.98	26.76	23.36	47.37	27.18	24.02	46.67	25.33	1.54	25.52	18.00	5
27	47.37	27.18	24.02	48.76	27.60	24.74	48.05	25.88	1.57	27.37	18.00	5
28	48.76	27.60	24.74	50.15	28.02	25.52	49.44	26.46	1.59	29.26	18.00	5
29	50.15	28.02	25.52	51.03	28.28	26.04	50.58	26.96	1.02	30.82	18.00	5
30	51.03	28.28	26.04	52.51	28.68	26.98	51.74	27.48	1.75	32.48	18.00	5
31	52.51	28.68	26.98	53.99	29.08	28.01	53.19	28.16	1.80	34.60	18.00	5
32	53.99	29.08	28.01	54.02	29.09	28.03	54.00	28.55	0.04	35.69	18.00	5
33	54.02	29.09	28.03	55.83	29.39	29.39	54.62	28.83	2.26	37.07	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.36	0.00	13.18	15.06	0.00	0.00	15.78	0.00	0.00	
2	3.30	0.00	3.50	2.67	0.00	15.78	18.56	0.00	0.00	
3	35.22	0.00	36.18	23.19	0.00	18.56	42.11	0.00	0.00	
4	54.49	0.00	45.75	26.62	8.07	42.11	67.16	0.00	0.00	
5	71.64	0.00	52.18	28.92	16.98	67.16	91.36	0.00	0.00	
6	47.52	0.00	31.94	17.26	13.35	91.36	104.14	0.00	0.00	
7	73.32	0.00	46.74	24.75	22.54	104.14	120.20	0.00	0.00	
8	82.36	0.00	50.29	26.04	26.90	120.20	134.20	0.00	0.00	
9	90.26	0.00	53.35	27.16	30.71	134.20	145.65	0.00	0.00	
10	9.97	0.00	5.80	2.93	3.46	145.65	146.69	0.00	0.00	
11	67.14	0.00	38.54	19.45	23.67	146.69	152.68	0.00	0.00	
12	94.96	0.00	53.25	26.82	34.45	152.68	158.27	0.00	0.00	
13	97.76	0.00	53.62	26.99	36.36	158.27	160.79	0.00	0.00	
14	99.53	0.00	53.61	27.03	37.79	160.79	160.23	0.00	0.00	
15	5.18	0.00	2.77	1.40	1.99	160.23	160.12	0.00	0.00	
16	70.41	0.00	37.46	18.94	27.10	160.12	157.82	0.00	0.00	
17	70.36	0.00	37.20	18.87	27.26	157.82	154.12	0.00	0.00	
18	87.73	0.00	46.24	23.55	34.06	154.12	147.61	0.00	0.00	
19	83.20	0.00	43.87	22.45	32.24	147.61	139.57	0.00	0.00	
20	5.07	0.00	2.68	1.37	1.96	139.57	139.02	0.00	0.00	
21	37.62	0.00	19.84	10.20	14.57	139.02	134.72	0.00	0.00	
22	111.67	0.00	58.60	30.33	43.60	134.72	119.57	0.00	0.00	
23	108.66	0.00	56.78	29.79	42.79	119.57	101.45	0.00	0.00	
24	64.63	0.00	33.80	17.99	25.49	101.45	89.16	0.00	0.00	
25	62.33	0.00	32.74	17.66	24.47	89.16	76.28	0.00	0.00	
26	85.19	0.00	45.13	24.86	33.03	76.28	57.15	0.00	0.00	
27	77.96	0.00	41.95	23.85	29.43	57.15	38.29	0.00	0.00	
28	69.22	0.00	38.14	22.63	24.85	38.29	20.84	0.00	0.00	
29	38.62	0.00	22.01	13.64	12.74	20.84	11.18	0.00	0.00	
30	53.64	0.00	32.35	21.43	14.65	11.18	-0.95	0.00	0.00	
31	37.29	0.00	25.29	19.12	4.72	-0.95	-5.71	0.00	0.00	
32	0.58	0.00	0.42	0.36	0.00	-5.71	-5.71	0.00	0.00	
33	17.20	0.00	8.69	15.72	0.00	-5.71	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	33	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 66.00
Raggio del cerchio	R[m]= 47.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.08	Y _v [m]= 19.67
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.38	Y _m [m]= 29.32
Coefficiente di sicurezza	F _s = 0.907	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.08	19.67	19.67	19.88	20.08	19.40	19.28	19.72	1.82	-8.59	18.00	5
2	19.88	20.08	19.40	20.13	20.14	19.37	20.01	19.75	0.25	-7.33	18.00	5
3	20.13	20.14	19.37	21.94	20.55	19.18	21.12	19.81	1.82	-6.06	18.00	5
4	21.94	20.55	19.18	23.76	20.96	19.05	22.90	19.94	1.82	-3.84	18.00	5
5	23.76	20.96	19.05	25.57	21.38	19.00	24.70	20.10	1.81	-1.63	18.00	5
6	25.57	21.38	19.00	26.60	21.61	19.00	26.09	20.25	1.03	0.10	18.00	5
7	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.60	18.00	5
8	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.13	28.74	20.65	1.42	3.32	18.00	5
9	29.43	22.40	19.13	30.85	22.80	19.25	30.15	20.90	1.42	5.06	18.00	5
10	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.27	30.93	21.04	0.15	6.01	18.00	5
11	31.00	22.84	19.27	31.99	23.07	19.38	31.50	21.14	1.00	6.71	18.00	5
12	31.99	23.07	19.38	33.34	23.38	19.58	32.67	21.35	1.37	8.16	18.00	5
13	33.34	23.38	19.58	34.70	23.70	19.81	34.02	21.62	1.37	9.83	18.00	5
14	34.70	23.70	19.81	36.05	24.02	20.09	35.37	21.90	1.38	11.51	18.00	5
15	36.05	24.02	20.09	36.12	24.03	20.10	36.09	22.06	0.07	12.39	18.00	5
16	36.12	24.03	20.10	37.07	24.26	20.32	36.60	22.18	0.98	13.03	18.00	5
17	37.07	24.26	20.32	38.02	24.48	20.56	37.54	22.41	0.98	14.22	18.00	5
18	38.02	24.48	20.56	39.21	24.78	20.89	38.61	22.68	1.24	15.57	18.00	5
19	39.21	24.78	20.89	40.35	25.07	21.24	39.78	23.00	1.19	17.05	18.00	5
20	40.35	25.07	21.24	40.42	25.09	21.27	40.38	23.17	0.07	17.82	18.00	5
21	40.42	25.09	21.27	40.94	25.25	21.44	40.68	23.26	0.55	18.20	18.00	5
22	40.94	25.25	21.44	42.50	25.72	21.99	41.72	23.60	1.66	19.54	18.00	5
23	42.50	25.72	21.99	44.06	26.19	22.61	43.27	24.12	1.68	21.57	18.00	5
24	44.06	26.19	22.61	45.02	26.47	23.02	44.54	24.57	1.04	23.23	18.00	5
25	45.02	26.47	23.02	45.98	26.76	23.46	45.50	24.93	1.06	24.51	18.00	5
26	45.98	26.76	23.46	47.37	27.18	24.14	46.67	25.38	1.55	26.10	18.00	5
27	47.37	27.18	24.14	48.76	27.60	24.88	48.05	25.94	1.57	28.00	18.00	5
28	48.76	27.60	24.88	50.15	28.02	25.68	49.44	26.53	1.60	29.94	18.00	5
29	50.15	28.02	25.68	51.03	28.28	26.22	50.58	27.04	1.03	31.55	18.00	5
30	51.03	28.28	26.22	52.51	28.68	27.19	51.73	27.57	1.77	33.26	18.00	5
31	52.51	28.68	27.19	53.99	29.08	28.24	53.18	28.26	1.82	35.44	18.00	5
32	53.99	29.08	28.24	54.02	29.09	28.27	54.00	28.67	0.04	36.57	18.00	5
33	54.02	29.09	28.27	55.38	29.32	29.32	54.47	28.89	1.72	37.64	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.00	0.00	12.82	14.62	0.00	0.00	15.35	0.00	0.00	
2	3.26	0.00	3.47	2.63	0.00	15.35	18.10	0.00	0.00	
3	35.03	0.00	36.03	22.96	0.00	18.10	41.50	0.00	0.00	
4	54.40	0.00	45.75	26.41	8.03	41.50	66.42	0.00	0.00	
5	71.62	0.00	52.18	28.70	16.97	66.42	90.44	0.00	0.00	
6	47.52	0.00	31.94	17.12	13.35	90.44	103.08	0.00	0.00	
7	73.31	0.00	46.72	24.55	22.53	103.08	118.91	0.00	0.00	
8	82.31	0.00	50.26	25.83	26.88	118.91	132.60	0.00	0.00	
9	90.16	0.00	53.28	26.93	30.66	132.60	143.68	0.00	0.00	
10	9.96	0.00	5.79	2.91	3.45	143.68	144.68	0.00	0.00	
11	67.01	0.00	38.47	19.28	23.61	144.68	150.36	0.00	0.00	
12	94.70	0.00	53.11	26.57	34.33	150.36	155.49	0.00	0.00	
13	97.38	0.00	53.44	26.72	36.19	155.49	157.51	0.00	0.00	
14	99.01	0.00	53.37	26.74	37.55	157.51	156.40	0.00	0.00	
15	5.15	0.00	2.75	1.38	1.97	156.40	156.26	0.00	0.00	
16	69.94	0.00	37.25	18.72	26.88	156.26	153.57	0.00	0.00	
17	69.80	0.00	36.96	18.64	26.99	153.57	149.47	0.00	0.00	
18	86.88	0.00	45.88	23.25	33.66	149.47	142.47	0.00	0.00	
19	82.23	0.00	43.46	22.14	31.78	142.47	133.96	0.00	0.00	
20	5.01	0.00	2.65	1.35	1.93	133.96	133.39	0.00	0.00	
21	37.11	0.00	19.63	10.05	14.33	133.39	128.89	0.00	0.00	
22	109.89	0.00	57.87	29.86	42.74	128.89	113.20	0.00	0.00	
23	106.47	0.00	55.90	29.27	41.72	113.20	94.68	0.00	0.00	
24	63.05	0.00	33.16	17.64	24.71	94.68	82.22	0.00	0.00	
25	60.57	0.00	32.03	17.29	23.57	82.22	69.28	0.00	0.00	
26	82.26	0.00	43.95	24.28	31.51	69.28	50.27	0.00	0.00	
27	74.54	0.00	40.57	23.22	27.60	50.27	31.85	0.00	0.00	
28	65.25	0.00	36.53	21.93	22.65	31.85	15.28	0.00	0.00	
29	35.79	0.00	20.85	13.16	11.13	15.28	6.45	0.00	0.00	
30	48.27	0.00	30.11	20.55	11.47	6.45	-3.64	0.00	0.00	
31	31.15	0.00	22.72	18.15	0.83	-3.64	-5.39	0.00	0.00	
32	0.45	0.00	0.30	0.31	0.00	-5.39	-5.35	0.00	0.00	
33	10.05	0.00	3.75	10.83	0.00	-5.35	0.00	0.00	0.00	

3_STATO PROGETTO CONDIZIONE STATICA (NO FALDA-DRENI)

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	Argilla Plastica	18.00	19.00	18.00	5.0
2	Argilla Consistente	19.00	20.00	24.00	15.0
3	Substrato molto consistente	20.00	21.00	31.00	40.0

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	16.65
2	4.65	17.26
3	9.99	17.95
4	15.08	18.99
5	19.88	20.08
6	26.60	21.61
7	30.85	22.80
8	38.02	24.48
9	40.35	25.07
10	51.03	28.28
11	53.99	29.08
12	59.23	29.97
13	63.68	30.46
14	70.06	31.00
15	71.25	31.10
16	76.98	31.35
17	78.17	31.45
18	84.00	31.45

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato molto consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	9.51
2	0.00	0.00
3	84.00	0.00
4	84.00	26.78
5	76.84	26.46
6	70.16	26.01
7	63.93	24.93
8	59.04	23.94

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	51.08	21.17
10	45.93	19.73
11	39.80	18.00
12	36.05	17.01
13	30.85	15.73
14	26.70	14.54
15	20.32	13.06
16	15.77	12.07
17	9.99	11.08
18	4.85	10.34

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Argilla Plastica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	29.48
2	84.00	31.45
3	78.17	31.45
4	76.98	31.35
5	71.25	31.10
6	70.06	31.00
7	63.68	30.46
8	59.23	29.97
9	53.99	29.08
10	51.03	28.28
11	40.35	25.07
12	38.02	24.48
13	30.85	22.80
14	26.60	21.61
15	19.88	20.08
16	15.08	18.99
17	9.99	17.95
18	4.65	17.26
19	0.00	16.65
20	0.00	12.40
21	5.14	13.21
22	9.99	13.90
23	14.88	15.04
24	20.13	16.32
25	26.65	17.85
26	31.00	18.84
27	36.05	20.03
28	39.21	20.77
29	40.94	21.32
30	45.98	23.05
31	51.08	24.68
32	59.53	27.45
33	63.73	28.09
34	67.00	28.54
35	69.96	28.78
36	71.15	28.88
37	74.81	29.08
38	77.08	29.23

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Argilla Consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	26.78
2	84.00	29.48
3	77.08	29.23
4	74.81	29.08
5	71.15	28.88
6	69.96	28.78
7	67.00	28.54
8	63.73	28.09
9	59.53	27.45
10	51.08	24.68
11	45.98	23.05
12	40.94	21.32
13	39.21	20.77

n°	X [m]	Y [m]
14	36.05	20.03
15	31.00	18.84
16	26.65	17.85
17	20.13	16.32
18	14.88	15.04
19	9.99	13.90
20	5.14	13.21
21	0.00	12.40
22	0.00	9.51
23	4.85	10.34
24	9.99	11.08
25	15.77	12.07
26	20.32	13.06
27	26.70	14.54
28	30.85	15.73
29	36.05	17.01
30	39.80	18.00
31	45.93	19.73
32	51.08	21.17
33	59.04	23.94
34	63.93	24.93
35	70.16	26.01
36	76.84	26.46

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	12.59
2	11.54	14.47
3	22.37	16.99
4	32.14	19.30
5	42.28	22.08
6	50.76	24.89
7	56.39	26.73
8	61.26	27.85
9	69.77	28.86
10	84.00	29.47

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15.00$	$Y_0 = 50.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.00$	$dY = 1.00$
Numero passi		$N_x = 60$	$N_y = 60$
Raggio	[m]	$R = 40.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 10

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	4830
Coefficiente di sicurezza minimo	1.350
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	4830	1.350	1	8.459	4830

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	F _s	Caso	Sisma
1	C	26.00	67.00	48.00	18.05	55.83	103.44	1.350 (J)	[A2M2]	--
2	C	30.00	62.00	42.00	22.50	56.64	90.72	1.350 (J)	[A2M2]	--
3	C	26.00	68.00	49.00	18.01	56.27	105.85	1.354 (J)	[A2M2]	--

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espressa in kN

Q carico applicato sulla striscia espressa in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 67.00
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.05	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.83	Y _m [m]= 29.39
Coefficiente di sicurezza	F _S = 1.350	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.05	19.66	19.66	19.88	20.08	19.39	19.27	19.71	1.85	-8.43	14.57	4
2	19.88	20.08	19.39	21.56	20.46	19.21	20.80	19.79	1.69	-6.32	14.57	4
3	21.56	20.46	19.21	23.24	20.84	19.08	22.45	19.90	1.68	-4.30	14.57	4
4	23.24	20.84	19.08	24.92	21.23	19.01	24.11	20.04	1.68	-2.29	14.57	4
5	24.92	21.23	19.01	26.60	21.61	19.00	25.78	20.22	1.68	-0.29	14.57	4
6	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.56	14.57	4
7	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.25	14.57	4
8	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.25	30.15	20.89	1.42	4.95	14.57	4
9	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.26	30.93	21.04	0.15	5.89	14.57	4
10	31.00	22.84	19.26	32.14	23.10	19.39	31.57	21.15	1.15	6.66	14.57	4
11	32.14	23.10	19.39	33.44	23.41	19.58	32.80	21.37	1.32	8.14	14.57	4
12	33.44	23.41	19.58	34.75	23.71	19.80	34.10	21.63	1.32	9.71	14.57	4
13	34.75	23.71	19.80	36.05	24.02	20.06	35.40	21.90	1.33	11.29	14.57	4
14	36.05	24.02	20.06	37.03	24.25	20.29	36.54	22.15	1.01	12.69	14.57	4
15	37.03	24.25	20.29	38.02	24.48	20.53	37.53	22.39	1.01	13.90	14.57	4
16	38.02	24.48	20.53	39.21	24.78	20.85	38.61	22.66	1.23	15.24	14.57	4
17	39.21	24.78	20.85	40.35	25.07	21.20	39.78	22.97	1.19	16.68	14.57	4
18	40.35	25.07	21.20	40.94	25.25	21.38	40.64	23.22	0.62	17.76	14.57	4
19	40.94	25.25	21.38	42.28	25.65	21.85	41.61	23.53	1.42	18.98	14.57	4
20	42.28	25.65	21.85	44.13	26.21	22.56	43.20	24.06	1.98	21.01	14.57	4
21	44.13	26.21	22.56	45.98	26.76	23.36	45.04	24.72	2.02	23.39	14.57	4
22	45.98	26.76	23.36	47.57	27.24	24.12	46.77	25.37	1.77	25.65	14.57	4
23	47.57	27.24	24.12	49.17	27.72	24.96	48.35	26.00	1.80	27.78	14.57	4
24	49.17	27.72	24.96	50.76	28.20	25.88	49.94	26.68	1.84	29.96	14.57	4
25	50.76	28.20	25.88	51.03	28.28	26.04	50.89	27.10	0.32	31.24	14.57	4
26	51.03	28.28	26.04	52.51	28.68	26.98	51.74	27.48	1.75	32.48	14.57	4
27	52.51	28.68	26.98	53.99	29.08	28.01	53.19	28.16	1.80	34.60	14.57	4
28	53.99	29.08	28.01	55.83	29.39	29.39	54.60	28.83	2.30	37.04	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.36	0.00	12.66	7.93	0.00	0.00	9.70	0.00	0.00	
2	29.41	0.00	30.80	10.94	0.00	9.70	23.96	0.00	0.00	
3	45.70	0.00	46.88	14.02	0.00	23.96	41.45	0.00	0.00	
4	60.19	0.00	60.91	16.71	0.00	41.45	60.59	0.00	0.00	
5	72.90	0.00	73.00	19.03	0.00	60.59	79.98	0.00	0.00	
6	71.02	0.00	70.57	17.79	0.00	79.98	95.84	0.00	0.00	
7	79.62	0.00	78.65	19.35	0.00	95.84	110.69	0.00	0.00	
8	87.14	0.00	85.68	20.71	0.00	110.69	123.93	0.00	0.00	
9	9.62	0.00	9.44	2.26	0.00	123.93	125.21	0.00	0.00	
10	74.71	0.00	73.18	17.49	0.00	125.21	134.09	0.00	0.00	
11	88.41	0.00	86.37	20.53	0.00	134.09	142.19	0.00	0.00	
12	90.94	0.00	86.86	20.64	1.87	142.19	147.57	0.00	0.00	
13	92.58	0.00	86.90	20.67	3.38	147.57	150.16	0.00	0.00	
14	70.52	0.00	65.48	15.60	3.29	150.16	150.27	0.00	0.00	
15	70.52	0.00	65.13	15.55	3.68	150.27	148.84	0.00	0.00	
16	84.83	0.00	78.19	18.71	4.64	148.84	145.12	0.00	0.00	
17	80.48	0.00	74.35	17.84	4.32	145.12	139.62	0.00	0.00	
18	41.29	0.00	38.33	9.21	2.08	139.62	136.07	0.00	0.00	
19	92.85	0.00	87.07	20.96	3.91	136.07	126.30	0.00	0.00	
20	124.48	0.00	118.69	28.72	3.62	126.30	109.26	0.00	0.00	
21	117.59	0.00	115.09	28.13	0.86	109.26	89.04	0.00	0.00	
22	93.58	0.00	92.73	23.09	0.00	89.04	69.71	0.00	0.00	
23	84.31	0.00	83.96	21.50	0.00	69.71	49.60	0.00	0.00	
24	72.84	0.00	72.84	19.47	0.00	49.60	30.10	0.00	0.00	
25	11.07	0.00	11.09	3.07	0.00	30.10	26.97	0.00	0.00	
26	52.38	0.00	52.37	15.28	0.00	26.97	11.74	0.00	0.00	
27	36.89	0.00	36.32	12.32	0.00	11.74	1.26	0.00	0.00	
28	17.76	0.00	14.93	9.69	0.00	1.26	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	27	
Coordinate del centro	X[m]= 30.00	Y[m]= 62.00
Raggio del cerchio	R[m]= 42.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 22.50	Y _v [m]= 20.68
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.64	Y _m [m]= 29.53
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.350	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	22.50	20.68	20.68	23.86	20.99	20.45	23.41	20.70	1.39	-9.35	14.57	4
2	23.86	20.99	20.45	25.23	21.30	20.27	24.62	20.76	1.38	-7.46	14.57	4
3	25.23	21.30	20.27	26.60	21.61	20.14	25.96	20.83	1.37	-5.58	14.57	4
4	26.60	21.61	20.14	28.02	22.01	20.05	27.34	20.95	1.42	-3.67	14.57	4
5	28.02	22.01	20.05	29.43	22.40	20.00	28.75	21.12	1.42	-1.74	14.57	4
6	29.43	22.40	20.00	30.85	22.80	20.01	30.16	21.31	1.42	0.19	14.57	4
7	30.85	22.80	20.01	32.14	23.10	20.05	31.50	21.49	1.29	2.04	14.57	4
8	32.14	23.10	20.05	33.44	23.41	20.14	32.80	21.68	1.31	3.81	14.57	4
9	33.44	23.41	20.14	34.75	23.71	20.27	34.10	21.88	1.31	5.60	14.57	4
10	34.75	23.71	20.27	36.05	24.02	20.44	35.40	22.11	1.31	7.39	14.57	4
11	36.05	24.02	20.44	37.03	24.25	20.59	36.54	22.33	1.00	8.96	14.57	4
12	37.03	24.25	20.59	38.02	24.48	20.77	37.53	22.52	1.00	10.33	14.57	4
13	38.02	24.48	20.77	39.21	24.78	21.02	38.62	22.76	1.22	11.84	14.57	4
14	39.21	24.78	21.02	40.35	25.07	21.30	39.78	23.04	1.17	13.47	14.57	4
15	40.35	25.07	21.30	40.94	25.25	21.45	40.65	23.27	0.61	14.68	14.57	4
16	40.94	25.25	21.45	42.28	25.65	21.84	41.61	23.55	1.39	16.05	14.57	4
17	42.28	25.65	21.84	43.51	26.02	22.23	42.90	23.93	1.30	17.88	14.57	4
18	43.51	26.02	22.23	44.75	26.39	22.67	44.13	24.33	1.31	19.66	14.57	4
19	44.75	26.39	22.67	45.98	26.76	23.16	45.36	24.75	1.33	21.46	14.57	4
20	45.98	26.76	23.16	47.57	27.24	23.85	46.77	25.25	1.74	23.55	14.57	4
21	47.57	27.24	23.85	49.17	27.72	24.63	48.36	25.86	1.77	25.94	14.57	4
22	49.17	27.72	24.63	50.76	28.20	25.49	49.95	26.50	1.81	28.39	14.57	4
23	50.76	28.20	25.49	51.03	28.28	25.64	50.89	26.90	0.31	29.83	14.57	4
24	51.03	28.28	25.64	52.51	28.68	26.54	51.74	27.28	1.73	31.23	14.57	4
25	52.51	28.68	26.54	53.99	29.08	27.53	53.21	27.94	1.78	33.62	14.57	4
26	53.99	29.08	27.53	55.32	29.31	28.49	54.58	28.57	1.64	35.95	14.57	4
27	55.32	29.31	28.49	56.64	29.53	29.53	55.76	29.11	1.69	38.22	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	6.61	0.00	7.61	5.57	0.00	0.00	6.73	0.00	0.00	
2	19.25	0.00	20.46	8.02	0.00	6.73	17.35	0.00	0.00	
3	30.77	0.00	31.91	10.21	0.00	17.35	30.61	0.00	0.00	
4	43.76	0.00	44.67	12.80	0.00	30.61	46.25	0.00	0.00	
5	55.58	0.00	56.06	14.99	0.00	46.25	62.94	0.00	0.00	
6	66.18	0.00	66.13	16.92	0.00	62.94	79.64	0.00	0.00	
7	67.79	0.00	67.24	16.77	0.00	79.64	94.00	0.00	0.00	
8	74.06	0.00	73.03	17.93	0.00	94.00	107.03	0.00	0.00	
9	78.71	0.00	77.25	18.75	0.00	107.03	118.16	0.00	0.00	
10	82.40	0.00	80.57	19.40	0.00	118.16	127.04	0.00	0.00	
11	64.16	0.00	62.59	15.00	0.00	127.04	132.11	0.00	0.00	
12	65.37	0.00	62.78	15.05	0.92	132.11	135.50	0.00	0.00	
13	80.17	0.00	75.98	18.23	2.12	135.50	137.31	0.00	0.00	
14	77.57	0.00	72.86	17.50	2.71	137.31	136.73	0.00	0.00	
15	40.36	0.00	37.79	9.08	1.55	136.73	135.54	0.00	0.00	
16	92.14	0.00	86.44	20.77	3.47	135.54	130.64	0.00	0.00	
17	84.69	0.00	79.63	19.17	3.18	130.64	123.45	0.00	0.00	
18	83.60	0.00	78.89	19.06	3.07	123.45	113.83	0.00	0.00	
19	81.49	0.00	77.73	18.89	2.41	113.83	102.09	0.00	0.00	
20	100.36	0.00	97.92	24.00	1.09	102.09	84.52	0.00	0.00	
21	92.92	0.00	92.15	22.98	0.00	84.52	64.88	0.00	0.00	
22	83.19	0.00	83.02	21.34	0.00	64.88	44.19	0.00	0.00	
23	12.99	0.00	13.01	3.43	0.00	44.19	40.69	0.00	0.00	
24	63.59	0.00	63.81	17.41	0.00	40.69	22.49	0.00	0.00	
25	49.19	0.00	49.26	14.75	0.00	22.49	7.49	0.00	0.00	
26	28.30	0.00	27.59	10.16	0.00	7.49	-0.48	0.00	0.00	
27	9.76	0.00	7.37	6.41	0.00	-0.48	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 68.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.01	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.27	Y _m [m]= 29.47
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.354	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _q [m]	Y _q [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.01	19.66	19.66	19.88	20.08	19.38	19.26	19.71	1.89	-8.28	14.57	4
2	19.88	20.08	19.38	21.56	20.46	19.20	20.80	19.79	1.69	-6.19	14.57	4
3	21.56	20.46	19.20	23.24	20.84	19.08	22.45	19.90	1.68	-4.21	14.57	4
4	23.24	20.84	19.08	24.92	21.23	19.01	24.11	20.04	1.68	-2.25	14.57	4
5	24.92	21.23	19.01	26.60	21.61	19.00	25.78	20.22	1.68	-0.28	14.57	4
6	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.53	14.57	4
7	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.19	14.57	4
8	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.24	30.15	20.89	1.42	4.85	14.57	4
9	30.85	22.80	19.24	31.00	22.84	19.26	30.93	21.03	0.15	5.77	14.57	4
10	31.00	22.84	19.26	32.14	23.10	19.39	31.57	21.15	1.15	6.53	14.57	4
11	32.14	23.10	19.39	33.44	23.41	19.57	32.80	21.37	1.32	7.97	14.57	4
12	33.44	23.41	19.57	34.75	23.71	19.79	34.10	21.62	1.32	9.51	14.57	4
13	34.75	23.71	19.79	36.05	24.02	20.04	35.40	21.89	1.33	11.06	14.57	4
14	36.05	24.02	20.04	37.03	24.25	20.26	36.54	22.14	1.01	12.43	15.28	5
15	37.03	24.25	20.26	38.02	24.48	20.50	37.53	22.37	1.01	13.61	15.82	6
16	38.02	24.48	20.50	39.21	24.78	20.81	38.61	22.64	1.23	14.92	14.57	4
17	39.21	24.78	20.81	40.35	25.07	21.15	39.78	22.95	1.19	16.33	14.57	4
18	40.35	25.07	21.15	40.94	25.25	21.33	40.64	23.20	0.62	17.39	14.57	4
19	40.94	25.25	21.33	42.28	25.65	21.78	41.61	23.50	1.41	18.58	14.57	4
20	42.28	25.65	21.78	44.13	26.21	22.48	43.20	24.03	1.98	20.56	14.57	4
21	44.13	26.21	22.48	45.98	26.76	23.26	45.05	24.67	2.01	22.89	14.57	4
22	45.98	26.76	23.26	47.57	27.24	24.00	46.77	25.31	1.76	25.09	14.57	4
23	47.57	27.24	24.00	49.17	27.72	24.82	48.36	25.94	1.79	27.17	14.57	4
24	49.17	27.72	24.82	50.76	28.20	25.72	49.94	26.61	1.83	29.28	14.57	4
25	50.76	28.20	25.72	51.03	28.28	25.88	50.89	27.02	0.31	30.53	14.57	4
26	51.03	28.28	25.88	52.51	28.68	26.79	51.74	27.39	1.74	31.74	14.57	4
27	52.51	28.68	26.79	53.99	29.08	27.78	53.20	28.06	1.78	33.79	14.57	4
28	53.99	29.08	27.78	55.13	29.27	28.60	54.50	28.66	1.40	35.66	14.57	4
29	55.13	29.27	28.60	56.27	29.47	29.47	55.51	29.11	1.43	37.31	14.57	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.71	0.00	13.01	8.07	0.00	0.00	9.86	0.00	0.00	
2	29.59	0.00	30.95	10.93	0.00	9.86	24.07	0.00	0.00	
3	45.79	0.00	46.94	13.98	0.00	24.07	41.46	0.00	0.00	
4	60.22	0.00	60.92	16.66	0.00	41.46	60.49	0.00	0.00	
5	72.91	0.00	73.00	18.97	0.00	60.49	79.82	0.00	0.00	
6	71.04	0.00	70.59	17.73	0.00	79.82	95.66	0.00	0.00	
7	79.66	0.00	78.71	19.30	0.00	95.66	110.55	0.00	0.00	
8	87.24	0.00	85.80	20.67	0.00	110.55	123.89	0.00	0.00	
9	9.64	0.00	9.46	2.26	0.00	123.89	125.19	0.00	0.00	
10	74.85	0.00	73.34	17.46	0.00	125.19	134.21	0.00	0.00	
11	88.65	0.00	86.63	20.51	0.02	134.21	142.51	0.00	0.00	
12	91.29	0.00	87.06	20.61	2.05	142.51	148.11	0.00	0.00	
13	93.06	0.00	87.15	20.65	3.63	148.11	150.97	0.00	0.00	
14	70.98	0.00	65.40	17.02	3.53	150.97	152.75	0.00	0.00	
15	71.08	0.00	64.80	18.04	3.97	152.75	154.11	0.00	0.00	
16	85.64	0.00	78.58	18.72	5.07	154.11	150.66	0.00	0.00	
17	81.41	0.00	74.78	17.86	4.81	150.66	145.42	0.00	0.00	
18	41.84	0.00	38.58	9.23	2.37	145.42	141.99	0.00	0.00	
19	94.29	0.00	87.72	21.01	4.69	141.99	132.46	0.00	0.00	
20	126.93	0.00	119.80	28.83	4.96	132.46	115.64	0.00	0.00	
21	120.66	0.00	116.44	28.28	2.59	115.64	95.39	0.00	0.00	
22	96.66	0.00	95.70	23.56	0.00	95.39	76.14	0.00	0.00	
23	87.96	0.00	87.53	22.09	0.00	76.14	55.83	0.00	0.00	
24	77.16	0.00	77.13	20.20	0.00	55.83	35.72	0.00	0.00	
25	11.88	0.00	11.90	3.21	0.00	35.72	32.44	0.00	0.00	
26	57.20	0.00	57.28	16.13	0.00	32.44	16.03	0.00	0.00	
27	42.47	0.00	42.17	13.35	0.00	16.03	3.67	0.00	0.00	
28	20.24	0.00	19.29	7.84	0.00	3.67	-1.20	0.00	0.00	
29	6.92	0.00	4.78	5.15	0.00	-1.20	0.00	0.00	0.00	

4_STATO PROGETTO CONDIZIONE DINAMICA (NO FALDA-DRENI)

Dati

Descrizione terreno

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in kN/mc
γ_w	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/mc
ϕ	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kPa
ϕ_u	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c_u	Coesione 'totale' del terreno espressa in kPa

n°	Descrizione	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ' [°]	c' [kPa]
1	Argilla Plastica	18.00	19.00	18.00	5.0
2	Argilla Consistente	19.00	20.00	24.00	15.0
3	Substrato molto consistente	20.00	21.00	31.00	40.0

Profilo del piano campagna

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	16.65
2	4.65	17.26
3	9.99	17.95
4	15.08	18.99
5	19.88	20.08
6	26.60	21.61
7	30.85	22.80
8	38.02	24.48
9	40.35	25.07
10	51.03	28.28
11	53.99	29.08
12	59.23	29.97
13	63.68	30.46
14	70.06	31.00
15	71.25	31.10
16	76.98	31.35
17	78.17	31.45
18	84.00	31.45

Descrizione stratigrafia

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato molto consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	9.51
2	0.00	0.00
3	84.00	0.00
4	84.00	26.78
5	76.84	26.46
6	70.16	26.01
7	63.93	24.93
8	59.04	23.94

n°	X	Y
	[m]	[m]
9	51.08	21.17
10	45.93	19.73
11	39.80	18.00
12	36.05	17.01
13	30.85	15.73
14	26.70	14.54
15	20.32	13.06
16	15.77	12.07
17	9.99	11.08
18	4.85	10.34

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Argilla Plastica)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	29.48
2	84.00	31.45
3	78.17	31.45
4	76.98	31.35
5	71.25	31.10
6	70.06	31.00
7	63.68	30.46
8	59.23	29.97
9	53.99	29.08
10	51.03	28.28
11	40.35	25.07
12	38.02	24.48
13	30.85	22.80
14	26.60	21.61
15	19.88	20.08
16	15.08	18.99
17	9.99	17.95
18	4.65	17.26
19	0.00	16.65
20	0.00	12.40
21	5.14	13.21
22	9.99	13.90
23	14.88	15.04
24	20.13	16.32
25	26.65	17.85
26	31.00	18.84
27	36.05	20.03
28	39.21	20.77
29	40.94	21.32
30	45.98	23.05
31	51.08	24.68
32	59.53	27.45
33	63.73	28.09
34	67.00	28.54
35	69.96	28.78
36	71.15	28.88
37	74.81	29.08
38	77.08	29.23

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Argilla Consistente)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	84.00	26.78
2	84.00	29.48
3	77.08	29.23
4	74.81	29.08
5	71.15	28.88
6	69.96	28.78
7	67.00	28.54
8	63.73	28.09
9	59.53	27.45
10	51.08	24.68
11	45.98	23.05
12	40.94	21.32
13	39.21	20.77
14	36.05	20.03

n°	X	Y
	[m]	[m]
15	31.00	18.84
16	26.65	17.85
17	20.13	16.32
18	14.88	15.04
19	9.99	13.90
20	5.14	13.21
21	0.00	12.40
22	0.00	9.51
23	4.85	10.34
24	9.99	11.08
25	15.77	12.07
26	20.32	13.06
27	26.70	14.54
28	30.85	15.73
29	36.05	17.01
30	39.80	18.00
31	45.93	19.73
32	51.08	21.17
33	59.04	23.94
34	63.93	24.93
35	70.16	26.01
36	76.84	26.46

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	12.59
2	11.54	14.47
3	22.37	16.99
4	32.14	19.30
5	42.28	22.08
6	50.76	24.89
7	56.39	26.73
8	61.26	27.85
9	69.77	28.86
10	84.00	29.47

Dati zona sismica

Accelerazione al suolo a_g	2.390 [m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.78
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.28
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 9.26$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 4.63$

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	γ_R	1.00	1.00
Fronte di scavo	γ_R	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = -15.00$	$Y_0 = 50.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.00$	$dY = 1.00$
Numero passi		$Nx = 60$	$Ny = 60$
Raggio	[m]	$R = 40.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 10

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate	9660
Coefficiente di sicurezza minimo	1.226
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
JANBU	9660	1.226	1	6.841	9660

Caratteristiche delle superfici analizzate

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

N° numero d'ordine della superficie cerchio

C_x ascissa x del centro [m]

C_y ordinata y del centro [m]

R raggio del cerchio espresso in m

x_v ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m

x_m ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m

V volume interessato dalla superficie espresso [mc]

F_s coefficiente di sicurezza

caso caso di calcolo

Metodo di JANBU (J)

N°	Forma	C _x [m]	C _y [m]	R [m]	x _v [m]	x _m [m]	V [mc]	F _s	Caso	Sisma
1	C	26.00	67.00	48.00	18.05	55.83	103.44	1.226 (J)	[A2M2]	H+V
2	C	26.00	67.00	48.00	18.05	55.83	103.44	1.230 (J)	[A2M2]	H-V
3	C	26.00	68.00	49.00	18.01	56.27	105.85	1.230 (J)	[A2M2]	H+V

Analisi della superficie critica

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Le strisce sono numerate da valle verso monte

N° numero d'ordine della striscia

X_s ascissa sinistra della striscia espressa in m

Y_{ss} ordinata superiore sinistra della striscia espressa in m

Y_{si} ordinata inferiore sinistra della striscia espressa in m

X_g ascissa del baricentro della striscia espressa in m

Y_g ordinata del baricentro della striscia espressa in m

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)

φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in kPa

L sviluppo della base della striscia espressa in m(L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in kPa

W peso della striscia espresso in kN

Q carico applicato sulla striscia espresso in kN

N sforzo normale alla base della striscia espresso in kN

T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kN

U pressione neutra alla base della striscia espressa in kN

E_s, E_d forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

X_s, X_d forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kN

ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 67.00
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.05	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.83	Y _m [m]= 29.39
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.226	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.05	19.66	19.66	19.88	20.08	19.39	19.27	19.71	1.85	-8.43	18.00	5
2	19.88	20.08	19.39	21.56	20.46	19.21	20.80	19.79	1.69	-6.32	18.00	5
3	21.56	20.46	19.21	23.24	20.84	19.08	22.45	19.90	1.68	-4.30	18.00	5
4	23.24	20.84	19.08	24.92	21.23	19.01	24.11	20.04	1.68	-2.29	18.00	5
5	24.92	21.23	19.01	26.60	21.61	19.00	25.78	20.22	1.68	-0.29	18.00	5
6	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.56	18.00	5
7	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.25	18.00	5
8	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.25	30.15	20.89	1.42	4.95	18.00	5
9	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.26	30.93	21.04	0.15	5.89	18.00	5
10	31.00	22.84	19.26	32.14	23.10	19.39	31.57	21.15	1.15	6.66	18.00	5
11	32.14	23.10	19.39	33.44	23.41	19.58	32.80	21.37	1.32	8.14	18.00	5
12	33.44	23.41	19.58	34.75	23.71	19.80	34.10	21.63	1.32	9.71	18.00	5
13	34.75	23.71	19.80	36.05	24.02	20.06	35.40	21.90	1.33	11.29	18.00	5
14	36.05	24.02	20.06	37.03	24.25	20.29	36.54	22.15	1.01	12.69	18.00	5
15	37.03	24.25	20.29	38.02	24.48	20.53	37.53	22.39	1.01	13.90	18.00	5
16	38.02	24.48	20.53	39.21	24.78	20.85	38.61	22.66	1.23	15.24	18.00	5
17	39.21	24.78	20.85	40.35	25.07	21.20	39.78	22.97	1.19	16.68	18.00	5
18	40.35	25.07	21.20	40.94	25.25	21.38	40.64	23.22	0.62	17.76	18.00	5
19	40.94	25.25	21.38	42.28	25.65	21.85	41.61	23.53	1.42	18.98	18.00	5
20	42.28	25.65	21.85	44.13	26.21	22.56	43.20	24.06	1.98	21.01	18.00	5
21	44.13	26.21	22.56	45.98	26.76	23.36	45.04	24.72	2.02	23.39	18.00	5
22	45.98	26.76	23.36	47.57	27.24	24.12	46.77	25.37	1.77	25.65	18.00	5
23	47.57	27.24	24.12	49.17	27.72	24.96	48.35	26.00	1.80	27.78	18.00	5
24	49.17	27.72	24.96	50.76	28.20	25.88	49.94	26.68	1.84	29.96	18.00	5
25	50.76	28.20	25.88	51.03	28.28	26.04	50.89	27.10	0.32	31.24	18.00	5
26	51.03	28.28	26.04	52.51	28.68	26.98	51.74	27.48	1.75	32.48	18.00	5
27	52.51	28.68	26.98	53.99	29.08	28.01	53.19	28.16	1.80	34.60	18.00	5
28	53.99	29.08	28.01	55.83	29.39	29.39	54.60	28.83	2.30	37.04	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.36	0.00	12.57	10.89	0.00	0.00	11.56	0.00	0.00	
2	29.41	0.00	29.86	14.80	0.00	11.56	26.83	0.00	0.00	
3	45.70	0.00	45.12	18.82	0.00	26.83	44.76	0.00	0.00	
4	60.19	0.00	58.34	22.31	0.00	44.76	63.81	0.00	0.00	
5	72.90	0.00	69.66	25.30	0.00	63.81	82.72	0.00	0.00	
6	71.02	0.00	67.12	23.56	0.00	82.72	97.86	0.00	0.00	
7	79.62	0.00	74.60	25.55	0.00	97.86	111.76	0.00	0.00	
8	87.14	0.00	81.06	27.27	0.00	111.76	123.87	0.00	0.00	
9	9.62	0.00	8.92	2.98	0.00	123.87	125.03	0.00	0.00	
10	74.71	0.00	69.05	22.97	0.00	125.03	132.92	0.00	0.00	
11	88.41	0.00	81.32	26.91	0.00	132.92	139.87	0.00	0.00	
12	90.94	0.00	81.50	26.98	1.87	139.87	143.98	0.00	0.00	
13	92.58	0.00	81.27	26.95	3.38	143.98	145.26	0.00	0.00	
14	70.52	0.00	61.08	20.30	3.29	145.26	144.40	0.00	0.00	
15	70.52	0.00	60.61	20.20	3.68	144.40	142.03	0.00	0.00	
16	84.83	0.00	72.60	24.26	4.64	142.03	137.29	0.00	0.00	
17	80.48	0.00	68.88	23.10	4.32	137.29	130.95	0.00	0.00	
18	41.29	0.00	35.45	11.92	2.08	130.95	127.03	0.00	0.00	
19	92.85	0.00	80.42	27.08	3.91	127.03	116.61	0.00	0.00	
20	124.48	0.00	109.33	37.04	3.62	116.61	99.18	0.00	0.00	
21	117.59	0.00	105.66	36.21	0.86	99.18	79.23	0.00	0.00	
22	93.58	0.00	84.76	29.66	0.00	79.23	60.61	0.00	0.00	
23	84.31	0.00	76.35	27.57	0.00	60.61	41.60	0.00	0.00	
24	72.84	0.00	65.81	24.93	0.00	41.60	23.60	0.00	0.00	
25	11.07	0.00	9.97	3.93	0.00	23.60	20.77	0.00	0.00	
26	52.38	0.00	46.78	19.55	0.00	20.77	7.29	0.00	0.00	
27	36.89	0.00	31.86	15.77	0.00	7.29	-1.24	0.00	0.00	
28	17.76	0.00	11.78	12.50	0.00	-1.24	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce	28	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 67.00
Raggio del cerchio	R[m]= 48.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.05	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 55.83	Y _m [m]= 29.39
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.230	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.05	19.66	19.66	19.88	20.08	19.39	19.27	19.71	1.85	-8.43	18.00	5
2	19.88	20.08	19.39	21.56	20.46	19.21	20.80	19.79	1.69	-6.32	18.00	5
3	21.56	20.46	19.21	23.24	20.84	19.08	22.45	19.90	1.68	-4.30	18.00	5
4	23.24	20.84	19.08	24.92	21.23	19.01	24.11	20.04	1.68	-2.29	18.00	5
5	24.92	21.23	19.01	26.60	21.61	19.00	25.78	20.22	1.68	-0.29	18.00	5
6	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.56	18.00	5
7	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.25	18.00	5
8	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.25	30.15	20.89	1.42	4.95	18.00	5
9	30.85	22.80	19.25	31.00	22.84	19.26	30.93	21.04	0.15	5.89	18.00	5
10	31.00	22.84	19.26	32.14	23.10	19.39	31.57	21.15	1.15	6.66	18.00	5
11	32.14	23.10	19.39	33.44	23.41	19.58	32.80	21.37	1.32	8.14	18.00	5
12	33.44	23.41	19.58	34.75	23.71	19.80	34.10	21.63	1.32	9.71	18.00	5
13	34.75	23.71	19.80	36.05	24.02	20.06	35.40	21.90	1.33	11.29	18.00	5
14	36.05	24.02	20.06	37.03	24.25	20.29	36.54	22.15	1.01	12.69	18.00	5
15	37.03	24.25	20.29	38.02	24.48	20.53	37.53	22.39	1.01	13.90	18.00	5
16	38.02	24.48	20.53	39.21	24.78	20.85	38.61	22.66	1.23	15.24	18.00	5
17	39.21	24.78	20.85	40.35	25.07	21.20	39.78	22.97	1.19	16.68	18.00	5
18	40.35	25.07	21.20	40.94	25.25	21.38	40.64	23.22	0.62	17.76	18.00	5
19	40.94	25.25	21.38	42.28	25.65	21.85	41.61	23.53	1.42	18.98	18.00	5
20	42.28	25.65	21.85	44.13	26.21	22.56	43.20	24.06	1.98	21.01	18.00	5
21	44.13	26.21	22.56	45.98	26.76	23.36	45.04	24.72	2.02	23.39	18.00	5
22	45.98	26.76	23.36	47.57	27.24	24.12	46.77	25.37	1.77	25.65	18.00	5
23	47.57	27.24	24.12	49.17	27.72	24.96	48.35	26.00	1.80	27.78	18.00	5
24	49.17	27.72	24.96	50.76	28.20	25.88	49.94	26.68	1.84	29.96	18.00	5
25	50.76	28.20	25.88	51.03	28.28	26.04	50.89	27.10	0.32	31.24	18.00	5
26	51.03	28.28	26.04	52.51	28.68	26.98	51.74	27.48	1.75	32.48	18.00	5
27	52.51	28.68	26.98	53.99	29.08	28.01	53.19	28.16	1.80	34.60	18.00	5
28	53.99	29.08	28.01	55.83	29.39	29.39	54.60	28.83	2.30	37.04	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.36	0.00	13.67	11.15	0.00	0.00	11.98	0.00	0.00	
2	29.41	0.00	32.67	15.51	0.00	11.98	28.27	0.00	0.00	
3	45.70	0.00	49.45	19.92	0.00	28.27	47.60	0.00	0.00	
4	60.19	0.00	63.98	23.74	0.00	47.60	68.31	0.00	0.00	
5	72.90	0.00	76.41	27.02	0.00	68.31	88.97	0.00	0.00	
6	71.02	0.00	73.65	25.22	0.00	88.97	105.60	0.00	0.00	
7	79.62	0.00	81.88	27.41	0.00	105.60	120.94	0.00	0.00	
8	87.14	0.00	88.98	29.29	0.00	120.94	134.38	0.00	0.00	
9	9.62	0.00	9.79	3.20	0.00	134.38	135.67	0.00	0.00	
10	74.71	0.00	75.82	24.70	0.00	135.67	144.48	0.00	0.00	
11	88.41	0.00	89.30	28.95	0.00	144.48	152.32	0.00	0.00	
12	90.94	0.00	89.69	29.07	1.87	152.32	157.12	0.00	0.00	
13	92.58	0.00	89.59	29.08	3.38	157.12	158.86	0.00	0.00	
14	70.52	0.00	67.41	21.92	3.29	158.86	158.18	0.00	0.00	
15	70.52	0.00	66.94	21.81	3.68	158.18	155.87	0.00	0.00	
16	84.83	0.00	80.21	26.21	4.64	155.87	151.00	0.00	0.00	
17	80.48	0.00	76.10	24.95	4.32	151.00	144.36	0.00	0.00	
18	41.29	0.00	39.16	12.87	2.08	144.36	140.20	0.00	0.00	
19	92.85	0.00	88.77	29.22	3.91	140.20	129.09	0.00	0.00	
20	124.48	0.00	120.57	39.92	3.62	129.09	110.31	0.00	0.00	
21	117.59	0.00	116.34	38.94	0.86	110.31	88.62	0.00	0.00	
22	93.58	0.00	93.33	31.85	0.00	88.62	68.26	0.00	0.00	
23	84.31	0.00	84.13	29.55	0.00	68.26	47.39	0.00	0.00	
24	72.84	0.00	72.59	26.66	0.00	47.39	27.49	0.00	0.00	
25	11.07	0.00	11.01	4.19	0.00	27.49	24.34	0.00	0.00	
26	52.38	0.00	51.73	20.80	0.00	24.34	9.27	0.00	0.00	
27	36.89	0.00	35.40	16.66	0.00	9.27	-0.53	0.00	0.00	
28	17.76	0.00	13.52	12.93	0.00	-0.53	0.00	0.00	0.00	

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce	29	
Coordinate del centro	X[m]= 26.00	Y[m]= 68.00
Raggio del cerchio	R[m]= 49.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X _v [m]= 18.01	Y _v [m]= 19.66
Intersezione a monte con il profilo topografico	X _m [m]= 56.27	Y _m [m]= 29.47
Coefficiente di sicurezza	F _s = 1.230	

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _a [m]	Y _a [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	18.01	19.66	19.66	19.88	20.08	19.38	19.26	19.71	1.89	-8.28	18.00	5
2	19.88	20.08	19.38	21.56	20.46	19.20	20.80	19.79	1.69	-6.19	18.00	5
3	21.56	20.46	19.20	23.24	20.84	19.08	22.45	19.90	1.68	-4.21	18.00	5
4	23.24	20.84	19.08	24.92	21.23	19.01	24.11	20.04	1.68	-2.25	18.00	5
5	24.92	21.23	19.01	26.60	21.61	19.00	25.78	20.22	1.68	-0.28	18.00	5
6	26.60	21.61	19.00	28.02	22.01	19.04	27.32	20.42	1.42	1.53	18.00	5
7	28.02	22.01	19.04	29.43	22.40	19.12	28.74	20.65	1.42	3.19	18.00	5
8	29.43	22.40	19.12	30.85	22.80	19.24	30.15	20.89	1.42	4.85	18.00	5
9	30.85	22.80	19.24	31.00	22.84	19.26	30.93	21.03	0.15	5.77	18.00	5
10	31.00	22.84	19.26	32.14	23.10	19.39	31.57	21.15	1.15	6.53	18.00	5
11	32.14	23.10	19.39	33.44	23.41	19.57	32.80	21.37	1.32	7.97	18.00	5
12	33.44	23.41	19.57	34.75	23.71	19.79	34.10	21.62	1.32	9.51	18.00	5
13	34.75	23.71	19.79	36.05	24.02	20.04	35.40	21.89	1.33	11.06	18.00	5
14	36.05	24.02	20.04	37.03	24.25	20.26	36.54	22.14	1.01	12.43	18.85	6
15	37.03	24.25	20.26	38.02	24.48	20.50	37.53	22.37	1.01	13.61	19.49	7
16	38.02	24.48	20.50	39.21	24.78	20.81	38.61	22.64	1.23	14.92	18.00	5
17	39.21	24.78	20.81	40.35	25.07	21.15	39.78	22.95	1.19	16.33	18.00	5
18	40.35	25.07	21.15	40.94	25.25	21.33	40.64	23.20	0.62	17.39	18.00	5
19	40.94	25.25	21.33	42.28	25.65	21.78	41.61	23.50	1.41	18.58	18.00	5
20	42.28	25.65	21.78	44.13	26.21	22.48	43.20	24.03	1.98	20.56	18.00	5
21	44.13	26.21	22.48	45.98	26.76	23.26	45.05	24.67	2.01	22.89	18.00	5
22	45.98	26.76	23.26	47.57	27.24	24.00	46.77	25.31	1.76	25.09	18.00	5
23	47.57	27.24	24.00	49.17	27.72	24.82	48.36	25.94	1.79	27.17	18.00	5
24	49.17	27.72	24.82	50.76	28.20	25.72	49.94	26.61	1.83	29.28	18.00	5
25	50.76	28.20	25.72	51.03	28.28	25.88	50.89	27.02	0.31	30.53	18.00	5
26	51.03	28.28	25.88	52.51	28.68	26.79	51.74	27.39	1.74	31.74	18.00	5
27	52.51	28.68	26.79	53.99	29.08	27.78	53.20	28.06	1.78	33.79	18.00	5
28	53.99	29.08	27.78	55.13	29.27	28.60	54.50	28.66	1.40	35.66	18.00	5
29	55.13	29.27	28.60	56.27	29.47	29.47	55.51	29.11	1.43	37.31	18.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E _s [kN]	E _d [kN]	X _s [kN]	X _d [kN]	ID
1	11.71	0.00	12.90	11.08	0.00	0.00	11.74	0.00	0.00	
2	29.59	0.00	29.99	14.79	0.00	11.74	26.94	0.00	0.00	
3	45.79	0.00	45.17	18.78	0.00	26.94	44.75	0.00	0.00	
4	60.22	0.00	58.35	22.25	0.00	44.75	63.69	0.00	0.00	
5	72.91	0.00	69.66	25.23	0.00	63.69	82.51	0.00	0.00	
6	71.04	0.00	67.14	23.50	0.00	82.51	97.63	0.00	0.00	
7	79.66	0.00	74.67	25.49	0.00	97.63	111.55	0.00	0.00	
8	87.24	0.00	81.19	27.23	0.00	111.55	123.74	0.00	0.00	
9	9.64	0.00	8.94	2.97	0.00	123.74	124.91	0.00	0.00	
10	74.85	0.00	69.23	22.95	0.00	124.91	132.91	0.00	0.00	
11	88.65	0.00	81.59	26.90	0.02	132.91	140.03	0.00	0.00	
12	91.29	0.00	81.71	26.96	2.05	140.03	144.33	0.00	0.00	
13	93.06	0.00	81.54	26.94	3.63	144.33	145.81	0.00	0.00	
14	70.98	0.00	60.91	22.17	3.53	145.81	147.02	0.00	0.00	
15	71.08	0.00	60.10	23.47	3.97	147.02	148.18	0.00	0.00	
16	85.64	0.00	72.99	24.29	5.07	148.18	143.62	0.00	0.00	
17	81.41	0.00	69.31	23.14	4.81	143.62	137.44	0.00	0.00	
18	41.84	0.00	35.70	11.94	2.37	137.44	133.58	0.00	0.00	
19	94.29	0.00	81.05	27.16	4.69	133.58	123.28	0.00	0.00	
20	126.93	0.00	110.38	37.19	4.96	123.28	105.84	0.00	0.00	
21	120.66	0.00	106.95	36.41	2.59	105.84	85.61	0.00	0.00	
22	96.66	0.00	87.61	30.29	0.00	85.61	66.94	0.00	0.00	
23	87.96	0.00	79.75	28.34	0.00	66.94	47.60	0.00	0.00	
24	77.16	0.00	69.85	25.88	0.00	47.60	28.86	0.00	0.00	
25	11.88	0.00	10.73	4.11	0.00	28.86	25.85	0.00	0.00	
26	57.20	0.00	51.37	20.64	0.00	25.85	11.09	0.00	0.00	
27	42.47	0.00	37.30	17.09	0.00	11.09	0.61	0.00	0.00	
28	20.24	0.00	16.54	10.07	0.00	0.61	-2.72	0.00	0.00	
29	6.92	0.00	3.21	6.67	0.00	-2.72	0.00	0.00	0.00	

