GEOAPP

Studio di Geologia Dr.Geol. Claudio Nencini
Via Casaferri, 104 - 56043 - Fauglia (Pisa) - Tel.050/650797 - P.I. 02104220500

DICEMBRE 2015

Relazione Geologica

INERENTE LA REALIZZAZIONE DI UN PIANO PARTICOLAREGGIATO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO IPPICO

Località **Le lame**

Comune di **CrespinaLorenzana**

Committente: ***"DIOSCURI s.r.l. di Alduino e Giuseppe Botti"***

Studio di Geologia Dr.Geol. Claudio Nencini
Via Casaferri, 104 - 56043 - Fauglia (PI) - Tel. 050/650797 - P.I. 02104220500

PREMESSA

Su incarico della ***"DIOSCURI s.r.l. di Alduino e Giuseppe Botti"*** é stata eseguita un'indagine geologica su di un'area interessata dal Progetto di un Piano Particolareggiato per la realizzazione di un centro ippico.

L'area ricade nel Comune di CrespinaLorenzana località *"Le Lame"*, lungo la *"Strada Comunale dei Pinucci"*.

Fig.1 ubicazione area d'intervento

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

- *L.R.10/11/2014, n.65 "Norme per il governo del territorio"*
- *D.P.R. 25 Ottobre 2011, n.53R "Regolanto di attuazione dell'art. 62 della L.R. n.1/2005*
- *Deliberazione giunta regionale 8 Ottobre 2012, n.878 "Riclassificazione sismica del territorio Regionale"*
- *NTA del P.S. e del R.U. del Comune di CrespinaLorenzana (scheda norma UTOE 10 Le lame centro Ippico)*

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN SONA SISMICA

- *D.P.G.R. 9 Luglio 2009 , n.36R*
- *D.M. 14 Gennaio 2008 T.U. Norme Tecniche per le costruzioni*

DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI DAL PIANO PARTICOLAREGGIATO

Il Piano Particolareggiato prevede interventi di ristrutturazione su edifici esistenti e la realizzazione di nuove strutture. Gli edifici esistenti saranno destinati a uffici appartamenti, area espositiva, mensa fantini….

Il progetto delle nuove strutture si articola in tre lotti speculari.

Lotto A – Lotto B si articolano in

Lotto A1-B1 superficie 1835m^2 destinato alla realizzazione di 60box cavalli e 20 camere per fantini. L'edificio si sviluppa parte su un piano fuori terra (altezza compresa tra 3 e 4.3m dal p.c.) e parte su due piani fuori terra (altezza in gronda 6.05m). L'edificio rientra in classe di indagine 4 del DPGRT 36R.

Lotto A2-B2 superficie pari a 115m^2 destinato a locali deposito, selleria, maniscalco. L'edificio presenta in pianta forma rettangolare con dimensioni pari a 8x14.35 e altezza compresa tra 3.35 e 4.25. L'edificio rientra in classe di indagine 2 del DPGRT 36R.

Lotto A3-B3 superficie pari a 180m^2 destinato a civile abitazione. L'edificio presenta in pianta forma rettangolare con dimensioni pari a 12x 7.5 e altezza in gronda pari a 5.7m. L'edificio rientra in classe di indagine 2 del DPGRT 36R.

PER MAGGIORI DETTAGLI SI RIMANDA AGLI ELABORATI PROGETTUALI ALLEGATI.

MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area in studio si colloca in una zona pedecollinare posta ad una quota di circa 30 m s.l.m. dislocata in sinistra idrografica rispetto al corso del Torrente Crespina. L'area rappresenta quella fascia pedecollinare blandamente ondulata che costituisce il naturale raccordo tra i rilievi delle Colline Pisane e La Pianura Pisana. Nell'area affiorano sedimenti di origine continentale riconducibili al Pleistocene Medio e Superiore. Nella parte Sud si ritrovano sedimenti d'ambiente di deposizione fluviale-deltizio riconducibili al formazione denominata "Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci, databile al Pleistocene Medio.

La formazione è caratterizzata prevalentemente da sabbie grossolane, cui s'intercalano livelli di argilla, di limo e strati e lenti di ghiaia. Quest'ultimo litotipo è caratterizzato da ciottoli eterometrici, arrotondati, provenienti dalle formazioni a serie toscana affioranti al Monte Pisano. La presenza delle ghiaie insieme al colore rossastro del sedimento, dovuto ad un'alterazione pedogenetica spinta fino a livello degli alfisuoli, costituiscono gli elementi peculiari della formazione. Lo spessore è stimabile nell'ordine dei 5m.

La rimanente porzione dell'area soggetta a PP è caratterizzata da sedimenti prevalentemente sabbiosi d'ambiente fluviale, di duna e di retroduana attribuibili alla formazione denomina "sabbie e limi di Vicarello" , databile al Pleistocene Superiore. La formazione è costituita da sabbie massive generalmente limose, cui s'intercalano livelli di argilla e di limo. Sulla superficie sono presenti argillificazioni e noduli di Fe e Mn che

testimoniano l'inizio di una debole alterazione pedogenetica. Alla base è presente un livello di ghiaia denominato "Conglomerato dell'Arno e Serchio da Bientina". Lo spessore s'aggira nell'ordine dei 25m. In prossimità del fondovalle si ritrovano sedimenti alluvionali e/o colluviali di recente deposizione riconducibili alla formazione denominata "alluvioni recenti e attuali"

Nell'area in studio non sono presenti forme di dissesto in atto o quiescenti la cui evoluzione possa coinvolgere le strutture in progetto.

Inquadramento Idrogeologico

Nell'area sono presenti due corpi acquiferi dislocati a diverse profondità separati da un pacco di strati prevalentemente argillosi.

ACQUIFERO SUPERFICIALE

Coincide con i sedimenti attribuibili alla formazione denominata "Sabbie e limi di Vicarello" caratterizzata dalla presenza di sedimenti prevalentemente sabbiosi permeabili per porosità primaria. Le acque sono dislocate all'interno dei livelli più sabbiosi e sono captate mediante pozzi superficiali ad anelli spinti a profondità dell'ordine dei 10m dal p.c. Nel corso delle indagini geognostiche il livello della piezometrica è stato rilevato a profondità dell'ordine dei 2.5m dal p.c.

ACQUIFERO PROFONDO

Coincide con il livello di ghiaia presente alla base della formazione delle Sabbie di Vicarello. Si tratta di un acquifero confinato, inghiaia, coincidente con i conglomerati dell'Arno e Serchio da Bientina in ghiaia. L'acquifero è dislocato a profondità dell'ordine dei 25-30m dal p.c.. Le acque sono caratterizzate da alti tenori in Fe e Mn

PERICOLOSITÀ DELL'AREA

La Pericolosità dell'area è stata stimata facendo riferimento alle indagini geologiche di supporto alla Strumento Urbanistico Comunale. Nel corso del rilievo non sono emerse novità nel quadro conoscitivo della zona. Nell'area in studio le indagini sono conformi al DPGRT 53R

Pericolosità Geomorfologica

L'area del Piano Particolareggiato non presenta significative criticità, le indagini geologiche collocano l'area all'interno della Classe G2 corrispondente a pericolosità Media.

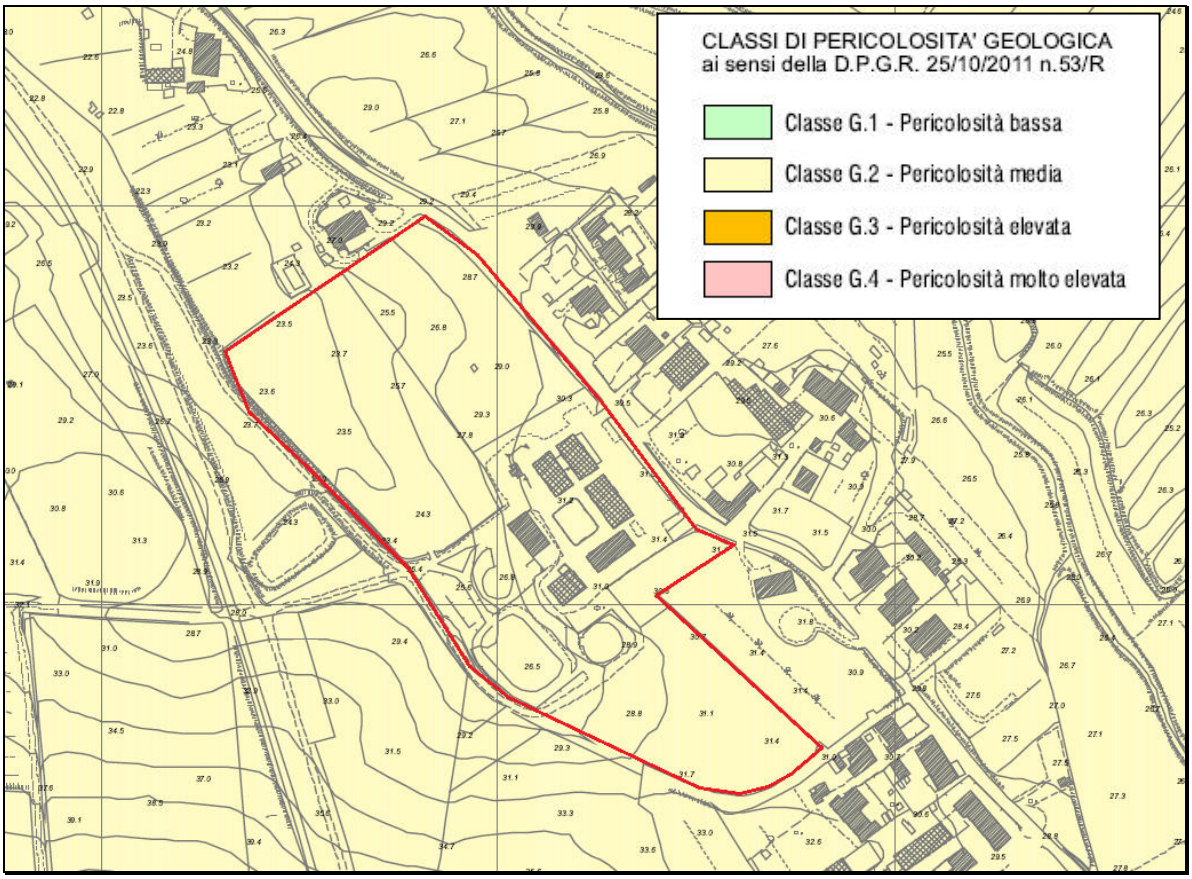


Fig. 2 Carta della Pericolosità Geomorfologica estratta da P.S. del Comune di Crespina Lorenzana – delimitazione P.P.

Ricadono in questa classe "*le aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici,*

litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%".

Pericolosità Idraulica

Le indagini di supporto allo strumento urbanistico collocano l'area coinvolta da Piano Particolareggiato all'interno della classe I2 corrispondente a Pericolosità Media.

Ricadono in questa classe *le aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra 200<TR< 500 anni.*

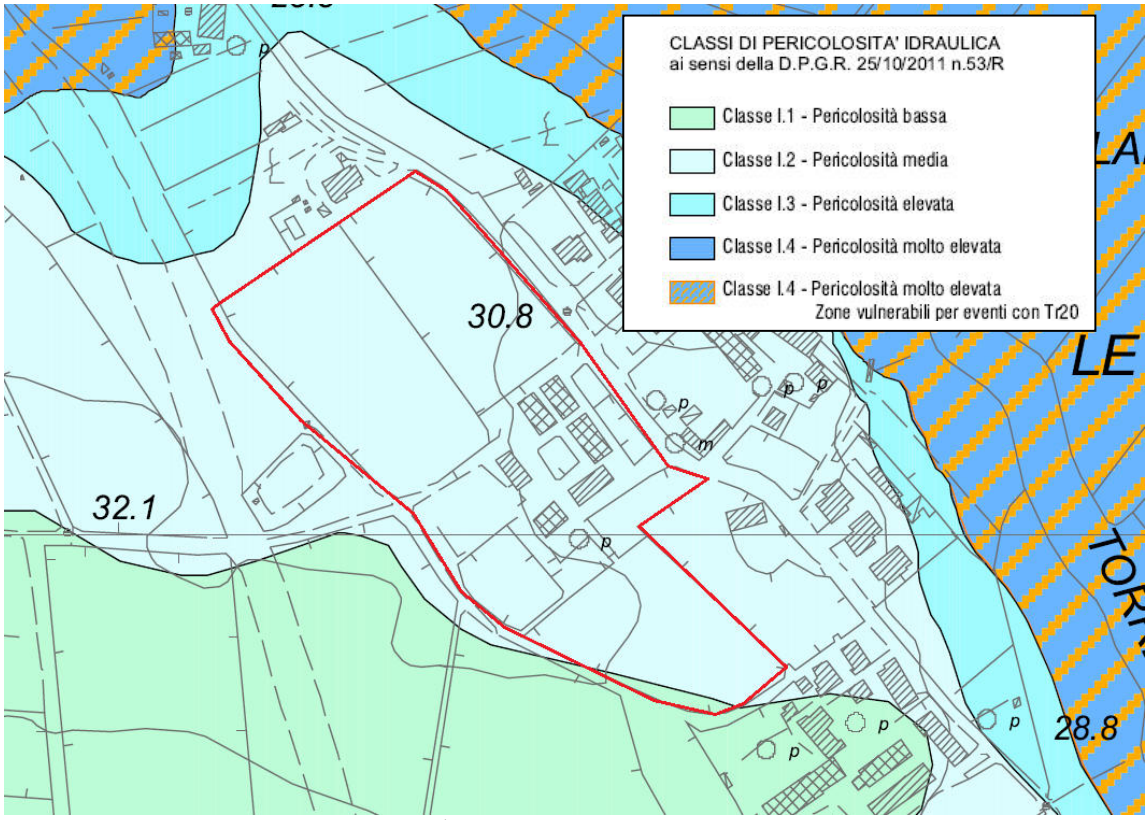


Fig. 3 Carta della Pericolosità Idraulica estratta da P.S. del Comune di Crespina Lorenzana – delimitazione P.P.

Pericolosità Sismica

L'area ricade in zona potenzialmente instabile, in particolare si ritrovano depositi sabbiosi, spesso saturi, potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione dinamica LI. La presenza di queste condizioni porta ad inserire l'area

in classe di Pericolosità sismica S3 corrispondente a Pericolosità Elevata.

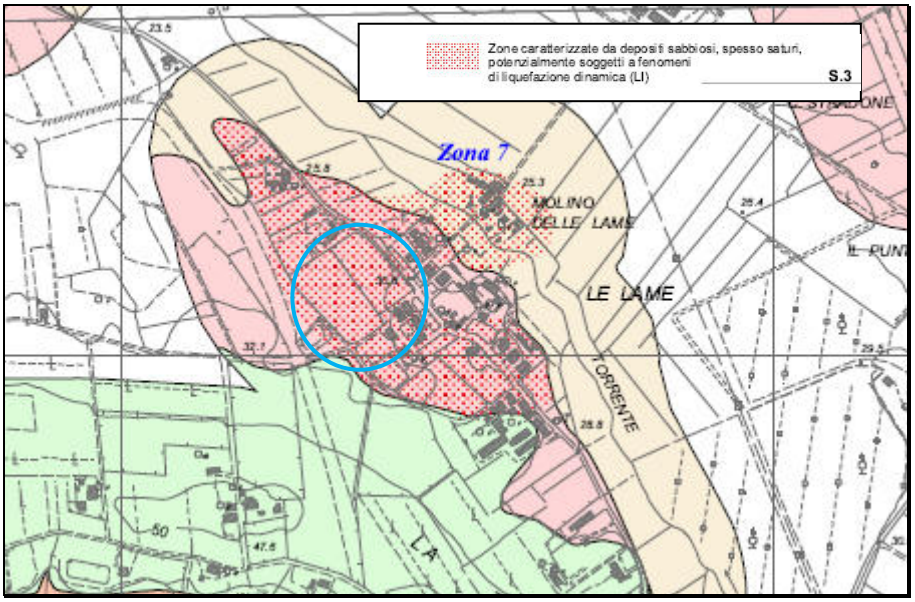


Fig. 3 Carta della Pericolosità Sismica estratta da P.S. del Comune di Crespina Lorenzana

FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

La carta della fattibilità inserisce l'intervento all'interno della classe F3 corrispondente a Fattibilità condizionata. La fattibilità è condizionata alla soluzione delle problematiche idrauliche e di quelle legate alla potenziale amplificazione del moto del suolo in caso di sollecitazione sismica

Il progetto dovrà garantire:

a) il non aggravio delle condizioni di deflusso della rete scolante minore sia naturale che fognaria, verificandone l'invarianza idraulica

b) i nuovi spazi destinati a viabilità pedonale o meccanizzata dovranno essere realizzati con modalità costruttive idonee a consentire l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acqua

c) è vietato il convogliamento delle acque piovane in fognatura, quando sia tecnicamente possibile il loro convogliamento in aree permeabili, senza determinare fenomeni di ristagno e/o instabilità

d) dove non sono presenti limitazioni di carattere idraulico è comunque auspicabile che sia perseguito un maggior livello di sicurezza idraulica attuando accorgimenti costruttivi per la riduzione della vulnerabilità delle opere previste o individuati gli interventi da realizzare per la messa in sicurezza per eventi con

tempo di ritorno superiore ai 200anni, tenendo conto comunque della necessità di non determinare aggravi di pericolosità in altre aree.

PIANO DELLE INDAGINI

In questa fase progettuale alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo e alla caratterizzazione geotecnica dei livelli attraversati si è giunti mediante il rilevamento geologico dell'area, l'esecuzione di tre prove penetrometriche statiche eseguite in corrispondenza degli interventi più rilevanti. Alla caratterizzazione sismica del terreno di fondazione si è giunti attraverso la realizzazione di un'indagine sismica a rifrazione tipo MASW.

Le indagini sono state eseguite utilizzando un penetrometro PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT - Modello TG63-100 e TG63-200, munito di manicotto per la misura dell'attrito laterale (punta *Begemann*). Le prove sono state spinte fino alla profondità massima di circa 10,0 metri dal p.c.

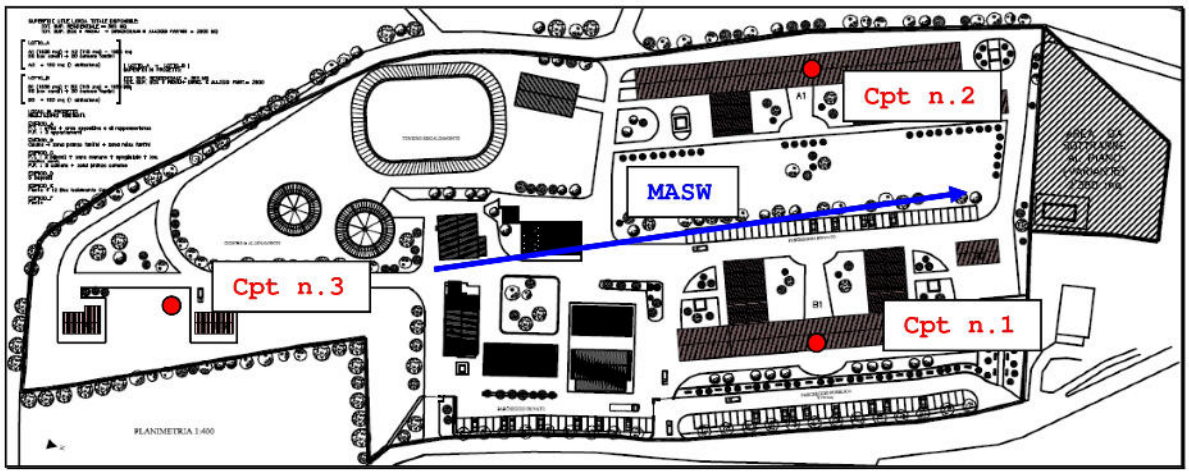


Fig.4 Ubicazione indagini geognostiche

Relazione Sismica

GEOAPP

Con l'entrata in vigore del *D.M.14/01/2008* la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio "sito dipendente". In pratica non si progetta stimando l'azione sismica a partire dalla zona, ma calcolandola ad hoc per il sito in progetto.

L'INDAGINE È STATA FINALIZZATA AD UNA PRIMA DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO AI SENSI DELLE NTC08 ED ALLA VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE DEL SUOLO IN CONDIZIONI DINAMICHE.

CLASSE DI SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE

Il D.M. del 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni (Suppl. Ord. n. 159 della G.U. n. 222 del 23.09.2005) ha prodotto una classificazione del territorio nazionale, introducendo 12 sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto ai valori di soglia (ciascuna sottozona è caratterizzata da valori di 0.025g.

ZONA	SOTTO -ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (a_g)
1	1.4	$0.325 < a_g \leq 0.350$	0.35g
	1.3	$0.300 < a_g \leq 0.325$	
	1.2	$0.275 < a_g \leq 0.300$	
	1.1	$0.250 < a_g \leq 0.275$	
2	2.4	$0.225 < a_g \leq 0.250$	0.25g
	2.3	$0.200 < a_g \leq 0.225$	
	2.2	$0.175 < a_g \leq 0.200$	
	2.1	$0.150 < a_g \leq 0.175$	
3	3.4	$0.125 < a_g \leq 0.150$	0.15g
	3.3	$0.100 < a_g \leq 0.125$	
	3.2	$0.075 < a_g \leq 0.100$	
	3.1	$0.050 < a_g \leq 0.075$	
4	4	≤ 0.05	0.05g

Il *Comune di Crespina Lorenzana* rientra nella zona 3.4 caratterizzata da valori di a_g (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) compresi tra 0.125 e 0.150 g.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (PSB)

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (**ag**) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale. Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV http://esse1-gis.mi.ingv.it/, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

ag = accelerazione orizzontale massima;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC*= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile attribuendo a:

ag, il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

Fo e **TC*** i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella, contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche.

Di seguito sono riportate le tabelle contenenti le coordinate geografiche dell'area d'indagine e quelle dei siti di riferimento utilizzati per il calcolo della Pericolosità Sismica di Base.

SITO OGGETTO DELL'INDAGINE

LATITUDINE	***LONGITUDINE***	***CLASSE USO***	***VITA NOMINALE***
43,5961900	**10,5544200**	**1**	**50**

SITI DI RIFERIMENTO

	LATITUDINE	***LONGITUDINE***	***DISTANZA***
Sito 1 ID: 20714	43,597210	10,521360	2665,03
Sito 2 ID: 20715	43,598940	10,590330	2907,51
Sito 3 ID: 20937	43,548970	10,592690	6088,83
Sito 4 ID: 20936	43,547240	10,523750	5977,84

	PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	Tr anni	ag	F_o	T_c* (s)
(SLO) OPERATIVITÀ	81%	30	**0,042g**	2,522	0,228
(SLD) DANNO	63%	50	**0,055g**	2,479	0,243
(SLV) SALVAGUARDIA DELLA VITA	10%	475	**0,140g**	2,455	0,272
(SLC) PREVENZIONE DAL COLLASSO	5%	975	**0,175g**	2,500	0,29

dove:

Tr = periodo di ritorno dell'azione sismica, espresso in anni
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa al sito. Il valore di ag è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione
Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale. Il valore di Fo è dipendente dalle coordinate che identificano il sito su cui dovrà insistere la costruzione

STIMA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

INDAGINI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Alla classificazione del suolo di fondazione si è giunti attraverso la realizzazione di un'indagine sismica MASW. La prova MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofono) posti sulla superficie del suolo.

Successivamente la progettazione esecutiva dei singoli edifici sarà supportata da indagini sismiche conformi al DPGRT36R.

FIG.6- STENDIMENTO INDAGINE SISMICA MASW

Nella tabella che segue è riportata la ricostruzione sismostratigrafica del sottosuolo:

Sismostrato	Profondità	Spessore h (m)	Velocità onde SH (m/s)	Velocità onde P (m/s)
1	da 0 a 0.3	0.3	140	278
2	da 0.3 a 0.8	0.5	200	416
3	da 0.8 a 1.8	1.0	210	437
4	da 1.8 a 4.8	3.0	220	458
5	da 4.8 a 10.8	6.0	240	500
6	da 10.8 a 15.8	5.0	250	520
7	da 15.8 a 30.0	14.2	300	624

La successione evidenzia il progressivo aumento, con la profondità, della velocità di propagazione delle onde S e P cui segue il costante aumento della densità del suolo (da 1.74 a 2.15 g/cm3). L'indagine HVSR non ha evidenziato la presenza di significativi picchi di frequenza.

Alla classificazione sismica del sottosuolo si è giunti attraverso la stima della Velocità Media delle Onde Sismiche di Taglio "***V_S***".

In particolare, la classificazione all'interno delle "*Categorie del Suolo di Fondazione*" ai sensi del *D.M. 14/01/2008*, è stata effettuata attraverso una valutazione del parametro "***V_{S30}***"; il valore coincide con la media ponderata dei valori di velocità delle onde di taglio sul piano orizzontale, nei primi 30m di profondità. La "***V_{S30}***"; viene stimata mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Nel caso specifico è stato ottenuto un valore di **V_{s30}** e pari a 260 m/s . Alla luce di quanto emerso il terreno di fondazione è ascrivile alla categoria di del "**profilo stratigrafico C** ".

Tale categoria corrisponde a "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu <250 kPa nei terreni a grana fina)*

DETERMINAZIONE DEL COEFF. DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA "T"

L'intervento ricade all'interno un'area pianeggiante; il coefficiente topografico è pertanto ascrivibile alla categoria topografica T1.

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche

topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale **Se(0)** consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Per il sito di intervento è stato considerato:

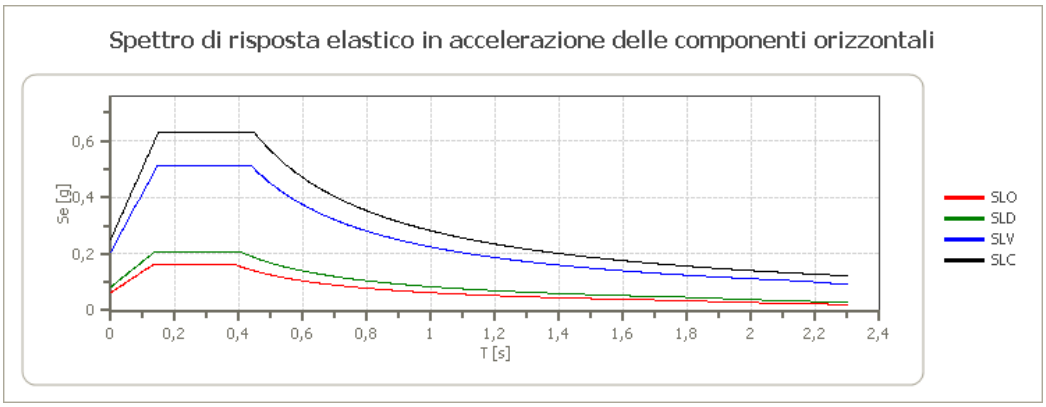
- Coefficiente di smorzamento viscoso ξ: 5%
- Fattore di Alterazione dello Spettro Elastico : 1,000
- Categoria di Sottosuolo: C
- Categoria Topografica: T1

COEFFICIENTI SISMICI STABILITÀ DI PENDII E FONDAZIONI:

Coefficienti	**SLO**	**SLD**	**SLV**	**SLC**
KH	0,013	0,017	0,050	0,061
KV	0,006	0,008	0,025	0,030
AMAX (M/S2)	0,624	0,816	2,049	2,478
BETA	0,200	0,200	0,240	0,240

PARAMETRI SISMICI DI SITO

CAT. SOTTOSUOLO	CAT. TOPOGRAFICA	PERIODO RIF.	COEFFICIENTE CU
C	T1	50	1



COEFFICIENTI SISMICI DI SITO

	CU	ag	Tc*	Ss	Cc	St	S	η	TB	TC	TD	Se(0)	Se(T)
SLO	1.0	0,042	0,228	1,500	1,710	1,0	1,500	1	0,130	0,391	1,770	0,064	0,161
SLD	1.0	0,055	0,243	1,500	1,670	1,0	1,500	1	0,136	0,407	1,822	0,083	0,206
SLV	1.0	0,140	0,272	1,490	1,610	1,0	1,490	1	0,146	0,437	2,161	**0,209**	0,513
SLC	1.0	0,175	0,279	1,440	1,600	1,0	1,440	1	0,149	0,446	2,302	**0,253**	0,632

dove:

S_S = Coefficiente di amplificazione stratigrafica
C_C = Coefficiente funzione della categoria di suolo
St = Coefficiente di Amplificazione topografica
Kh = coefficiente di intensità sismica orizzontale.
Kv = coefficiente di intensità sismica verticale.
η = fattore alterazione spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi diversi dal 5%
S = coefficiente categoria di sottosuolo
Tc = Periodo corrispondente al tratto a velocità costante dello spettro
Tb = Periodo corrispondente al tratto ad accelerazione costante dello spettro
Se (0) = Valore dello spettro elastico al periodo 0

SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Attraverso l'utilizzo di un software opportuno, è stata valutata la suscettibilità alla liquefazione dell'area di indagine. La verifica è stata effettuata in corrispondenza dei tre punti di indagine. La maggioranza dei livelli analizzati, per le loro caratteristiche geotecniche, sono risultati essere livelli "non liquefacibili".

L'analisi effettuata ha riscontrato, per quanto concerne i livelli considerati come "liquefacibili", fattori di sicurezza sempre maggiori di 1,25. La tabelle di calcolo sono riportate in allegato .

Relazione Geotecnica

GEOAPP

SOTTOSUOLO AREA LOTTO B1–B2

Alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo si è giunti mediante la realizzazione e successiva elaborazione di una prova penetrometrica statica (prova Cpt1) spinta fino alla profondità di 10m dal p.c. Il sottosuolo è caratterizzato da un'alternanza tra sedimenti coesivi e granulari con buoni parametri geotecnici. I sedimenti attraversati sono riconducibili alla formazione delle "Sabbie e limi di Vicarello". La successione stratigrafica è riportata nella tabella che segue.

Profondità (m)	Tipo litologico	Peso di volume (t/m^3)	Coesione non drenata Cu (kg/cm^2)	Angolo d'attrito (φ)	Modulo Edometrico (kg/cm^2)
da 0 a 0.4	Suolo				
da 0.4 a 4	Sabbia limosa	2.01		Valore medio 34 Klow30,6 Kmean 32.8	326
da 4 a 6	Argilla limosa	1.97	Valore medio 1.1 Klow 0.6 Kmean 0.9		99
da 6 a 7.2	Sabbia limosa	1.90		Valore medio 30 Klow 29.1 Kmean 29.8	110
da 7.2 a 8.6	Argilla limosa	2.02	Valore medio 1.8 Klow 1.3 Kmean 1.6		

All'interno della successione stratigrafica indagata non è stata rilevata la presenza di acqua. Indagini eseguite al contorno consentono di posizionare il livello della falda libera a profondità dell'ordine dei 2.5m dal p.c.

SOTTOSUOLO AREA LOTTO A1–A2

Alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo si è giunti mediante la realizzazione e successiva elaborazione di una prova penetrometrica statica (prova Cpt2) spinta fino alla profondità di 10m dal p.c. . Il sottosuolo è caratterizzato

da un'alternanza tra sedimenti coesivi e granulari con scadenti parametri geotecnici. I sedimenti attraversati sono riconducibili alla formazione delle "alluvioni recenti e attuali". La successione stratigrafica è evidenziata nella tabella che segue

Profondità (m)	Tipo litologico	Peso di volume (t/m^3)	Coesione non drenata Cu (kg/cm^2)	Angolo d'attrito (φ)	Modulo Edometrico (kg/cm^2)
da 0 a 0.4	Suolo				
da 0.4 a 5	Argilla limosa	1.83	Valore medio 0.33 Klow //// Kmean 0.23		30
da 5 a 5.8	Sabbia limosa	1.89		Valore medio 29 Klow 28.3 Kmean 29.1	113
da 5.8 a 8.6	Argilla limosa	1.88	Valore medio 0.57 Klow 0..28 Kmean 0.45		44

All'interno della successione stratigrafica indagata non è stata rilevata la presenza di acqua. Indagini eseguite al contorno consentono di posizionare il livello della falda libera a profondità prossime al p.c.

SOTTOSUOLO AREA LOTTO A3– B3

Alla ricostruzione stratigrafica del sottosuolo si è giunti mediante la realizzazione e successiva elaborazione di una prova penetrometrica statica (prova Cpt3) spinta fino alla profondità di 10m dal p.c. . Il sottosuolo è caratterizzato da un'alternanza tra sedimenti coesivi e granulari con buoni parametri geotecnici. I sedimenti attraversati sono riconducibili alla formazione delle "Sabbie e limi di Vicarello".

La successione stratigrafica è evidenziata nella tabella che segue

Profondità (m)	Tipo litologico	Peso di volume (t/m^3)	Coesione non drenata Cu (kg/cm^2)	Angolo d'attrito (φ)	Modulo Edometrico (kg/cm^2)
da 0 a 0.4	Suolo				
da 0.4 a 1	Limo sabbioso	1.90	Valore medio 0.67 Klow 0.45 Kmean 0.58		51
da 1 a 3.2	Sabbia limosa	1.88		Valore medio 29 Klow 25.8 Kmean 27.7	103
da 3.2 a 4.4	Argilla limosa	1.98	Valore medio 1.19		106
da 4.4 a 7	Sabbia limosa	1.89		Valore medio 29. Klow 26.7 Kmean 28.5	114
da 7 a 10	Argilla limosa	2.01	Valore medio 1.62 Klow 1.14 Kmean 1.43		146

All'interno della successione stratigrafica indagata non è stata rilevata la presenza di acqua. Indagini eseguite al contorno consentono di posizionare il livello della falda libera a profondità dell'ordine dei 2.5m dal p.c

Conclusioni

Il sottosuolo delle aree indagate caratterizzato da una alternanza tra livelli coesivi e granulari. Gli aspetti geotecnici dell'area non condizionano la realizzazione degli interventi in progetto. Tuttavia in fase di progetto esecutivo una maggiore attenzione dovrà essere posta in particolare per l'area del lotto A1 –A2. Questo infatti si colloca al contatto tra i sedimenti alluvionali e quelli della collina, ciò visto anche le scadenti caratteristiche geotecniche di alcuni livelli può portare alla formazione di cedimenti differenziali potenzialmente significativi.

CONDIZIONI ALLA TRASFORMAZIONE

Nell'ambito dell'indagine si è proceduto ad una valutazione complessiva delle problematiche presenti. Alla luce di quanto emerso nel corso dello studio è possibile indicare le tipologie degli approfondimenti da effettuare e, contestualmente, fornire alcune prescrizioni circa il mantenimento delle condizioni di stabilità dell'area e della salvaguardia ambientale. Gli aspetti geomorfologici, idraulici e sismici dell'area e quelli geotecnici dei terreni non condizionano in modo significativo la trasformazione dell'area. Gli aspetti di maggior rilevanza sono stati individuati nelle problematiche geotecniche di una porzione specifica e nella regimazione delle acque meteoriche.

approfondimenti di carattere geotecnico e sismico

Nella scheda norma dell'area evidenziava esplicitamente di effettuare verifiche finalizzate alla verifica del potenziale di liquefazione dei terreni in condizioni dinamiche. Le indagini hanno evidenziato la presenza di sedimenti non liquefacibili o caratterizzati da fattori di sicurezza maggiori di 1.25.

In corrispondenza del lotto A1-A2 dovranno essere svolte indagini approfondite, e mirate alla verifica di potenziali cedimenti e cedimenti differenziali nelle strutture.

approfondimenti di carattere Idraulico

Il piano particolareggiato si sviluppa interamente all'interno di un'area non coinvolta da problematiche idrauliche classe I2 di Pericolosità.

Tuttavia per non aggravare il reticolo idraulico tutte le viabilità interne dovranno essere realizzate con materiali permeabili.

Considerata la dislocazione dell'area la regimazione delle acque meteoriche assume un aspetto di notevole rilevanza. In tal senso, per non aggravare il deflusso del reticolo esistente, si consiglia di dotare l'edificio di vasche di raccolta delle acque che ne permettano un rilascio graduale nel reticolo. La vasche saranno dimensionate in funzione delle superfici impermeabili presenti e sulla base degli eventi meteorici di massima intensità, con tempi di ritorno pari a 30 anni.

CONCLUSIONI

L'area coinvolta dal Piano Particolareggiato ricade nel Comune di CrespinaLorenzana e interessa una zona collinare morfologicamente stabile non coinvolta da particolari evidenze geomorfologiche, idrauliche e sismiche che ne condizionino la realizzazione.

Dal punto di vista geotecnico il sottosuolo è caratterizzato da un'alternanza tra livelli granulari e coesivi generalmente caratterizzati da buoni parametri geotecnici. Alcune problematiche possono interessare il lotto A1-A2. Salvo ulteriori verifiche a livello di progetto esecutivo, le caratteristiche geotecniche dei sedimenti consentono la realizzazione delle opere edilizie, previste dal progetto, mediante la posa in opera di fondazioni superficiali.

In fase esecutiva dovranno essere realizzate, per le varie tipologie d'intervento, indagini geognostiche di approfondimento conformi al D.P.G.R.T. 36/R del 2009.

Alla luce di quanto esposto, nel rispetto dei condizionamenti alla trasformazione elencati, si ritiene che non sussistano elementi di carattere geologico, sismico e geotecnico che possano ostacolare la realizzazione degli interventi previsti dal Piano attuativo.

Dr. Geol. Claudio Nencini

Fauglia, Dicembre 2015

SONO PARTE INTEGRALE DELLA PRESENTE RELAZIONE I SEGUENTI ELABORATI

- *Certificati Prove Cpt.*
- *Certificato indagine Masw*
- *Schede verifiche alla liquefazione*

Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. 70Q16704
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche, ambientali, idrometriche"

GAIA servizi

RELAZIONE TECNICA

Committente: Dioscuri S.r.l.

Località: Le Lame - Crespina Lorenzana

Data Indagine: 21/12/2015

Codice lavoro: 151221d

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 - San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail:info@gaiaservizi.com

p. IVA 01966780502

Data elaborazione: 21/12/2015

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Figura 1: Prova penetrometrica CPT1

Figura 2: Prova penetrometrica CPT2

Figura 3: Prova penetrometrica CPT3

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA
FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:
TG63-200 - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica Ø 35.7 mm, area punta Ap = 10 cm²

- punta conica meccanica angolo di apertura: α = 60°

- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (Ø = 35.7 mm - h = 133 mm - Am = 150 cm²)

- velocità di avanzamento costante V = 2 cm/sec (± 0,5 cm / sec)

- spinta max nominale dello strumento Smax variabile a seconda del tipo

- costante di trasformazione CT = SPINTA (Kg) / LETTURA DI CAMPAGNA
  (dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: qc (kg/cm²) = (L1) x CT /10

fase 2 - resistenza laterale locale: fs (kg/cm²) = [(L2) - (L1)] x CT / 150

fase 3 - resistenza totale : Rt (kg/cm²) = (Lt) x CT

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale fs viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI
1 kN (kiloNewton) = 1000 N ≈ 100 kg = 0,1 t
1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N ≈ 100 t
1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa ≈ 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²
1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa ≈ 100 t/m² = 10 kg/cm²
1 kg/cm² = 10 t/m² ≈ 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa
1 t = 1000 kg ≈ 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE
CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: F = (qc / fs)
Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977
Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

	F = qc / fs	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
	F ≤ 15 kg/cm²	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 kg/cm² <	F ≤ 30 kg/cm²	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 kg/cm² <	F ≤ 60 kg/cm²	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
	F > 60 kg/cm²	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di qc e di FR = (fs / qc) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

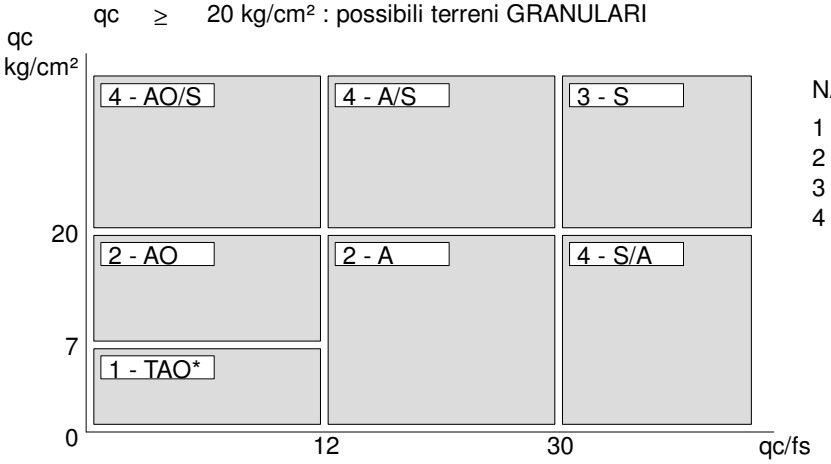
- 1/3 ± - 1/2 di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI
SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

qc ≤ 20 kg/cm² : possibili terreni COESIVI — anche se (qc / fs) > 30

qc ≥ 20 kg/cm² : possibili terreni GRANULARI — anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA

1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
2 - COESIVA IN GENERE
3 - GRANULARE
4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)

$\sigma'vo$ = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')

Cu = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : Cu - qc]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - Cu - $\sigma'vo$]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)

Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - Cu - OCR - Ip Ip= ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)

E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)

Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)

Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - Rp - $\sigma'vo$ (Schmertmann 1976)]

Ø' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : Ø' - Dr - qc - $\sigma'vo$)
ØCa - Caquot (1948) — ØKo - Koppejan (1948)
ØDB - De Beer (1965) — ØSc - Schmertmann (1978)
ØDM - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) — ØMe - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	1
riferimento	151221d
certificato n°	419/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0	0	0.00	0.67	0	
0.40	23.0	33	0	23.00	1.80	13	7.8
0.60	60.0	87	0	60.00	2.53	24	4.2
0.80	148.0	186	0	148.00	1.73	86	1.2
1.00	164.0	190	0	164.00	1.93	85	1.2
1.20	117.0	157	0	117.00	2.66	44	2.3
1.40	64.0	92	0	64.00	1.87	34	2.9
1.60	70.0	102	0	70.00	2.15	33	3.1
1.80	106.0	156	0	106.00	3.36	32	3.2
2.00	60.0	120	0	60.00	3.27	18	5.5
2.20	62.0	120	0	62.00	3.84	16	6.2
2.40	67.0	126	0	67.00	3.93	17	5.9
2.60	67.0	126	0	67.00	3.93	17	5.9
2.80	103.0	170	0	103.00	2.00	52	1.9
3.00	120.0	173	0	120.00	3.50	34	2.9
3.20	112.0	157	0	112.00	3.00	37	2.7
3.40	133.0	179	0	133.00	3.08	43	2.3
3.60	60.0	88	0	60.00	1.87	32	3.1
3.80	56.0	83	0	56.00	1.81	31	3.2
4.00	54.0	187	0	54.00	1.47	37	2.7
4.20	48.0	70	0	48.00	1.93	25	4.0
4.40	48.0	77	0	48.00	2.33	21	4.9
4.60	40.0	75	0	40.00	2.33	17	5.8
4.80	38.0	73	0	38.00	1.73	22	4.6
5.00	34.0	60	0	34.00	1.33	26	3.9
5.20	28.0	48	0	28.00	1.13	25	4.0
5.40	34.0	51	0	34.00	1.33	26	3.9
5.60	27.0	47	0	27.00	1.33	20	4.9
5.80	25.0	45	0	25.00	1.20	21	4.8
6.00	23.0	41	0	23.00	1.20	19	5.2
6.20	37.0	55	0	37.00	1.07	35	2.9
6.40	46.0	65	0	46.00	1.24	37	2.7
6.60	37.0	52	0	37.00	1.02	36	2.8
6.80	37.0	54	0	37.00	1.16	32	3.1
7.00	43.0	59	0	43.00	1.07	40	2.5
7.20	46.0	66	0	46.00	1.36	34	3.0
7.40	52.0	74	0	52.00	2.33	22	4.5
7.60	47.0	82	0	47.00	2.47	19	5.3
7.80	58.0	103	0	58.00	2.97	20	5.1
8.00	48.0	93	0	48.00	2.97	16	6.2
8.20	60.0	100	0	60.00	2.66	23	4.4
8.40	62.0	106	0	62.00	3.00	21	4.8
8.60	60.0	106	0	60.00	3.05	20	5.1

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

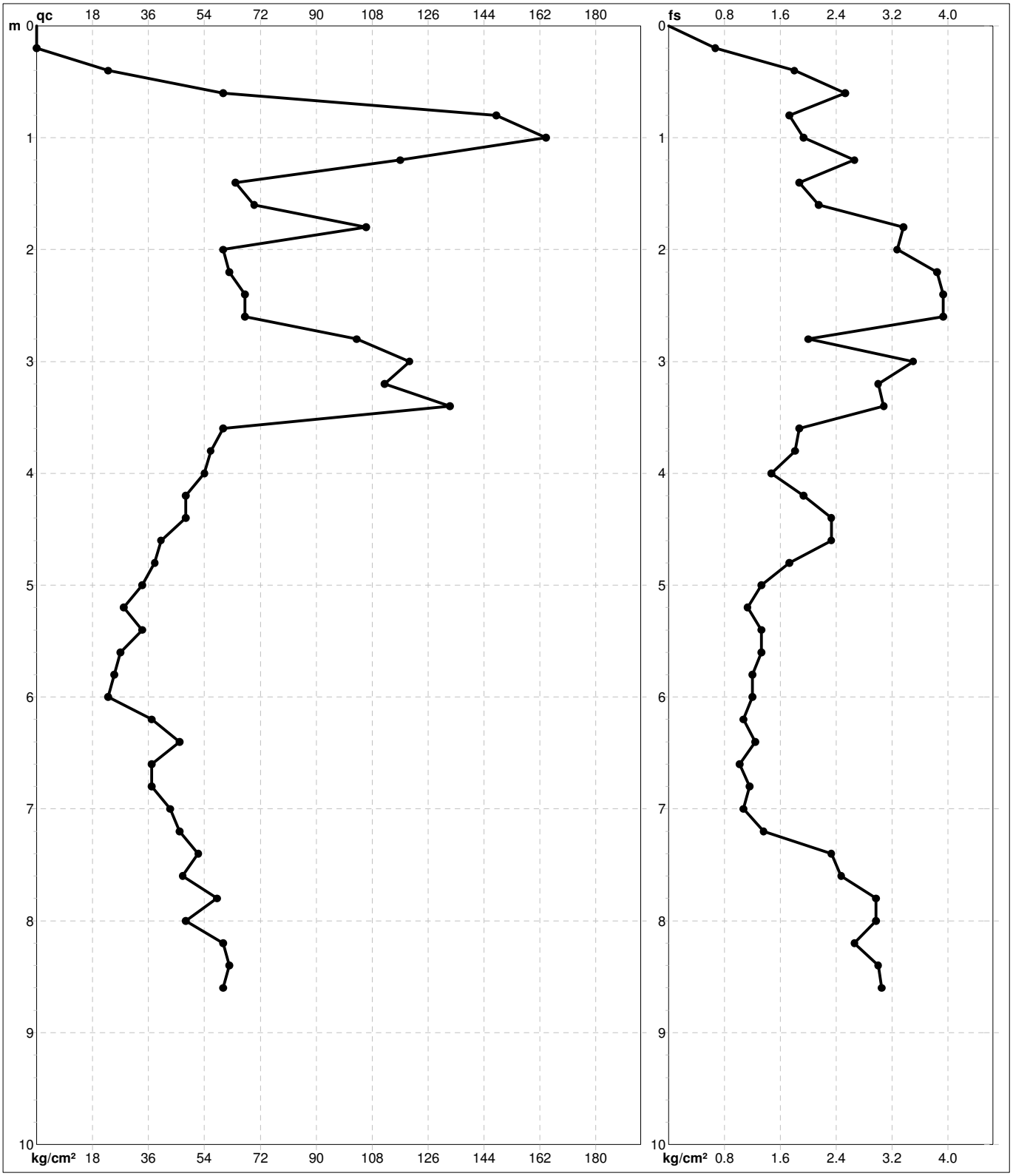
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	1
riferimento	151221d
certificato n°	419/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d	Scala: 1:50	Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso



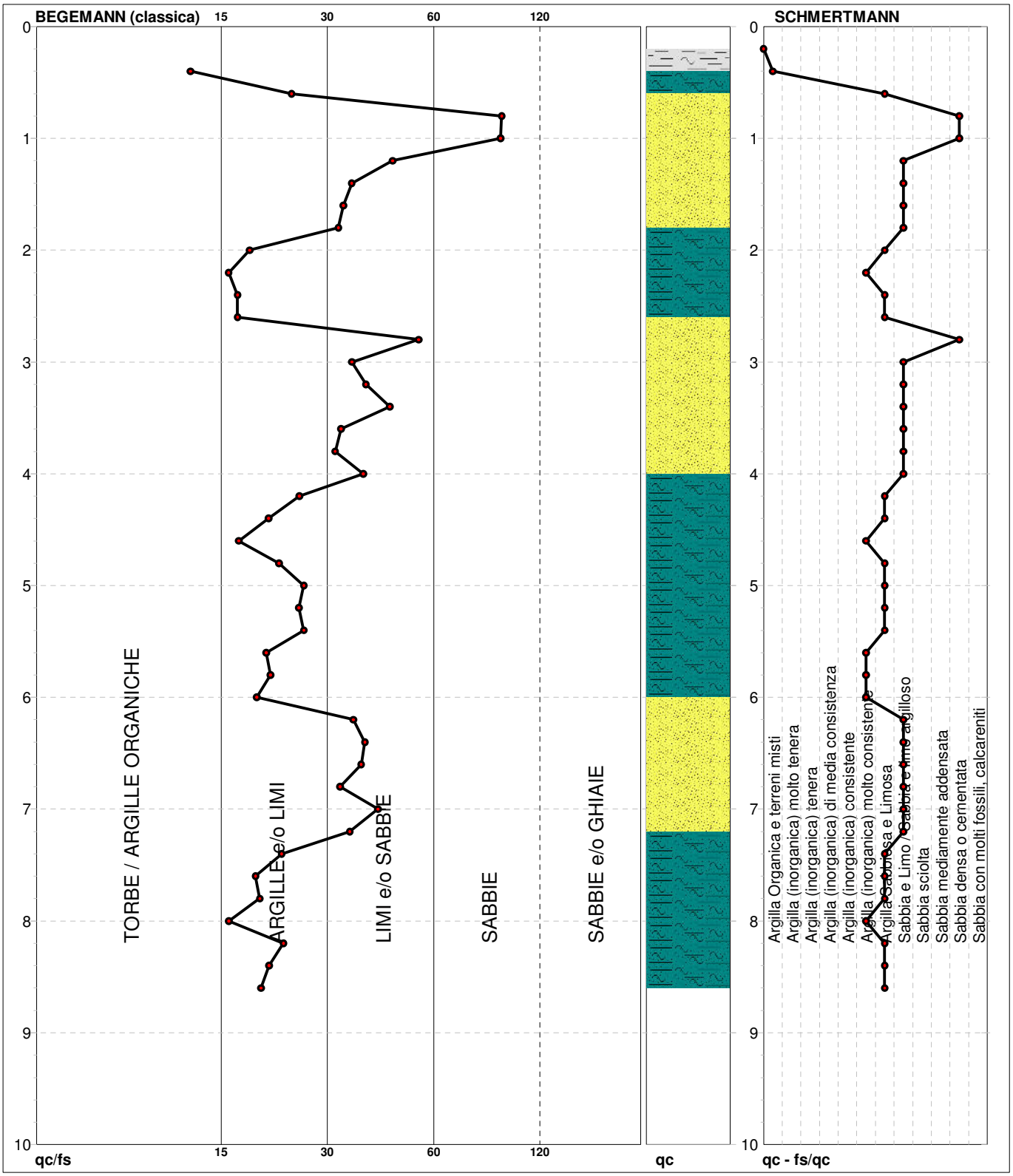
Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	1
riferimento	151221d
certificato n°	419/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.:	21/12/2015
Cantiere:	151221d	Scala:	1:50	Data certificato:	21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Foro chiuso



Torbe / Argille org. :	9 punti, 18.37%	Argilla Organica e terreni misti:	1 punti, 2.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	16 punti, 32.65%
Argille e/o Limi :	22 punti, 44.90%	Argilla (inorganica) molto consist.:	6 punti, 12.24%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	16 punti, 32.65%
Limi e/o Sabbie :	17 punti, 34.69%			Sabbia densa o cementata:	3 punti, 6.12%
Sabbie:	2 punti, 4.08%				

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
riferimento	151221d
certificato n°	419/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1 Elaborato:	Falda: Foro chiuso

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	øSc	øCa	øKo	øDB	øDM	øMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--	? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	23.00	12.78	4	1.94	0.08	180	0.87	99.9	147.5	221.3	69.0	84	40	38	36	33	42	28	--	38.3	57.5	69.0
0.60	60.00	23.72	4	2.02	0.12	259	2.00	99.9	340.0	510.0	180.0	100	42	41	38	36	44	32	--	100.0	150.0	180.0
0.80	148.00	85.55	3	2.07	0.16	364	--	--	--	--	--	100	42	44	41	38	45	36	--	246.7	370.0	444.0
1.00	164.00	84.97	3	2.10	0.20	378	--	--	--	--	--	100	42	43	41	38	45	37	--	273.3	410.0	492.0
1.20	117.00	43.99	3	2.03	0.24	333	--	--	--	--	--	100	42	41	38	35	44	35	--	195.0	292.5	351.0
1.40	64.00	34.22	3	1.94	0.28	265	--	--	--	--	--	88	40	37	34	32	41	32	--	106.7	160.0	192.0
1.60	70.00	32.56	3	1.95	0.32	274	--	--	--	--	--	88	40	37	34	32	41	32	--	116.7	175.0	210.0
1.80	106.00	31.55	3	2.01	0.36	321	--	--	--	--	--	99	42	38	35	33	42	34	--	176.7	265.0	318.0
2.00	60.00	18.35	4	2.02	0.40	259	2.00	47.2	340.0	510.0	180.0	77	39	35	32	30	39	32	--	100.0	150.0	180.0
2.20	62.00	16.15	4	2.02	0.44	262	2.07	43.6	351.3	527.0	186.0	76	39	34	32	29	39	32	--	103.3	155.0	186.0
2.40	67.00	17.05	4	2.02	0.48	270	2.23	43.0	379.7	569.5	201.0	76	39	34	31	29	39	32	--	111.7	167.5	201.0
2.60	67.00	17.05	4	2.02	0.52	270	2.23	38.9	379.7	569.5	201.0	74	38	34	31	29	38	32	--	111.7	167.5	201.0
2.80	103.00	51.50	3	2.00	0.56	317	--	--	--	--	--	87	40	36	33	31	40	34	--	171.7	257.5	309.0
3.00	120.00	34.29	3	2.03	0.60	336	--	--	--	--	--	91	41	36	33	31	40	35	--	200.0	300.0	360.0
3.20	112.00	37.33	3	2.02	0.64	328	--	--	--	--	--	87	40	35	33	30	40	34	--	186.7	280.0	336.0
3.40	133.00	43.18	3	2.05	0.68	349	--	--	--	--	--	91	41	36	33	31	40	35	--	221.7	332.5	399.0
3.60	60.00	32.09	3	1.93	0.72	259	--	--	--	--	--	62	37	32	29	27	36	32	--	100.0	150.0	180.0
3.80	56.00	30.94	3	1.93	0.76	252	--	--	--	--	--	59	36	31	28	26	35	31	--	93.3	140.0	168.0
4.00	54.00	36.73	3	1.92	0.80	249	--	--	--	--	--	56	36	31	28	26	35	31	--	90.0	135.0	162.0
4.20	48.00	24.87	4	2.01	0.84	238	1.60	14.1	272.0	408.0	144.0	51	35	30	27	25	34	31	--	80.0	120.0	144.0
4.40	48.00	20.60	4	2.01	0.88	238	1.60	13.3	272.0	408.0	144.0	50	35	30	27	25	34	31	--	80.0	120.0	144.0
4.60	40.00	17.17	4	2.00	0.92	222	1.33	10.0	226.7	340.0	120.0	43	34	29	25	24	32	30	--	66.7	100.0	120.0
4.80	38.00	21.97	4	1.99	0.96	218	1.27	8.9	226.8	340.2	114.0	40	34	28	25	23	32	30	--	63.3	95.0	114.0
5.00	34.00	25.56	4	1.98	1.00	209	1.13	7.4	245.5	368.2	102.0	35	33	27	24	23	31	29	--	56.7	85.0	102.0
5.20	28.00	24.78	4	1.96	1.04	194	0.97	5.8	277.5	416.3	84.0	27	32	26	23	22	30	28	--	46.7	70.0	84.0
5.40	34.00	25.56	4	1.98	1.08	209	1.13	6.7	274.1	411.2	102.0	33	33	27	24	22	31	29	--	56.7	85.0	102.0
5.60	27.00	20.30	4	1.95	1.11	192	0.95	5.1	306.3	459.5	81.0	24	31	26	22	21	29	28	--	45.0	67.5	81.0
5.80	25.00	20.83	4	1.94	1.15	186	0.91	4.7	320.9	481.3	75.0	21	31	25	22	21	28	28	--	41.7	62.5	75.0
6.00	23.00	19.17	4	1.94	1.19	180	0.87	4.2	332.9	499.4	69.0	17	30	24	21	20	28	28	--	38.3	57.5	69.0
6.20	37.00	34.58	3	1.89	1.23	216	--	--	--	--	--	33	33	27	24	22	30	30	--	61.7	92.5	111.0
6.40	46.00	37.10	3	1.91	1.27	234	--	--	--	--	--	40	34	28	24	23	31	31	--	76.7	115.0	138.0
6.60	37.00	36.27	3	1.89	1.31	216	--	--	--	--	--	31	32	26	23	22	30	30	--	61.7	92.5	111.0
6.80	37.00	31.90	3	1.89	1.34	216	--	--	--	--	--	31	32	26	23	22	30	30	--	61.7	92.5	111.0
7.00	43.00	40.19	3	1.91	1.38	228	--	--	--	--	--	35	33	27	24	22	30	30	--	71.7	107.5	129.0
7.20	46.00	33.82	3	1.91	1.42	234	--	--	--	--	--	37	33	27	24	22	31	31	--	76.7	115.0	138.0
7.40	52.00	22.32	4	2.01	1.46	245	1.73	7.8	353.4	530.1	156.0	40	34	28	24	23	31	31	--	86.7	130.0	156.0
7.60	47.00	19.03	4	2.01	1.50	236	1.57	6.6	384.1	576.2	141.0	36	33	27	24	22	30	31	--	78.3	117.5	141.0
7.80	58.00	19.53	4	2.02	1.54	256	1.93	8.3	366.7	550.0	174.0	43	34	28	25	23	32	31	--	96.7	145.0	174.0
8.00	48.00	16.16	4	2.01	1.58	238	1.60	6.4	410.3	615.4	144.0	36	33	27	24	22	30	31	--	80.0	120.0	144.0
8.20	60.00	22.56	4	2.02	1.62	259	2.00	8.2	387.4	581.1	180.0	43	34	28	25	23	31	32	--	100.0	150.0	180.0
8.40	62.00	20.67	4	2.02	1.66	262	2.07	8.2	396.2	594.3	186.0	43	34	28	25	23	31	32	--	103.3	155.0	186.0
8.60	60.00	19.67	4	2.02	1.70	259	2.00	7.7	413.4	620.1	180.0	41	34	27	24	23	31	32	--	100.0	150.0	180.0

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	2
riferimento	151221d
certificato n°	420/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0.20	0.0	0	0	0.00	0.47	0	
0.40	15.0	22	0	15.00	0.47	32	3.1
0.60	8.0	15	0	8.00	0.67	12	8.4
0.80	6.0	16	0	6.00	0.20	30	3.3
1.00	15.0	18	0	15.00	0.20	75	1.3
1.20	6.0	8	0	6.00	0.14	43	2.3
1.40	7.0	10	0	7.00	0.20	35	2.9
1.60	8.0	12	0	8.00	0.26	31	3.3
1.80	9.0	13	0	9.00	0.30	30	3.3
2.00	9.0	13	0	9.00	0.28	32	3.1
2.20	8.0	12	0	8.00	0.26	31	3.3
2.40	6.0	9	0	6.00	0.19	32	3.2
2.60	5.0	9	0	5.00	0.26	19	5.2
2.80	4.0	8	0	4.00	0.20	20	5.0
3.00	7.0	10	0	7.00	0.20	35	2.9
3.20	7.0	10	0	7.00	0.27	26	3.9
3.40	6.0	9	0	6.00	0.23	26	3.8
3.60	5.0	9	0	5.00	0.13	38	2.6
3.80	5.0	7	0	5.00	0.13	38	2.6
4.00	5.0	7	0	5.00	0.07	71	1.4
4.20	5.0	6	0	5.00	0.07	71	1.4
4.40	5.0	6	0	5.00	0.13	38	2.6
4.60	7.0	9	0	7.00	0.13	54	1.9
4.80	4.0	5	0	4.00	0.09	44	2.3
5.00	3.0	4	0	3.00	0.09	33	3.0
5.20	17.0	21	0	17.00	0.33	52	1.9
5.40	32.0	37	0	32.00	0.53	60	1.7
5.60	42.0	50	0	42.00	0.73	58	1.7
5.80	39.0	50	0	39.00	0.47	83	1.2
6.00	16.0	23	0	16.00	0.40	40	2.5
6.20	8.0	12	0	8.00	0.26	31	3.3
6.40	10.0	14	0	10.00	0.24	42	2.4
6.60	14.0	19	0	14.00	0.33	42	2.4
6.80	8.0	11	0	8.00	0.21	38	2.6
7.00	16.0	22	0	16.00	0.42	38	2.6
7.20	38.0	45	0	38.00	0.45	84	1.2
7.40	44.0	52	0	44.00	0.40	110	0.9
7.60	17.0	21	0	17.00	0.24	71	1.4
7.80	13.0	17	0	13.00	0.20	65	1.5
8.00	8.0	11	0	8.00	0.17	47	2.1
8.20	14.0	20	0	14.00	0.20	70	1.4
8.40	10.0	13	0	10.00	0.21	48	2.1
8.60	15.0	19	0	15.00	0.28	54	1.9

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

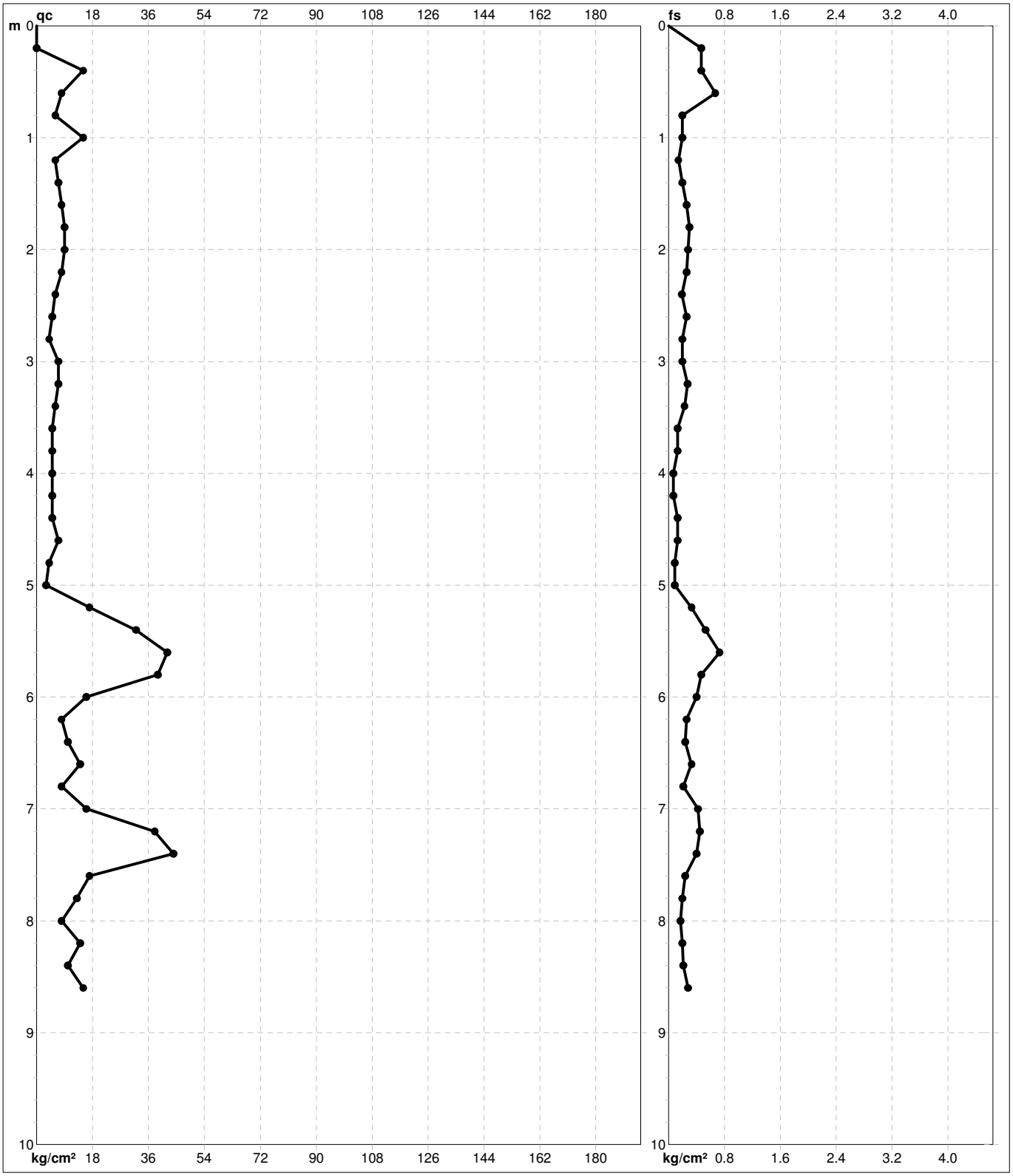
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	2
riferimento	151221d
certificato n°	420/15

Committente:	**Dioscuri S.r.l.**	U.M.: **kg/cm²**	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	**151221d**	Scala: 1:50	Data certificato: 21/12/2015
Località:	**Le Lame - Crespina Lorenzana**	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso



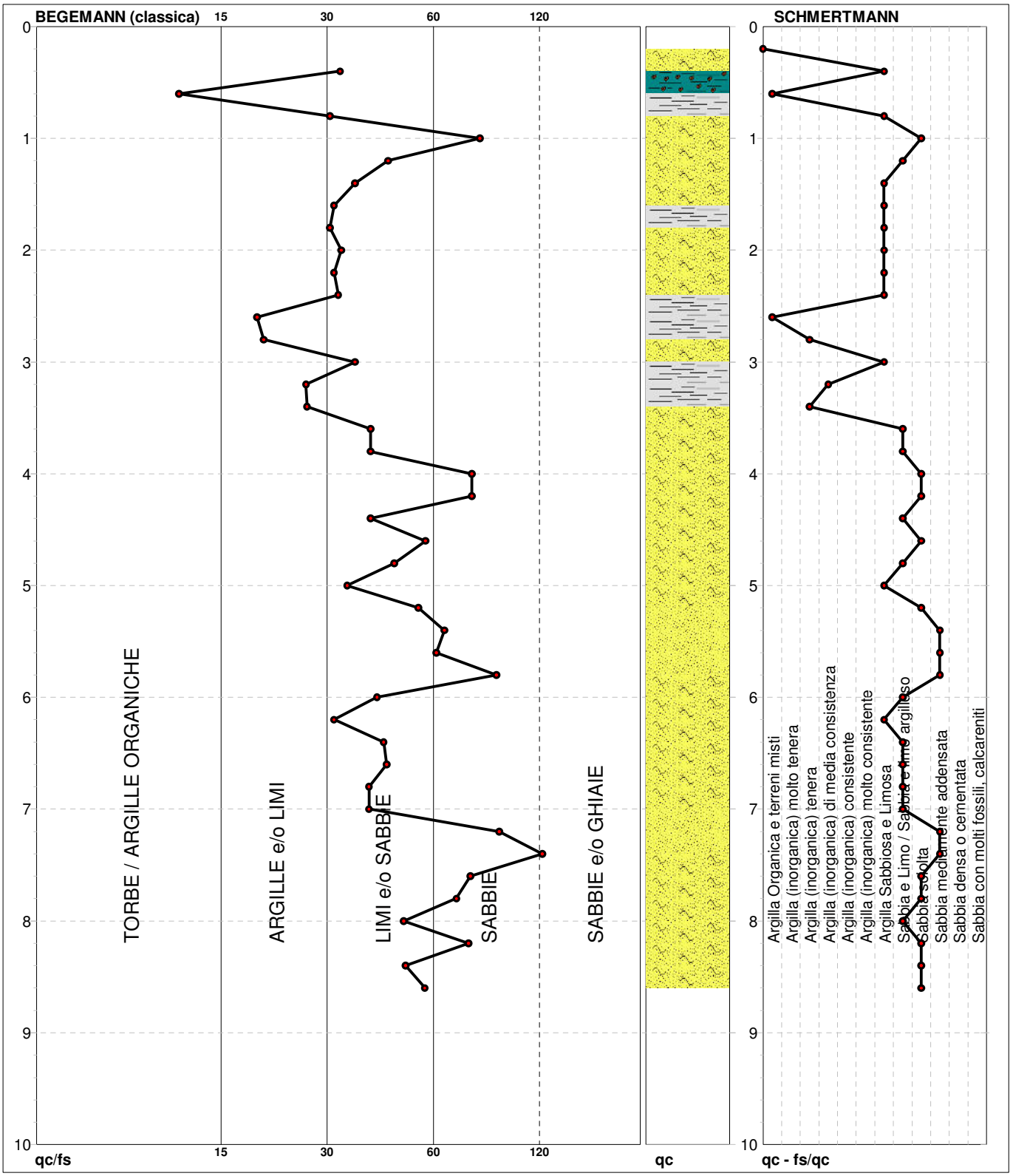
		Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
		Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	
			Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	2
riferimento	151221d
certificato n°	420/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.:	21/12/2015
Cantiere:	151221d	Scala:	1:50	Data certificato:	21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Foro chiuso



Torbe / Argille org. :	9 punti, 18.37%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 4.08%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	11 punti, 22.45%
Argille e/o Limi :	6 punti, 12.24%	Argilla (inorganica) tenera:	2 punti, 4.08%	Sabbia sciolta:	10 punti, 20.41%
Limi e/o Sabbie :	25 punti, 51.02%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 2.04%	Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 10.20%
Sabbie:	10 punti, 20.41%				

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	2
riferimento	151221d
certificato n°	420/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	øSc	øCa	øKo	øDB	øDM	øMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--	? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	15.00	31.91	4	1.89	0.07	154	0.67	96.5	113.3	170.0	49.5	70	38	36	33	31	40	27	--	25.0	37.5	45.0
0.60	8.00	11.94	2	1.86	0.11	121	0.40	30.8	68.0	102.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	6.00	30.00	4	1.82	0.15	109	0.30	15.1	51.0	76.5	28.8	22	31	28	25	24	32	26	--	10.0	15.0	18.0
1.00	15.00	75.00	4	1.89	0.19	154	0.67	30.9	113.3	170.0	49.5	48	35	32	29	27	36	27	--	25.0	37.5	45.0
1.20	6.00	42.86	4	1.82	0.22	109	0.30	9.1	52.9	79.4	28.8	12	30	26	23	22	30	26	--	10.0	15.0	18.0
1.40	7.00	35.00	4	1.83	0.26	115	0.35	9.1	61.6	92.4	32.2	14	30	26	23	22	30	26	--	11.7	17.5	21.0
1.60	8.00	30.77	4	1.84	0.30	121	0.40	9.1	70.4	105.6	35.2	15	30	26	23	22	30	26	--	13.3	20.0	24.0
1.80	9.00	30.00	4	1.85	0.33	127	0.45	9.1	79.2	118.8	37.8	16	30	26	23	22	30	26	--	15.0	22.5	27.0
2.00	9.00	32.14	4	1.85	0.37	127	0.45	8.0	88.8	133.3	37.8	13	30	26	22	21	29	26	--	15.0	22.5	27.0
2.20	8.00	30.77	4	1.84	0.41	121	0.40	6.1	106.9	160.4	35.2	7	29	25	21	20	28	26	--	13.3	20.0	24.0
2.40	6.00	31.58	4	1.82	0.44	109	0.30	3.9	124.6	186.9	28.8	--	28	23	19	18	26	26	--	10.0	15.0	18.0
2.60	5.00	19.23	2	1.80	0.48	101	0.25	2.8	127.5	191.3	25.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	4.00	20.00	2	1.78	0.52	93	0.20	1.9	112.8	169.2	20.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	7.00	35.00	4	1.83	0.55	115	0.35	3.6	155.7	233.5	32.2	--	28	22	19	18	25	26	--	11.7	17.5	21.0
3.20	7.00	25.93	2	1.84	0.59	115	0.35	3.3	164.5	246.7	32.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	6.00	26.09	2	1.82	0.62	109	0.30	2.5	158.8	238.2	28.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	5.00	38.46	4	1.81	0.66	101	0.25	1.9	141.8	212.7	25.0	--	28	20	16	16	25	25	--	8.3	12.5	15.0
3.80	5.00	38.46	4	1.81	0.70	101	0.25	1.7	143.2	214.8	25.0	--	28	20	16	15	25	25	--	8.3	12.5	15.0
4.00	5.00	71.43	4	1.81	0.73	101	0.25	1.6	144.4	216.6	25.0	--	28	19	16	15	25	25	--	8.3	12.5	15.0
4.20	5.00	71.43	4	1.81	0.77	101	0.25	1.5	145.4	218.1	25.0	--	28	19	16	15	25	25	--	8.3	12.5	15.0
4.40	5.00	38.46	4	1.81	0.81	101	0.25	1.5	146.3	219.4	25.0	--	28	19	15	15	25	25	--	8.3	12.5	15.0
4.60	7.00	53.85	4	1.83	0.84	115	0.35	2.1	194.2	291.3	32.2	--	28	20	17	16	25	26	--	11.7	17.5	21.0
4.80	4.00	44.44	4	1.80	0.88	93	0.20	1.0	120.0	180.0	20.0	--	28	17	14	13	25	25	--	6.7	10.0	12.0
5.00	3.00	33.33	4	1.78	0.91	84	0.15	0.7	90.0	135.0	15.0	--	28	16	12	12	25	25	--	5.0	7.5	9.0
5.20	17.00	51.52	4	1.91	0.95	161	0.72	4.5	265.5	398.3	54.1	12	30	24	21	20	27	27	--	28.3	42.5	51.0
5.40	32.00	60.38	3	1.88	0.99	204	--	--	--	--	--	33	33	27	24	22	31	29	--	53.3	80.0	96.0
5.60	42.00	57.53	3	1.90	1.03	226	--	--	--	--	--	42	34	28	25	24	32	30	--	70.0	105.0	126.0
5.80	39.00	82.98	3	1.90	1.07	220	--	--	--	--	--	38	33	28	25	23	31	30	--	65.0	97.5	117.0
6.00	16.00	40.00	4	1.90	1.10	157	0.70	3.5	311.2	466.8	51.8	7	29	23	20	19	26	27	--	26.7	40.0	48.0
6.20	8.00	30.77	4	1.84	1.14	121	0.40	1.7	230.0	345.0	35.2	--	28	19	16	15	25	26	--	13.3	20.0	24.0
6.40	10.00	41.67	4	1.86	1.18	132	0.50	2.2	275.8	413.7	40.0	--	28	20	17	16	25	26	--	16.7	25.0	30.0
6.60	14.00	42.42	4	1.89	1.21	150	0.64	2.8	323.9	485.8	48.2	--	28	22	19	18	25	26	--	23.3	35.0	42.0
6.80	8.00	38.10	4	1.84	1.25	121	0.40	1.5	233.2	349.8	35.2	--	28	19	15	15	25	26	--	13.3	20.0	24.0
7.00	16.00	38.10	4	1.90	1.29	157	0.70	2.9	348.5	522.8	51.8	3	28	22	19	18	25	27	--	26.7	40.0	48.0
7.20	38.00	84.44	3	1.90	1.33	218	--	--	--	--	--	32	32	26	23	22	30	30	--	63.3	95.0	114.0
7.40	44.00	110.00	3	1.91	1.37	230	--	--	--	--	--	36	33	27	24	22	31	31	--	73.3	110.0	132.0
7.60	17.00	70.83	4	1.91	1.40	161	0.72	2.7	371.2	556.8	54.1	3	28	22	19	18	25	27	--	28.3	42.5	51.0
7.80	13.00	65.00	4	1.88	1.44	145	0.60	2.1	334.6	502.0	46.5	--	28	21	17	16	25	26	--	21.7	32.5	39.0
8.00	8.00	47.06	4	1.84	1.48	121	0.40	1.2	237.3	356.0	35.2	--	28	18	15	14	25	26	--	13.3	20.0	24.0
8.20	14.00	70.00	4	1.89	1.52	150	0.64	2.1	352.1	528.2	48.2	--	28	21	17	16	25	26	--	23.3	35.0	42.0
8.40	10.00	47.62	4	1.86	1.55	132	0.50	1.5	291.2	436.8	40.0	--	28	19	15	15	25	26	--	16.7	25.0	30.0
8.60	15.00	53.57	4	1.89	1.59	154	0.67	2.1	369.1	553.6	49.5	--	28	21	17	17	25	27	--	25.0	37.5	45.0

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT	3
riferimento	151221d
certificato n°	421/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0.20	0.0	0	0	0.00	0.93	0	
0.40	16.0	27	0	16.00	0.73	22	4.6
0.60	14.0	19	0	14.00	0.35	40	2.5
0.80	13.0	18	0	13.00	0.35	37	2.7
1.00	19.0	26	0	19.00	0.49	39	2.6
1.20	34.0	48	0	34.00	0.96	35	2.8
1.40	48.0	68	0	48.00	1.32	36	2.8
1.60	54.0	83	0	54.00	0.93	58	1.7
1.80	56.0	70	0	56.00	1.67	34	3.0
2.00	28.0	41	0	28.00	0.83	34	3.0
2.20	24.0	36	0	24.00	0.78	31	3.3
2.40	25.0	37	0	25.00	0.82	30	3.3
2.60	23.0	30	0	23.00	0.43	53	1.9
2.80	28.0	40	0	28.00	0.82	34	2.9
3.00	27.0	38	0	27.00	0.77	35	2.9
3.20	31.0	48	0	31.00	1.00	31	3.2
3.40	31.0	46	0	31.00	1.87	17	6.0
3.60	29.0	56	0	29.00	1.81	16	6.2
3.80	33.0	61	0	33.00	1.88	18	5.7
4.00	42.0	71	0	42.00	1.95	22	4.6
4.20	40.0	83	0	40.00	2.20	18	5.5
4.40	38.0	71	0	38.00	1.80	21	4.7
4.60	37.0	53	0	37.00	1.06	35	2.9
4.80	61.0	83	0	61.00	0.73	84	1.2
5.00	55.0	75	0	55.00	1.36	40	2.5
5.20	38.0	65	0	38.00	1.00	38	2.6
5.40	46.0	66	0	46.00	1.34	34	2.9
5.60	35.0	51	0	35.00	1.04	34	3.0
5.80	48.0	67	0	48.00	1.23	39	2.6
6.00	32.0	48	0	32.00	1.04	31	3.3
6.20	34.0	50	0	34.00	1.08	31	3.2
6.40	34.0	55	0	34.00	1.13	30	3.3
6.60	29.0	42	0	29.00	0.89	33	3.1
6.80	23.0	33	0	23.00	0.64	36	2.8
7.00	26.0	37	0	26.00	0.80	33	3.1
7.20	36.0	48	0	36.00	1.67	22	4.6
7.40	42.0	67	0	42.00	2.40	18	5.7
7.60	49.0	85	0	49.00	2.47	20	5.0
7.80	56.0	93	0	56.00	2.73	21	4.9
8.00	53.0	94	0	53.00	2.87	18	5.4
8.20	56.0	99	0	56.00	3.13	18	5.6
8.40	58.0	104	0	58.00	3.08	19	5.3
8.60	53.0	105	0	53.00	2.33	23	4.4
8.80	45.0	80	0	45.00	2.40	19	5.3
9.00	46.0	82	0	46.00	2.53	18	5.5
9.20	46.0	84	0	46.00	2.67	17	5.8
9.40	45.0	85	0	45.00	2.47	18	5.5
9.60	48.0	85	0	48.00	2.60	18	5.4
9.80	50.0	90	0	50.00	2.64	19	5.3
10.00	53.0	100	0	53.00	0.00	19	0.0

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT =10.00 costante di trasformazione

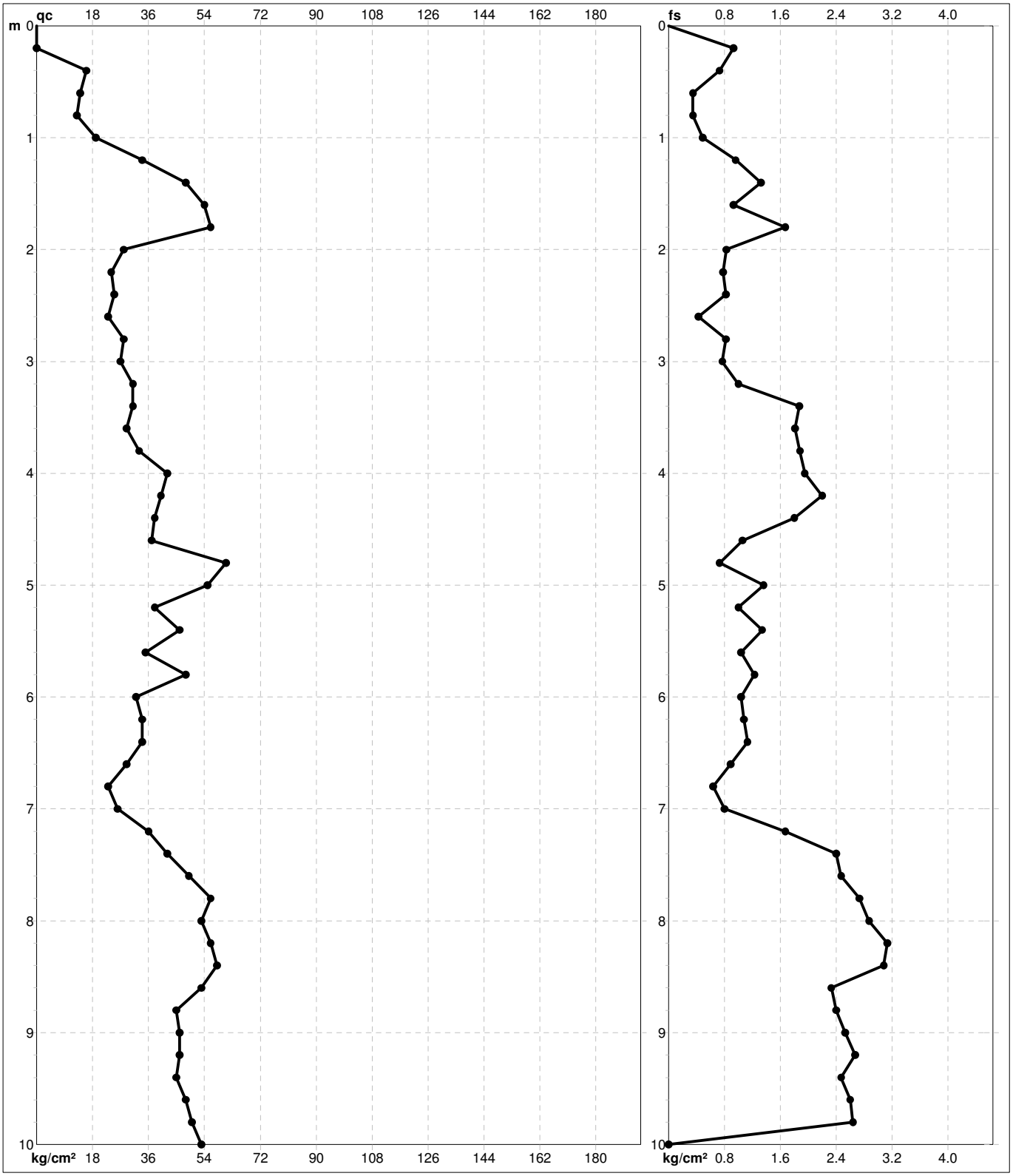
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata 0.20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT	3
riferimento	151221d
certificato n°	421/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d	Scala: 1:50	Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	Quota inizio:
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso



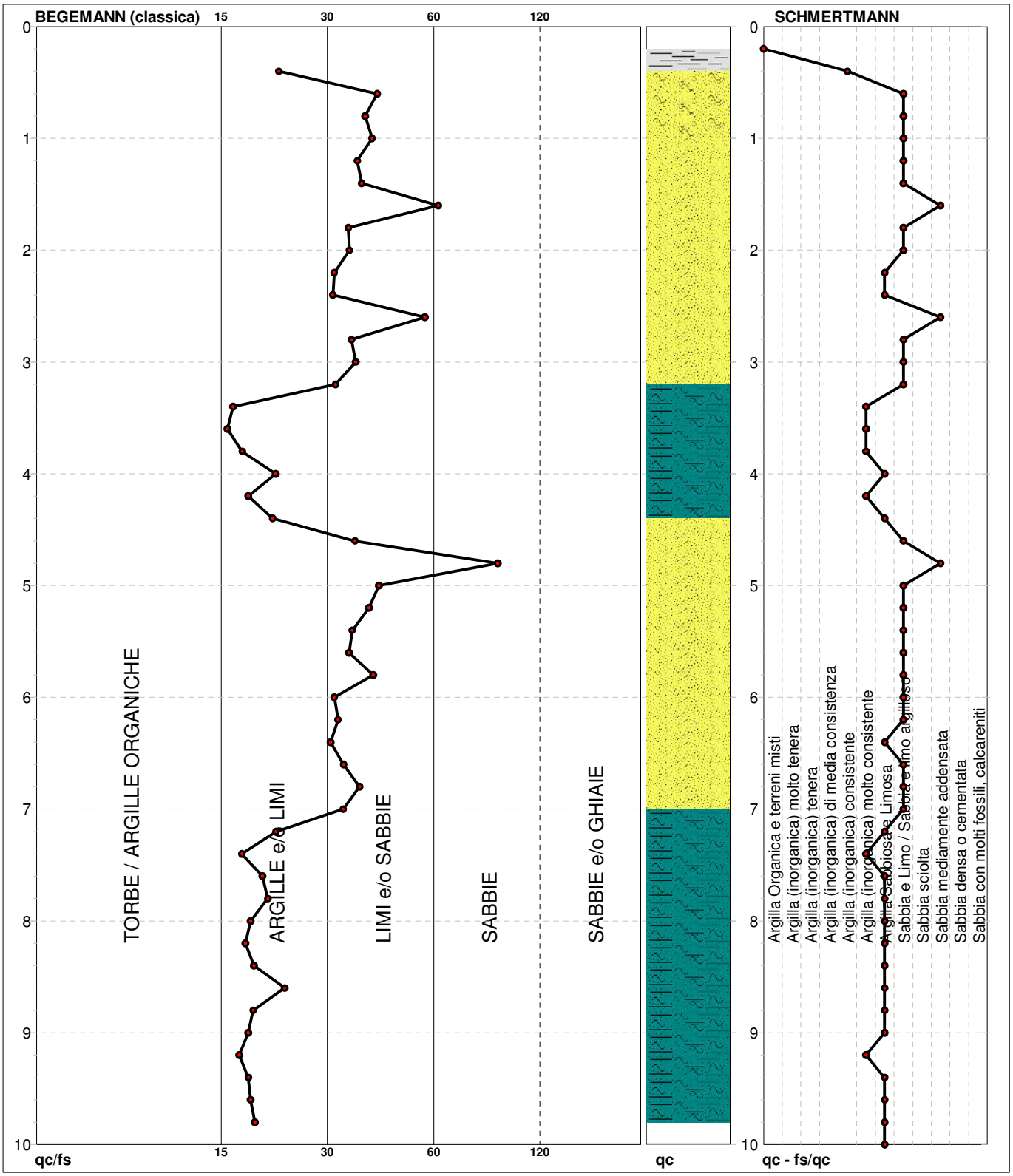
		Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
		Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	3
riferimento	151221d
certificato n°	421/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.:	21/12/2015
Cantiere:	151221d	Scala:	1:50	Data certificato:	21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina:	1		
		Elaborato:		Falda:	Foro chiuso



Torbe / Argille org. :	2 punti, 4.08%	Argilla (inorganica) consistente:	1 punti, 2.04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 34.69%
Argille e/o Limi :	21 punti, 42.86%	Argilla (inorganica) molto consist.:	6 punti, 12.24%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	21 punti, 42.86%
Limi e/o Sabbie :	26 punti, 53.06%			Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 6.12%
Sabbie:	1 punti, 2.04%				

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820 FON059

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	3
riferimento	151221d
certificato n°	421/15

Committente:	Dioscuri S.r.l.	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 21/12/2015
Cantiere:	151221d		Data certificato: 21/12/2015
Località:	Le Lame - Crespina Lorenzana	Pagina: 1	
		Elaborato:	Falda: Foro chiuso

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE										
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	øSc	øCa	øKo	øDB	øDM	øMe	F.L.	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)		U.M.	U.M.	U.M.
0.20	--	--	? ? ?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	16.00	21.92	2	1.96	0.08	157	0.70	99.6	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	14.00	40.00	4	1.89	0.11	150	0.64	53.9	108.2	162.3	48.2	57	36	34	31	29	38	26	--	23.3	35.0	42.0
0.80	13.00	37.14	4	1.88	0.15	145	0.60	35.4	102.8	154.2	46.5	48	35	32	29	27	36	26	--	21.7	32.5	39.0
1.00	19.00	38.78	4	1.92	0.19	168	0.78	36.4	131.8	197.8	58.1	55	36	33	30	28	37	27	--	31.7	47.5	57.0
1.20	34.00	35.42	3	1.89	0.23	209	--	--	--	--	--	71	38	35	32	30	39	29	--	56.7	85.0	102.0
1.40	48.00	36.36	3	1.91	0.27	238	--	--	--	--	--	79	39	36	33	31	40	31	--	80.0	120.0	144.0
1.60	54.00	58.06	3	1.92	0.30	249	--	--	--	--	--	80	39	35	33	31	40	31	--	90.0	135.0	162.0
1.80	56.00	33.53	3	1.93	0.34	252	--	--	--	--	--	78	39	35	32	30	39	31	--	93.3	140.0	168.0
2.00	28.00	33.73	3	1.87	0.38	194	--	--	--	--	--	52	35	31	28	26	35	28	--	46.7	70.0	84.0
2.20	24.00	30.77	3	1.86	0.42	183	--	--	--	--	--	44	34	30	27	25	34	28	--	40.0	60.0	72.0
2.40	25.00	30.49	3	1.86	0.45	186	--	--	--	--	--	44	34	30	27	25	34	28	--	41.7	62.5	75.0
2.60	23.00	53.49	3	1.86	0.49	180	--	--	--	--	--	39	33	29	26	24	33	28	--	38.3	57.5	69.0
2.80	28.00	34.15	3	1.87	0.53	194	--	--	--	--	--	44	34	29	26	25	33	28	--	46.7	70.0	84.0
3.00	27.00	35.06	3	1.87	0.57	192	--	--	--	--	--	41	34	29	26	24	33	28	--	45.0	67.5	81.0
3.20	31.00	31.00	3	1.88	0.60	202	--	--	--	--	--	44	34	29	26	25	33	29	--	51.7	77.5	93.0
3.40	31.00	16.58	4	1.97	0.64	202	1.03	11.3	175.7	263.5	93.0	42	34	29	26	24	33	29	--	51.7	77.5	93.0
3.60	29.00	16.02	4	1.96	0.68	197	0.98	9.9	167.3	251.0	87.0	39	33	28	25	24	32	29	--	48.3	72.5	87.0
3.80	33.00	17.55	4	1.97	0.72	207	1.10	10.6	187.0	280.5	99.0	42	34	29	26	24	33	29	--	55.0	82.5	99.0
4.00	42.00	21.54	4	2.00	0.76	226	1.40	13.4	238.0	357.0	126.0	49	35	30	27	25	34	30	--	70.0	105.0	126.0
4.20	40.00	18.18	4	2.00	0.80	222	1.33	11.8	226.7	340.0	120.0	46	34	29	26	25	33	30	--	66.7	100.0	120.0
4.40	38.00	21.11	4	1.99	0.84	218	1.27	10.5	215.3	323.0	114.0	43	34	29	26	24	33	30	--	63.3	95.0	114.0
4.60	37.00	34.91	3	1.89	0.88	216	--	--	--	--	--	41	34	28	25	24	32	30	--	61.7	92.5	111.0
4.80	61.00	83.56	3	1.94	0.92	260	--	--	--	--	--	57	36	31	28	26	35	32	--	101.7	152.5	183.0
5.00	55.00	40.44	3	1.93	0.96	251	--	--	--	--	--	53	35	30	27	25	34	31	--	91.7	137.5	165.0
5.20	38.00	38.00	3	1.90	1.00	218	--	--	--	--	--	39	33	28	25	23	32	30	--	63.3	95.0	114.0
5.40	46.00	34.33	3	1.91	1.03	234	--	--	--	--	--	45	34	29	26	24	32	31	--	76.7	115.0	138.0
5.60	35.00	33.65	3	1.89	1.07	211	--	--	--	--	--	34	33	27	24	22	31	29	--	58.3	87.5	105.0
5.80	48.00	39.02	3	1.91	1.11	238	--	--	--	--	--	44	34	28	25	24	32	31	--	80.0	120.0	144.0
6.00	32.00	30.77	3	1.88	1.15	204	--	--	--	--	--	29	32	26	23	22	30	29	--	53.3	80.0	96.0
6.20	34.00	31.48	3	1.89	1.18	209	--	--	--	--	--	31	32	26	23	22	30	29	--	56.7	85.0	102.0
6.40	34.00	30.09	3	1.89	1.22	209	--	--	--	--	--	30	32	26	23	22	30	29	--	56.7	85.0	102.0
6.60	29.00	32.58	3	1.87	1.26	197	--	--	--	--	--	24	31	25	22	21	29	29	--	48.3	72.5	87.0
6.80	23.00	35.94	3	1.86	1.30	180	--	--	--	--	--	15	30	24	21	20	27	28	--	38.3	57.5	69.0
7.00	26.00	32.50	3	1.87	1.33	189	--	--	--	--	--	19	31	25	21	20	28	28	--	43.3	65.0	78.0
7.20	36.00	21.56	4	1.99	1.37	214	1.20	5.3	375.3	563.0	108.0	29	32	26	23	21	29	30	--	60.0	90.0	108.0
7.40	42.00	17.50	4	2.00	1.41	226	1.40	6.2	370.3	555.5	126.0	34	33	27	23	22	30	30	--	70.0	105.0	126.0
7.60	49.00	19.84	4	2.01	1.45	240	1.63	7.3	360.0	540.0	147.0	38	33	27	24	23	31	31	--	81.7	122.5	147.0
7.80	56.00	20.51	4	2.01	1.49	252	1.87	8.3	356.0	533.9	168.0	42	34	28	25	23	31	31	--	93.3	140.0	168.0
8.00	53.00	18.47	4	2.01	1.53	247	1.77	7.5	375.9	563.8	159.0	40	34	27	24	23	31	31	--	88.3	132.5	159.0
8.20	56.00	17.89	4	2.01	1.57	252	1.87	7.8	381.3	571.9	168.0	41	34	28	24	23	31	31	--	93.3	140.0	168.0
8.40	58.00	18.83	4	2.02	1.62	256	1.93	7.9	389.6	584.4	174.0	42	34	28	24	23	31	31	--	96.7	145.0	174.0
8.60	53.00	22.75	4	2.01	1.66	247	1.77	6.8	419.5	629.3	159.0	38	33	27	24	22	31	31	--	88.3	132.5	159.0
8.80	45.00	18.75	4	2.00	1.70	232	1.50	5.4	461.6	692.4	135.0	32	32	26	23	22	30	31	--	75.0	112.5	135.0
9.00	46.00	18.18	4	2.01	1.74	234	1.53	5.4	472.7	709.0	138.0	32	32	26	23	22	30	31	--	76.7	115.0	138.0
9.20	46.00	17.23	4	2.01	1.78	234	1.53	5.2	486.4	729.6	138.0	31	32	26	23	21	29	31	--	76.7	115.0	138.0
9.40	45.00	18.22	4	2.00	1.82	232	1.50	4.9	501.9	752.8	135.0	30	32	26	22	21	29	31	--	75.0	112.5	135.0
9.60	48.00	18.46	4	2.01	1.86	238	1.60	5.2	508.6	762.8	144.0	32	32	26	23	21	29	31	--	80.0	120.0	144.0
9.80	50.00	18.94	4	2.01	1.90	242	1.67	5.3	517.1	775.6	150.0	33	33	26	23	21	30	31	--	83.3	125.0	150.0
10.00	53.00	--	3	1.92	1.93	247	--	--	--	--	--	34	33	26	23	22	30	31	--	88.3	132.5	159.0

Azienda Certificata
ISO 9001:2008 N. 70Q16704
"Progettazione ed esecuzione di indagini geotecniche e geofisiche, ambientali, idrometriche"

GAIA servizi

RELAZIONE TECNICA

Committente: Dioscuri S.r.l.

Località: Le Lame - Crespina Lorenzana

Data Indagine: 21/12/2015

Codice lavoro: 151221d

INDAGINI SISMICHE MASW

INDAGINI SISMICHE HVSR

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail:info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 23/12/2015

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

Codifica: PR 7.5 01_11 Rev. 1 del 11/2011

Sommario

PREMESSA 3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR 4
GENERALITA' 4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE 7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR 7
INDAGINI MASW 10
GENERALITA' 10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE 11
INDAGINI EFFETTUATE 12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR 13
CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008) 16

PREMESSA

Per incarico della Dioscuri S.r.l., sono state eseguite indagini geofisiche in Località Le Lame, nel Comune di Crespina Lorenzana.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

• ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;

• ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

• la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremori;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

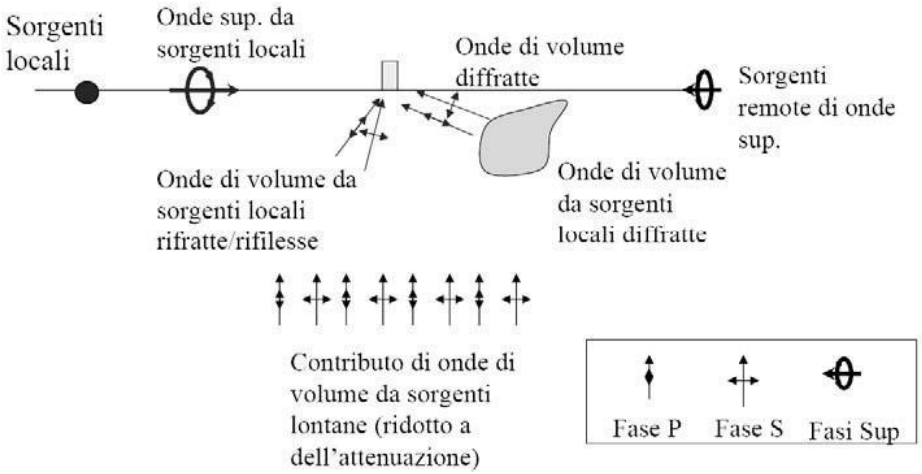


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

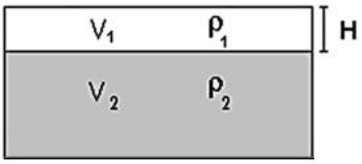
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (*equazione 1*):

$$(fr) = Vs1/4H$$

$$(fr) = Vp1/4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure H/V risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello V_S specie in profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA "SR04 GeoBox" a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell' onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti" e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

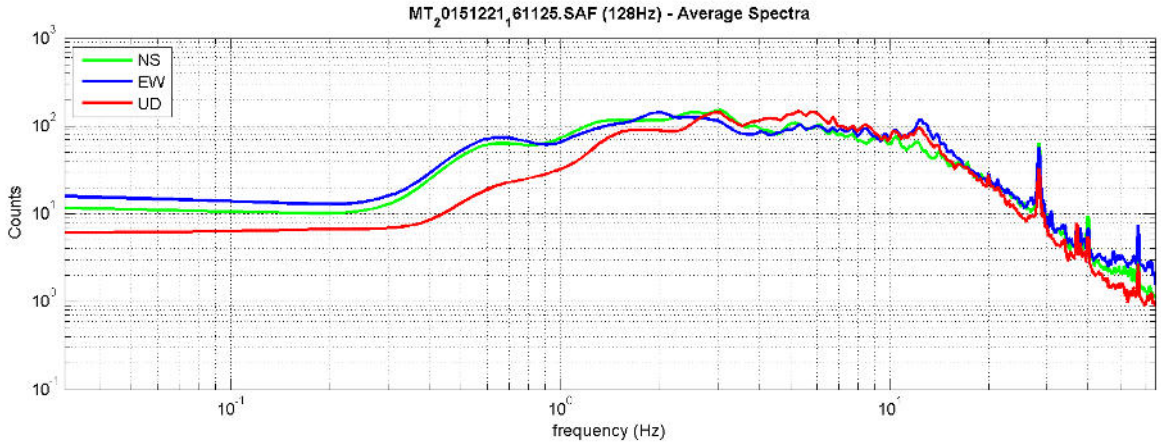
Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

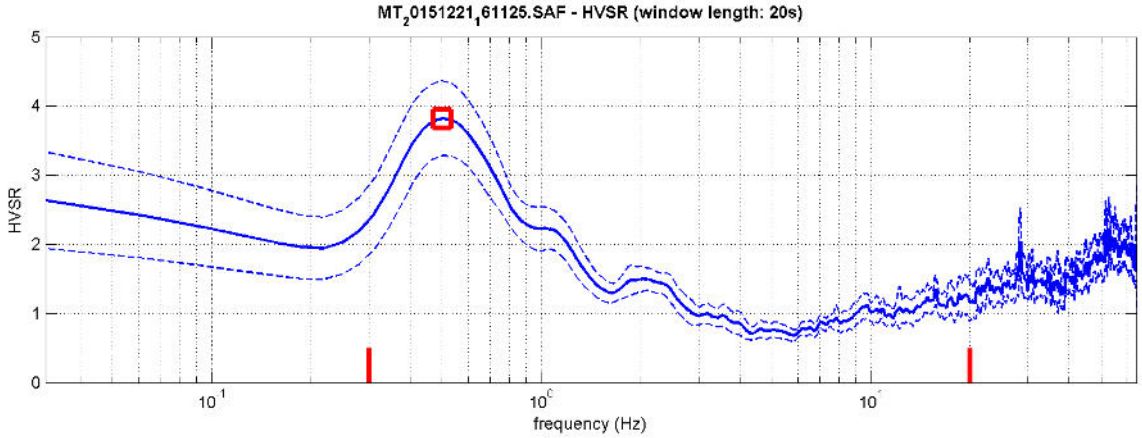
Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

HVSR 1

Dataset: MT_20151221_161125.SAF
Sampling frequency (Hz): 128
Window length (sec): 20
Length of analysed dataset (min): 12.3
Tapering (%): 0
Smoothing (%): 5

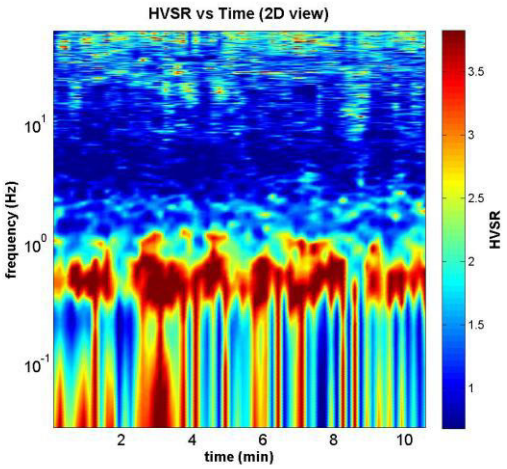
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

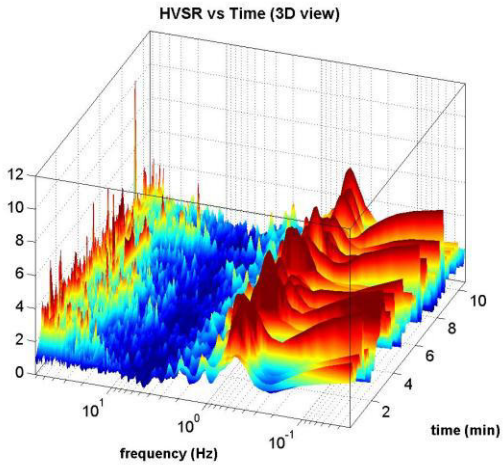




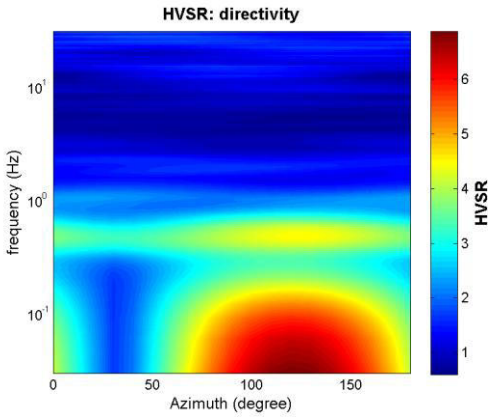
To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMi/ESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

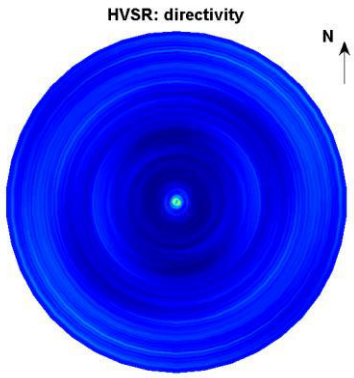
PERSISTENZA H/V





DIREZIONALITA' H/V





In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.5
Peak HVSR value: 3.8

=== Criteria for a reliable H/V curve ==========
#1. [f0 > 10/Lw]: 0.500 > 0.5 (OK)
#2. [nc > 200]: 640 > 200 (OK)
#3. [f0>0.5Hz; sigmaA(f) < 2 for 0.5f0 < f < 2f0] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) ==========
#1. [exists f- in the range [f0/4, f0] | AH/V(f-) < A0/2]: (NO)
#2. [exists f+ in the range [f0, 4f0] | AH/V(f+) < A0/2]: yes, at frequency 1.3Hz (OK)
#3. [A0 > 2]: 3.8 > 2 (OK)
#4. [fpeak[Ah/v(f) ± sigmaA(f)] = f0 ± 5%]: (OK)
#5. [sigmaf < epsilon(f0)]: 3.493 > 0.075 (NO)
#6. [sigmaA(f0) < theta(f0)]: 0.539 < 2 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.

INDAGINI MASW

GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidezza del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangeaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Pipan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.

SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

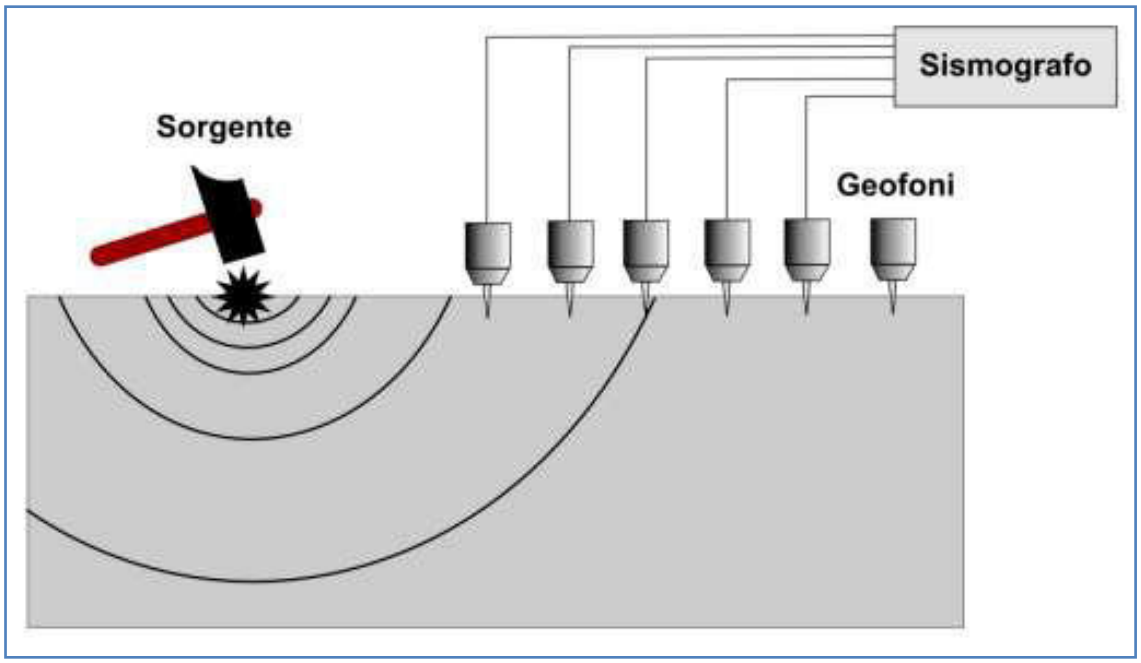


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW	
Orientazione	N350
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	2.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 7.5m
Sorgente	mazza da 10kg

Figura 3: Stendimento sismico MASW1

ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.

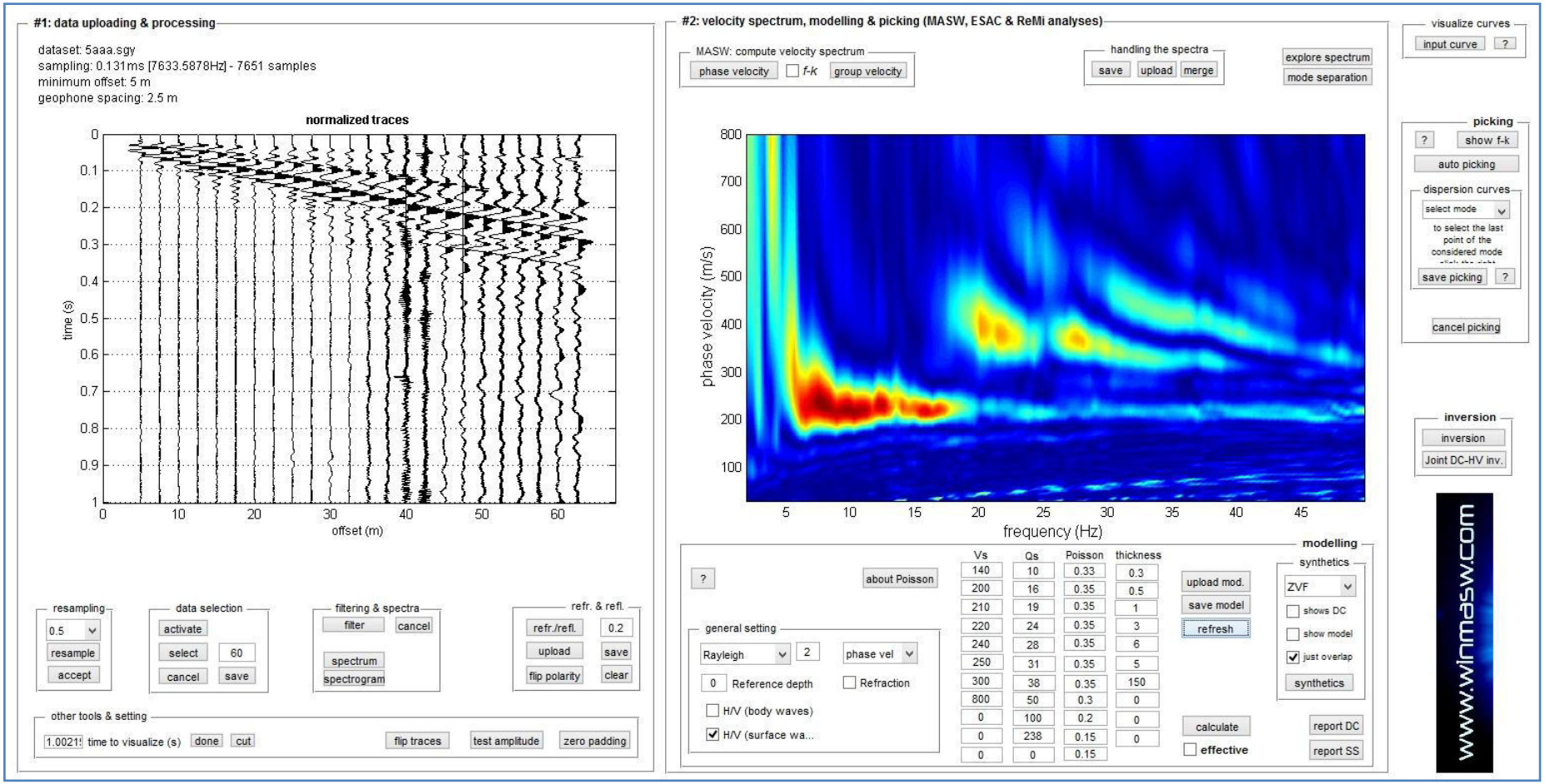


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

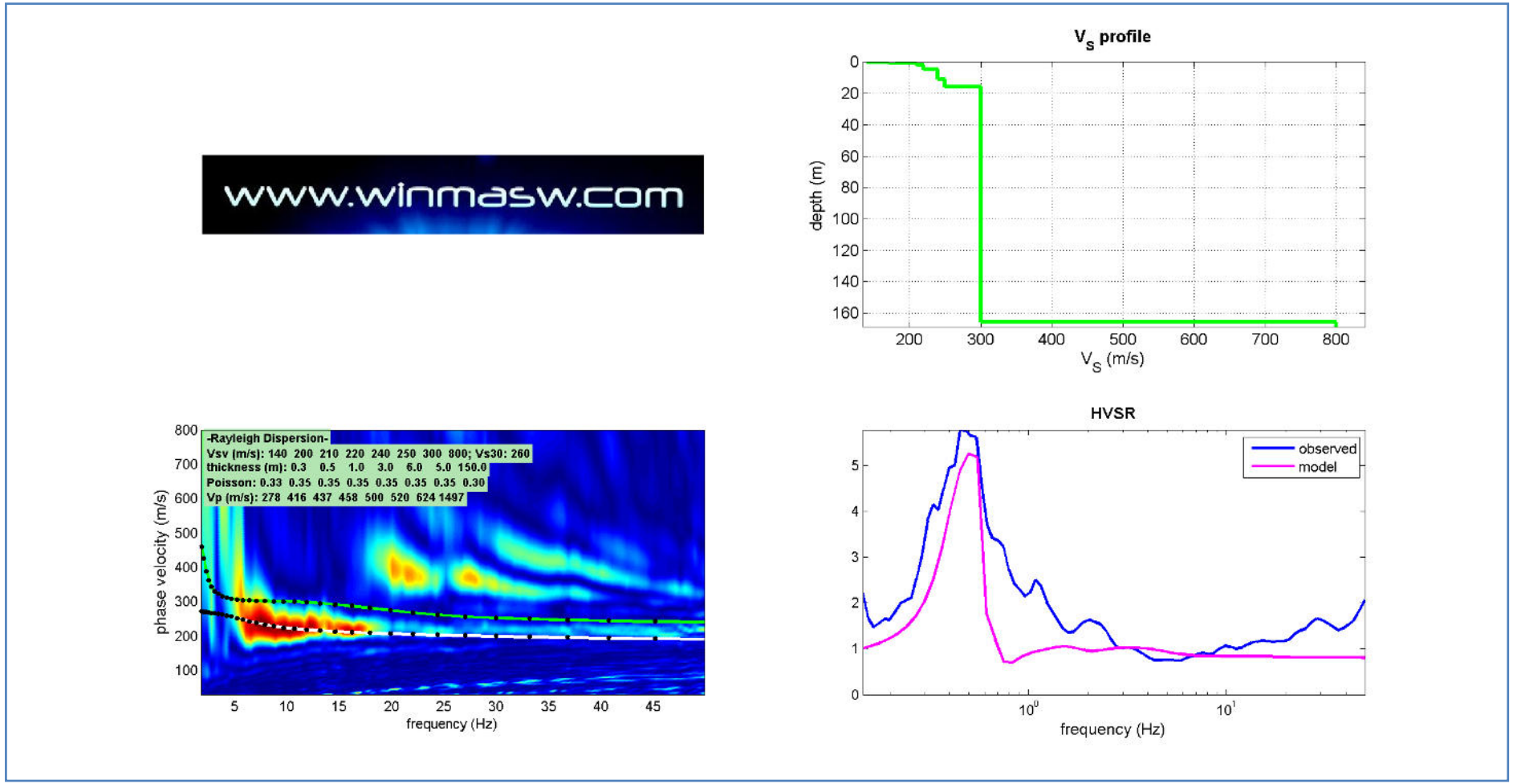


Figura 5: Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in blu le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

Mean model

Vs (m/s): 140, 200, 210, 220, 240, 250, 300, 800
Thickness (m): 0.3, 0.5, 1.0, 3.0, 6.0, 5.0, 150.0

Density (gr/cm3) (approximate values): 1.74 1.84 1.85 1.87 1.89 1.90 1.94 2.15
Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 34 74 82 90 109 118 175 1377
Estimated static shear modulus (MPa) (approximate values): 0 0 0 0 0 0 0 0

Analyzing Phase velocities
Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson
Vp (m/s): 278 416 437 458 500 520 624 1497
Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

Vs30 (m/s): 260

CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 14/01/2008)

Per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, nella nuova normativa viene evidenziato come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidezza sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio Vsh all'interno delle coperture.

Nelle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione a diversa rigidezza sismica, caratterizzate da velocità Vs30 (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione,con spessore massimo pari a 3 m.

B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec (ovvero resistenza penetrometrica Nspt > 50 nei terreni a grana grossa e coesione non drenata cu > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C) Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D) Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E) Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle classificazioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

Si iscrive il terreno di fondazione nella categoria di **profilo stratigrafico C**:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec (15 < Nspt < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu < 250 kPa nei terreni a grana fina)

L'esatta attribuzione ad una specifica categoria di sottosuolo per il sito indagato deve essere accompagnata e valutata in base a considerazioni di carattere litologico, basate sulle conoscenze geologiche del sito.

****

San Giuliano Terme (PI),

23 dicembre 2015

GAIA Servizi S.n.c.

Dott. Jacopo Martini

GAIA Servizi S.n.c.
di Massimiliano Vannozzi & C.
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H_{falda} =	5	a_{max}/g	0,15	R =	20	M =	6

EPC LIBRI

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

Int.	0,2	γ	1,9

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)
1	0,20	0	0,67	26	5,20	28	1,13	51	10,20	0	0,00	76	15,20	0	0,00
2	0,40	23	1,80	26	5,40	34	1,33	52	10,40	0	0,00	77	15,40	0	0,00
3	0,60	60	2,53	28	5,60	27	1,33	53	10,60	0	0,00	78	15,60	0	0,00
4	0,80	148	1,73	29	5,80	25	1,20	54	10,80	0	0,00	79	15,80	0	0,00
5	1,00	164	1,93	30	6,00	23	1,20	55	11,00	0	0,00	80	16,00	0	0,00
6	1,20	117	2,66	31	6,20	37	1,07	56	11,20	0	0,00	81	16,20	0	0,00
7	1,40	64	1,87	32	6,40	46	1,24	57	11,40	0	0,00	82	16,40	0	0,00
8	1,60	70	2,15	33	6,60	37	1,02	58	11,60	0	0,00	83	16,60	0	0,00
9	1,80	106	3,36	34	6,80	37	1,16	59	11,80	0	0,00	84	16,80	0	0,00
10	2,00	60	3,27	35	7,00	43	1,07	60	12,00	0	0,00	85	17,00	0	0,00
11	2,20	62	3,84	36	7,20	46	1,36	61	12,20	0	0,00	86	17,20	0	0,00
12	2,40	67	3,93	37	7,40	52	2,33	62	12,40	0	0,00	87	17,40	0	0,00
13	2,60	67	3,93	38	7,60	47	2,47	63	12,60	0	0,00	88	17,60	0	0,00
14	2,80	103	2,00	39	7,80	58	2,97	64	12,80	0	0,00	89	17,80	0	0,00
15	3,00	120	3,50	40	8,00	48	2,97	65	13,00	0	0,00	90	18,00	0	0,00
16	3,20	112	3,00	41	8,20	60	2,66	66	13,20	0	0,00	91	18,20	0	0,00
17	3,40	133	3,08	42	8,40	62	3,00	67	13,40	0	0,00	92	18,40	0	0,00
18	3,60	60	1,87	43	8,60	60	3,05	68	13,60	0	0,00	93	18,60	0	0,00
19	3,80	56	1,81	44	8,80	0	0,00	69	13,80	0	0,00	94	18,80	0	0,00
20	4,00	54	1,47	45	9,00	0	0,00	70	14,00	0	0,00	95	19,00	0	0,00
21	4,20	48	1,93	46	9,20	0	0,00	71	14,20	0	0,00	96	19,20	0	0,00
22	4,40	48	2,33	47	9,40	0	0,00	72	14,40	0	0,00	97	19,40	0	0,00
23	4,60	40	2,33	48	9,60	0	0,00	73	14,60	0	0,00	98	19,60	0	0,00
24	4,80	38	1,73	49	9,80	0	0,00	74	14,80	0	0,00	99	19,80	0	0,00
25	5,00	34	1,33	50	10,00	0	0,00	75	15,00	0	0,00	100	20,00	0	0,00

Committente: Dioscuri S.r.l.

Riferimento: Campagna Indagini geognostiche

Località: Le Lame- Crespina Lorenzana Prov. PI

Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

Committente: Dioscuri S.r.l.
Riferimento: Campagna Indagini geognostiche
Località: Le Lame- Crespina Lorenzana **Prov.:** PI
Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

ANALISI cpt1

Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Fattore di sicurezza (Fs)		Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,0	0,000	Molto Basso

EPC LIBRI

Prof. (m)	Ic (n=1) valore	Ic (n=1) Classificazione	Ic (n=0,5) valore	Ic (n=0,5) Classificazione	Ic (n=0,75) valore	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato valore	Fs valore
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
0,40	2,34	Granulare	2,62	PLimoso	2,47	C.Cinese	2,47	**N.C.**
0,60	1,99	Granulare	2,21	NPGranulare	2,09	--	2,21	**N.C.**
0,80	1,38	Granulare	1,57	NPGranulare	1,46	--	1,57	**N.C.**
1,00	1,40	Granulare	1,57	NPGranulare	1,48	--	1,57	**N.C.**
1,20	1,75	Granulare	1,91	NPGranulare	1,83	--	1,91	**N.C.**
1,40	2,01	Granulare	2,18	NPGranulare	2,09	--	2,18	**N.C.**
1,60	2,04	Granulare	2,19	NPGranulare	2,11	--	2,19	**N.C.**
1,80	1,98	Granulare	2,11	NPGranulare	2,04	--	2,11	**N.C.**
2,00	2,34	Granulare	2,46	NPGranulare	2,40	--	2,46	**N.C.**
2,20	2,40	Granulare	2,51	NPGranulare	2,45	--	2,51	**N.C.**
2,40	2,38	Granulare	2,48	NPGranulare	2,43	--	2,48	**N.C.**
2,60	2,40	Granulare	2,49	NPGranulare	2,44	--	2,49	**N.C.**
2,80	1,92	Granulare	2,01	NPGranulare	1,96	--	2,01	**N.C.**
3,00	2,04	Granulare	2,11	NPGranulare	2,08	--	2,11	**N.C.**
3,20	2,04	Granulare	2,11	NPGranulare	2,08	--	2,11	**N.C.**
3,40	1,96	Granulare	2,02	NPGranulare	1,99	--	2,02	**N.C.**
3,60	2,30	Granulare	2,36	NPGranulare	2,33	--	2,36	**9,52**
3,80	2,35	Granulare	2,40	NPGranulare	2,37	--	2,40	**8,99**
4,00	2,32	Granulare	2,37	NPGranulare	2,34	--	2,37	**6,81**
4,20	2,50	Granulare	2,53	NPGranulare	2,51	--	2,53	**9,81**
4,40	2,57	Granulare	2,60	NPGranulare	2,59	--	2,60	**N.C.**
4,60	2,70	Argilloso	2,72	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,80	2,65	Argilloso	2,67	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,00	2,65	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,20	2,74	Argilloso	2,74	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,40	2,67	Argilloso	2,67	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,60	2,82	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,80	2,85	Argilloso	2,84	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,00	2,91	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,20	2,58	Granulare	2,57	NPGranulare	2,57	--	2,57	**4,30**
6,40	2,49	Granulare	2,48	NPGranulare	2,48	--	2,48	**4,60**
6,60	2,58	Granulare	2,56	NPGranulare	2,57	--	2,56	**3,97**
6,80	2,62	Argilloso	2,60	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,00	2,51	Granulare	2,49	NPGranulare	2,50	--	2,49	**3,86**
7,20	2,54	Granulare	2,52	NPGranulare	2,53	--	2,52	**4,75**
7,40	2,63	Argilloso	2,60	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,60	2,71	Argilloso	2,69	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,80	2,65	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,00	2,77	Argilloso	2,74	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,20	2,60	Granulare	2,57	NPGranulare	2,58	--	2,57	**N.C.**
8,40	2,62	Argilloso	2,59	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,60	2,65	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

Prof. (m)	Ic (n=1) valore	Ic (n=1) Classificazione	Ic (n=0,5) valore	Ic (n=0,5) Classificazione	Ic (n=0,75) valore	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato valore	Fs valore
10,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

N.C. = Non Calcolabile
N.L. = Non Liquefacibile
Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argilloso = Terreno Argilloso
C.Cinese = Criteri Cinese
Granulare = Terreno Granulare
-- = Nessun Criterio

HOME
INSERIMENTO DATI CPT
DATI CPT
GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$CRR = 0{,}883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right] + 0{,}05$$

Per 0 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 50

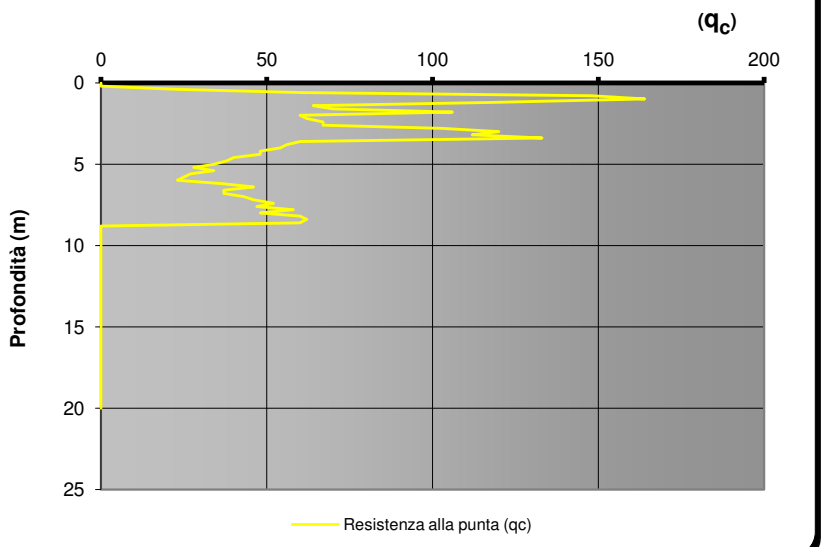
Per 50 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 160

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right]^3 + 0{,}08$$

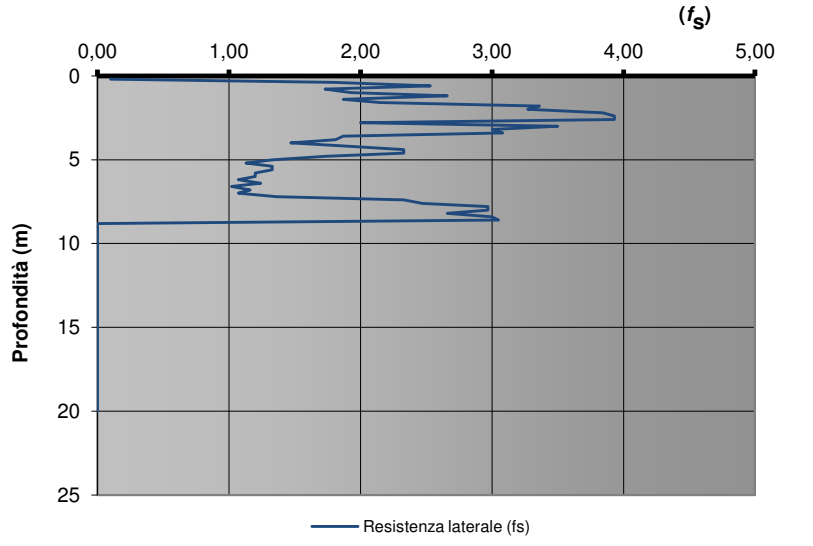
$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

M = 6

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le Lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

DATI CPT

INSERIMENTO DATI CPT

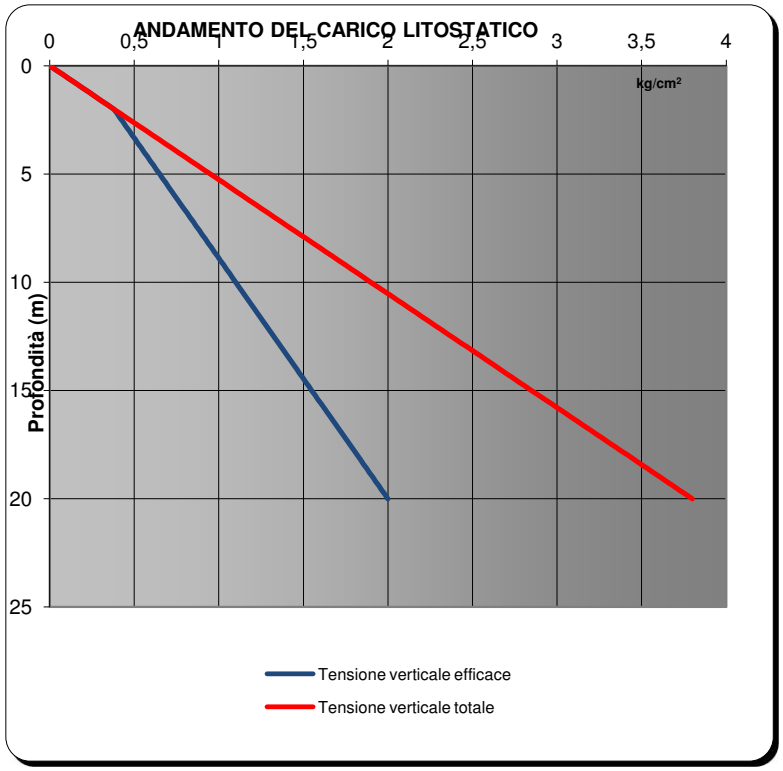
ANALISI

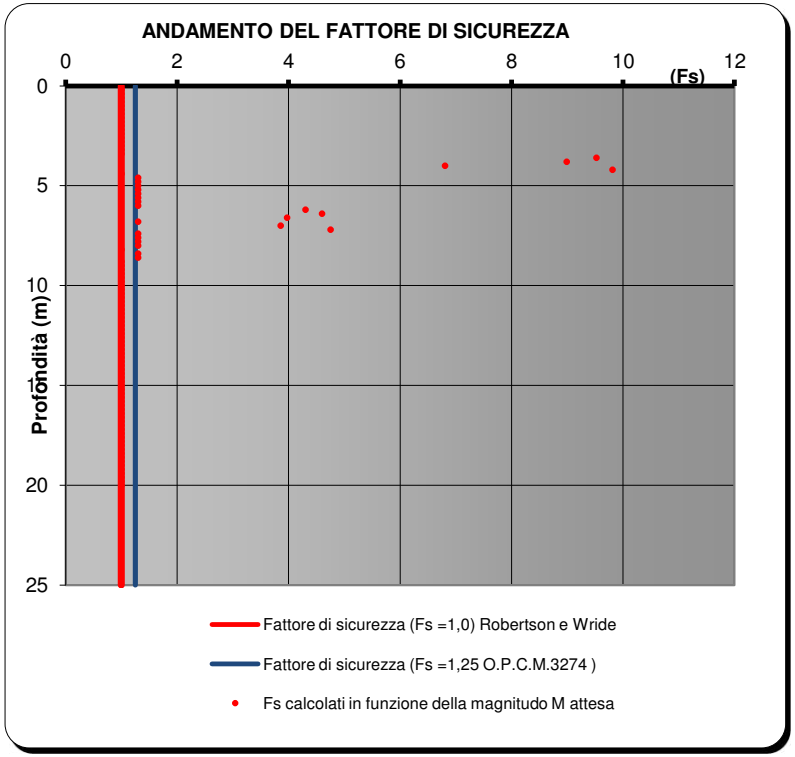
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





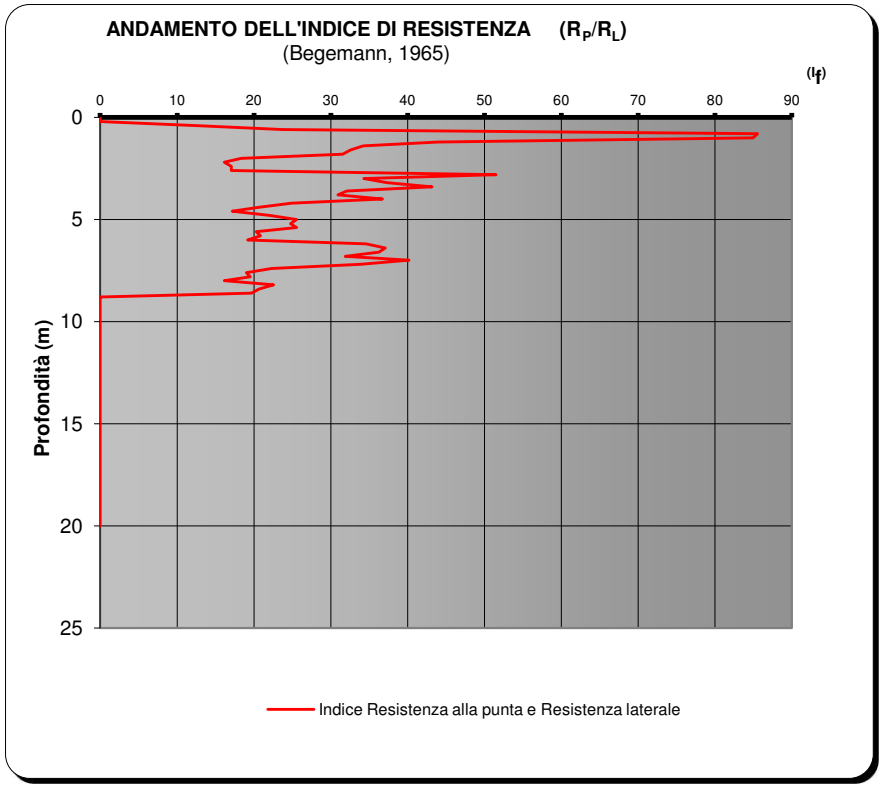
Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le Lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

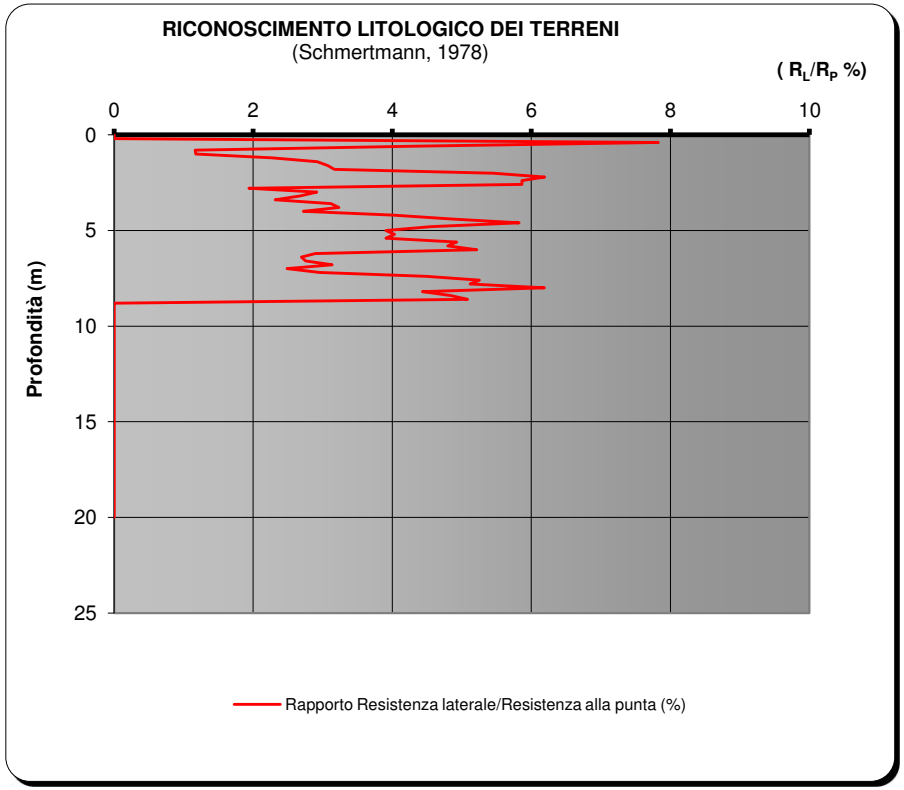
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





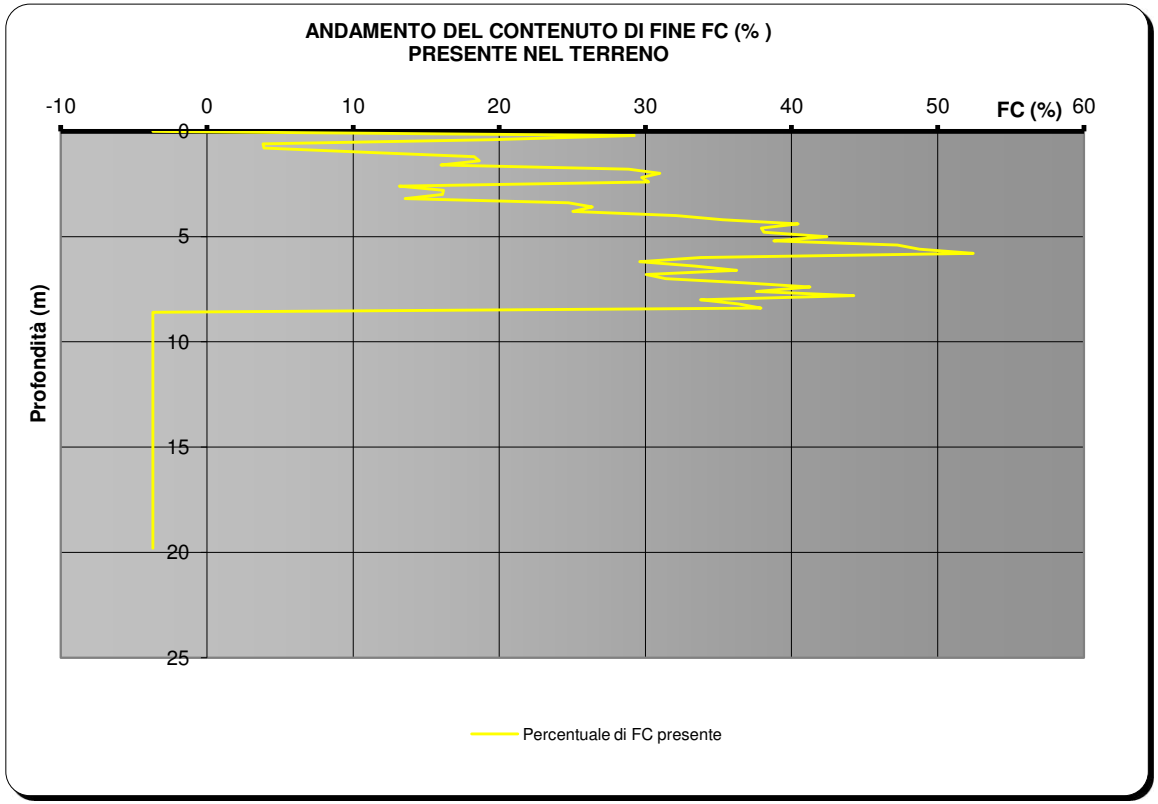
Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le Lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI



Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le Lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

CPT n.2

DATI INSERITI

H_{falda} =	2	a_{max}/g	0,15	R =	20	M =	6

EPC LIBRI

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

Int.	0,2	γ	1,9

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)
1	0,20	0	0,47	26	5,20	17	0,33	51	10,20	0	0,00	76	15,20	0	0,00
2	0,40	15	0,47	26	5,40	32	0,53	52	10,40	0	0,00	77	15,40	0	0,00
3	0,60	8	0,67	28	5,60	42	0,73	53	10,60	0	0,00	78	15,60	0	0,00
4	0,80	6	0,20	29	5,80	39	0,47	54	10,80	0	0,00	79	15,80	0	0,00
5	1,00	15	0,20	30	6,00	16	0,40	55	11,00	0	0,00	80	16,00	0	0,00
6	1,20	6	0,14	31	6,20	8	0,26	56	11,20	0	0,00	81	16,20	0	0,00
7	1,40	7	0,20	32	6,40	10	0,24	57	11,40	0	0,00	82	16,40	0	0,00
8	1,60	8	0,26	33	6,60	14	0,33	58	11,60	0	0,00	83	16,60	0	0,00
9	1,80	9	0,30	34	6,80	8	0,21	59	11,80	0	0,00	84	16,80	0	0,00
10	2,00	9	0,28	35	7,00	16	0,42	60	12,00	0	0,00	85	17,00	0	0,00
11	2,20	8	0,26	36	7,20	38	0,45	61	12,20	0	0,00	86	17,20	0	0,00
12	2,40	6	0,19	37	7,40	44	0,40	62	12,40	0	0,00	87	17,40	0	0,00
13	2,60	5	0,26	38	7,60	17	0,24	63	12,60	0	0,00	88	17,60	0	0,00
14	2,80	4	0,20	39	7,80	13	0,20	64	12,80	0	0,00	89	17,80	0	0,00
15	3,00	7	0,20	40	8,00	8	0,17	65	13,00	0	0,00	90	18,00	0	0,00
16	3,20	7	0,27	41	8,20	14	0,20	66	13,20	0	0,00	91	18,20	0	0,00
17	3,40	6	0,23	42	8,40	10	0,21	67	13,40	0	0,00	92	18,40	0	0,00
18	3,60	5	0,13	43	8,60	15	0,28	68	13,60	0	0,00	93	18,60	0	0,00
19	3,80	5	0,13	44	8,80	0	0,00	69	13,80	0	0,00	94	18,80	0	0,00
20	4,00	5	0,07	45	9,00	0	0,00	70	14,00	0	0,00	95	19,00	0	0,00
21	4,20	5	0,07	46	9,20	0	0,00	71	14,20	0	0,00	96	19,20	0	0,00
22	4,40	5	0,13	47	9,40	0	0,00	72	14,40	0	0,00	97	19,40	0	0,00
23	4,60	7	0,13	48	9,60	0	0,00	73	14,60	0	0,00	98	19,60	0	0,00
24	4,80	7	0,09	49	9,80	0	0,00	74	14,80	0	0,00	99	19,80	0	0,00
25	5,00	3	0,09	50	10,00	0	0,00	75	15,00	0	0,00	100	20,00	0	0,00

Committente: Dioscuri S.r.l

Riferimento: Campagna Indagini geognostiche

Località: Le lame- Crespina Lorenzana Prov. PI

Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

Committente: Dioscuri S.r.l
Riferimento: Campagna Indagini geognostiche
Località: Le lame- Crespina Lorenzana **Prov.:** PI
Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Fattore di sicurezza (Fs)		Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,0	0,000	Molto Basso

EPC LIBRI

Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
(m)	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore		valore	valore
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
0,40	2,08	Granulare	2,44	NPGranulare	2,25	--	2,44	**6,72**
0,60	2,70	Argilloso	3,01	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
0,80	2,57	Granulare	2,89	PLimoso	2,73	C.Cinese	2,73	**3,95**
1,00	2,08	Granulare	2,36	NPGranulare	2,22	--	2,36	**2,56**
1,20	2,62	Argilloso	2,88	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
1,40	2,67	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
1,60	2,71	Argilloso	2,91	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
1,80	2,71	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
2,00	2,73	Argilloso	2,90	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
2,20	2,81	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
2,40	2,93	Argilloso	3,08	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
2,60	3,15	Argilloso	3,30	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
2,80	3,26	Argilloso	3,40	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,00	2,89	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,20	2,99	Argilloso	3,11	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,40	3,07	Argilloso	3,19	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,60	3,07	Argilloso	3,19	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,80	3,09	Argilloso	3,20	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,00	2,96	Argilloso	3,07	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,20	2,98	Argilloso	3,09	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,40	3,14	Argilloso	3,23	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,60	2,92	Argilloso	3,01	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,80	2,85	Argilloso	2,94	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,00	3,51	Argilloso	3,59	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
5,20	2,59	Granulare	2,66	PLimoso	2,63	C.Cinese	2,63	**1,94**
5,40	2,33	Granulare	2,39	NPGranulare	2,36	--	2,39	**2,13**
5,60	2,25	Granulare	2,31	NPGranulare	2,28	--	2,31	**2,53**
5,80	2,19	Granulare	2,24	NPGranulare	2,22	--	2,24	**1,92**
6,00	2,72	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,20	3,09	Argilloso	3,14	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,40	2,93	Argilloso	2,98	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,60	2,79	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,80	3,08	Argilloso	3,11	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,00	2,78	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,20	2,25	Granulare	2,28	NPGranulare	2,27	--	2,28	**1,75**
7,40	2,14	Granulare	2,17	NPGranulare	2,15	--	2,17	**1,67**
7,60	2,63	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,80	2,78	Argilloso	2,80	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,00	3,09	Argilloso	3,11	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,20	2,75	Argilloso	2,76	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,40	3,00	Argilloso	3,01	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,60	2,80	Argilloso	2,80	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
9,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
(m)	valore	Classificazione	valore	Classificazione	valore		valore	valore
10,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

N.C. =	Non Calcolabile	Argilloso =	Terreno Argilloso
N.L. =	Non Liquefacibile	C.Cinese =	Criteri Cinese
Plimoso =	Terreno Limoso e possibilmente Plastico	Granulare =	Terreno Granulare
NPGranulare =	Terreno non Plastico di natura granulare	-- =	Nessun Criterio

HOME
INSERIMENTO DATI CPT
DATI CPT
GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$CRR = 0{,}883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right] + 0{,}05$$

Per 0 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 50

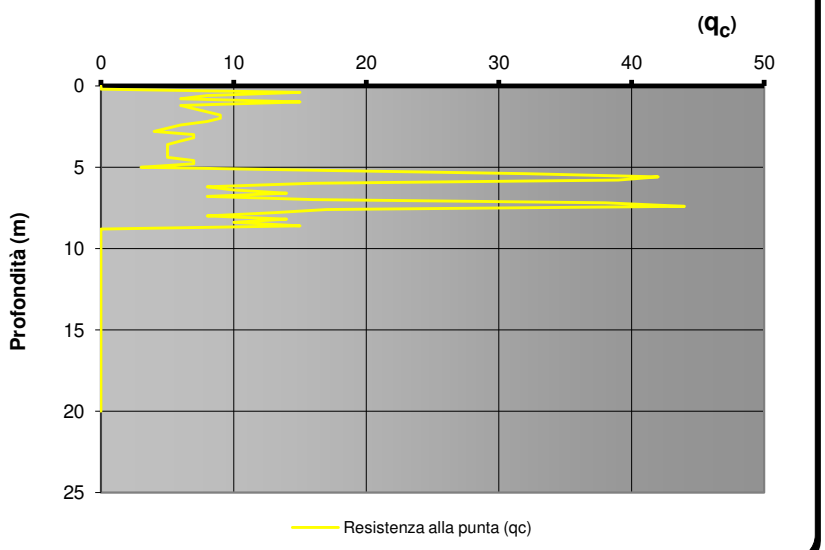
Per 50 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 160

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right]^3 + 0{,}08$$

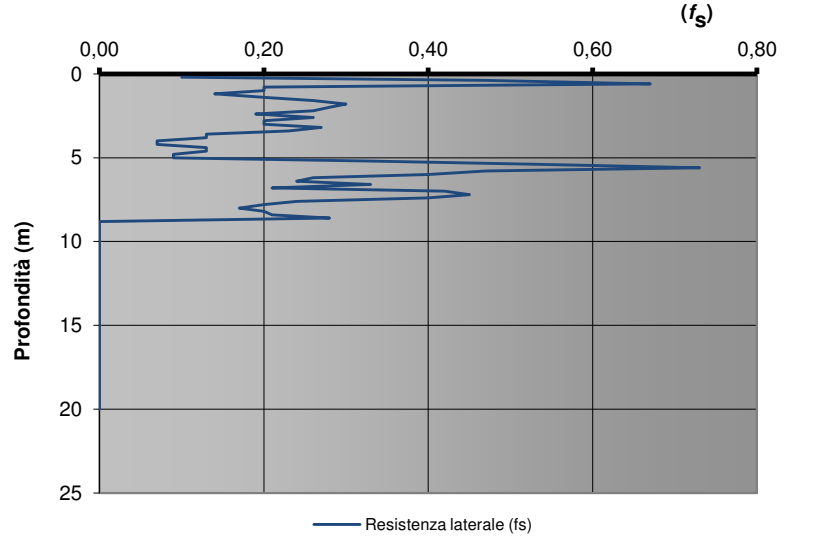
$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

M = 6

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



Committente:	Dioscuri S.r.l		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

DATI CPT

INSERIMENTO DATI CPT

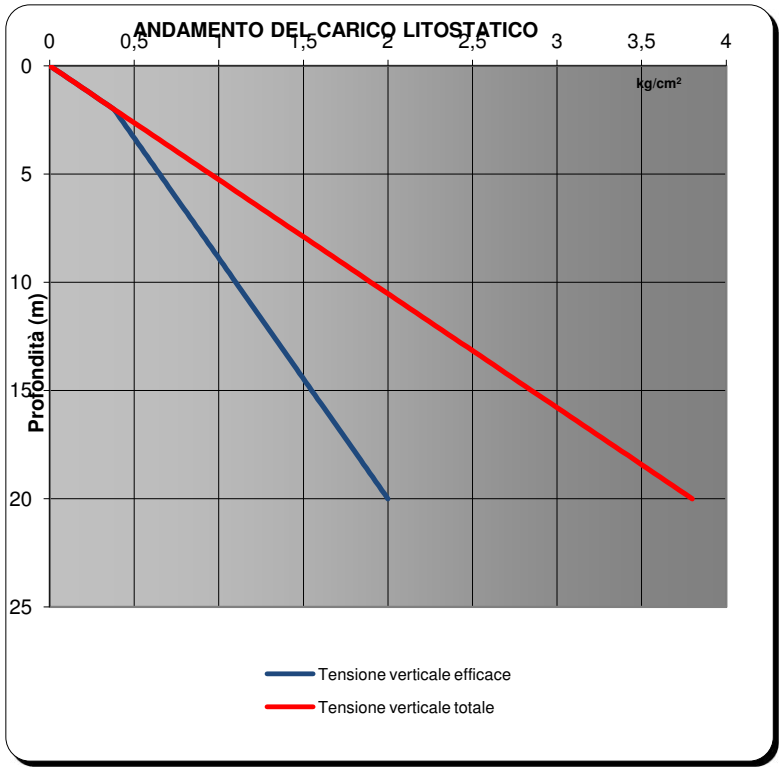
ANALISI

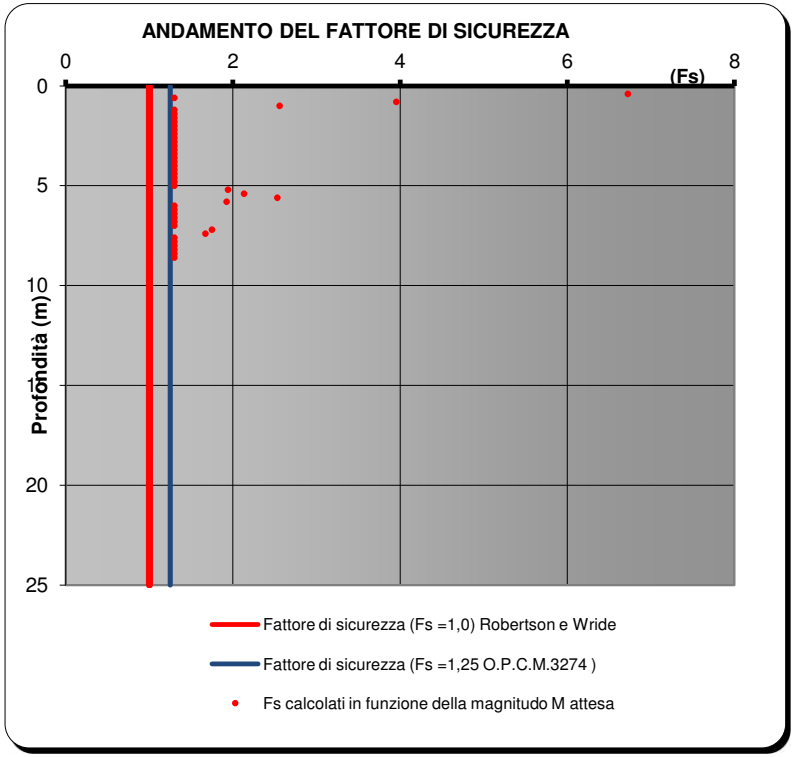
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





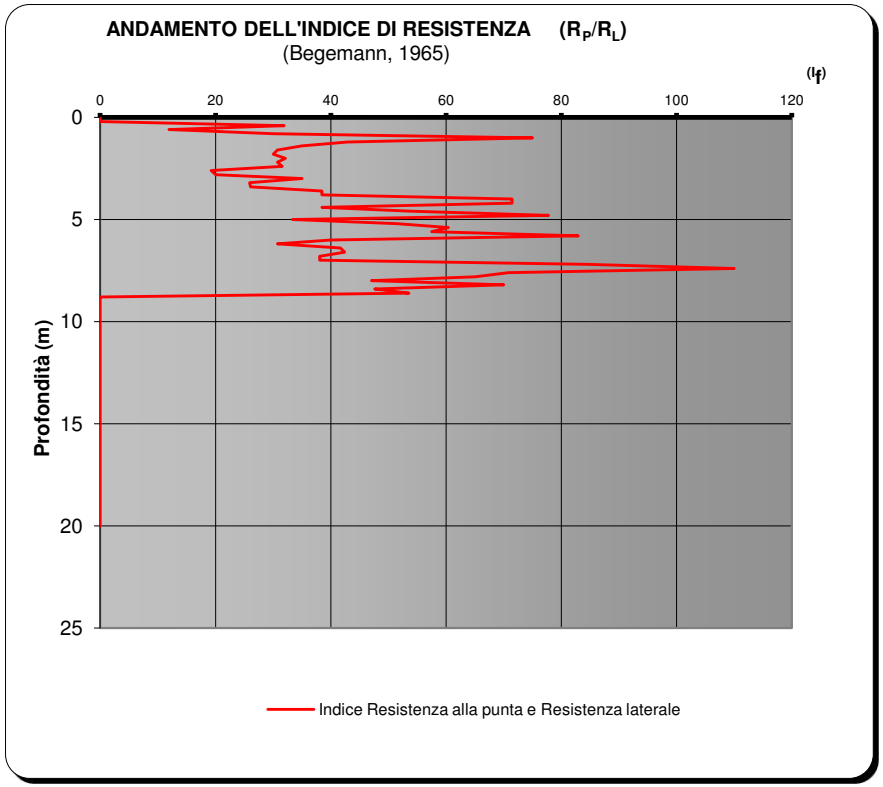
Committente:	Dioscuri S.r.l		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

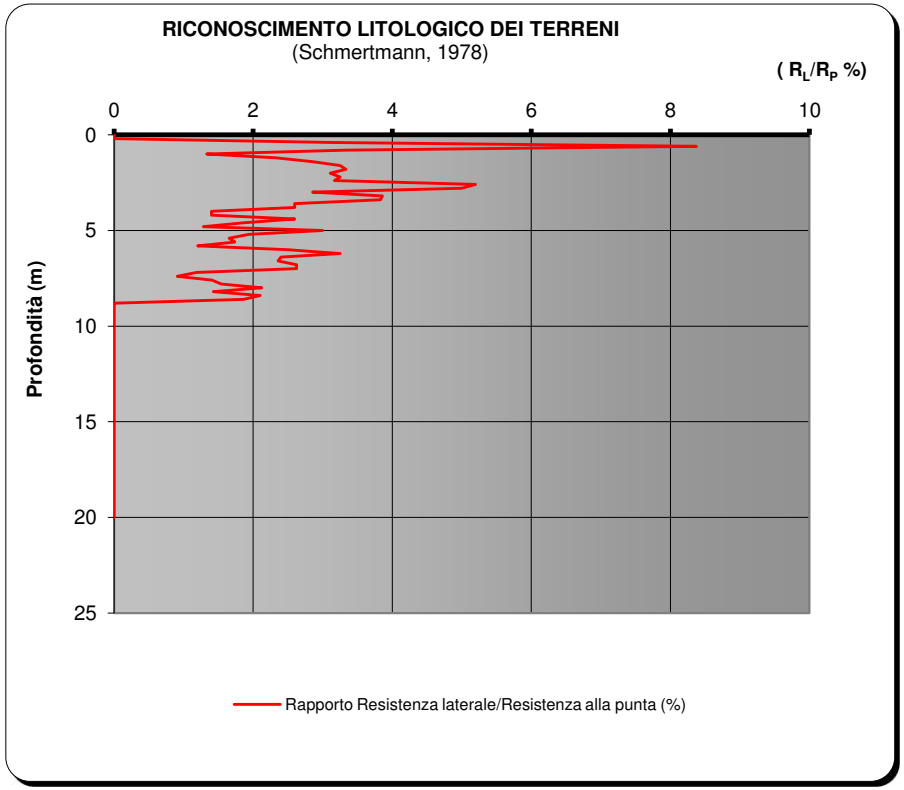
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





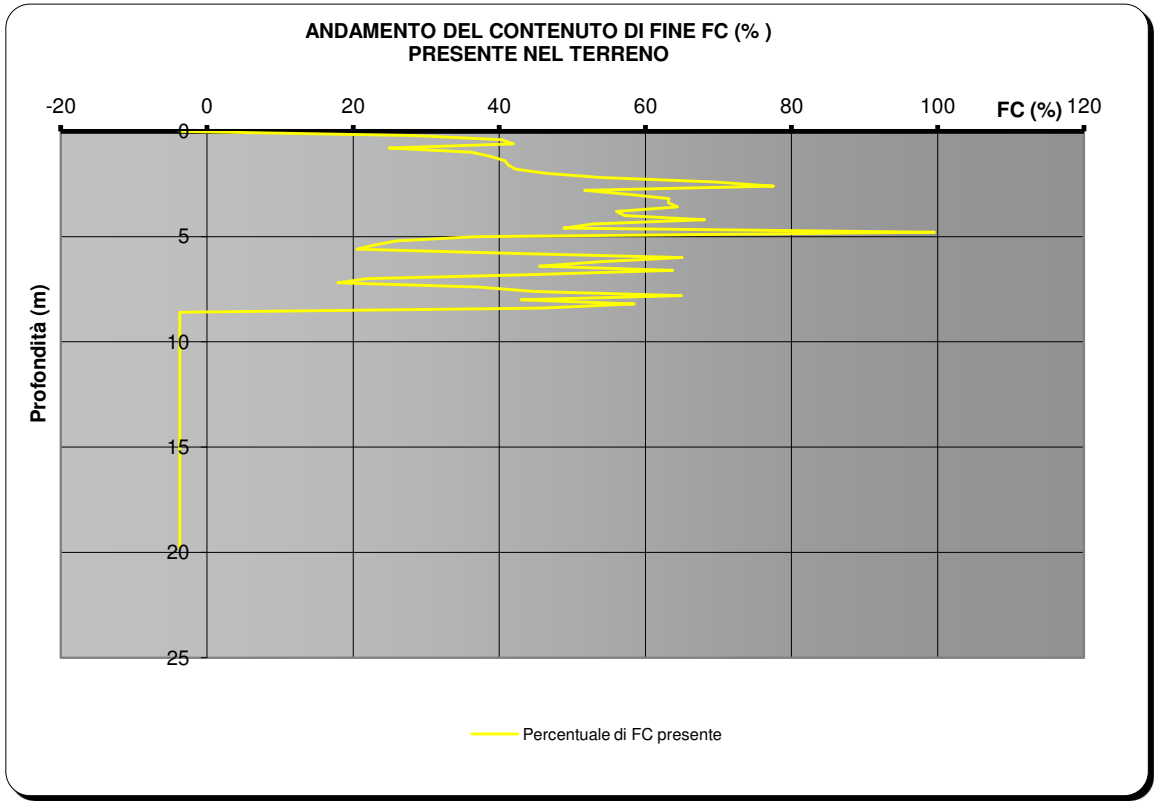
Committente:	Dioscuri S.r.l		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI



Committente:	Dioscuri S.r.l		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE CPT n.3

DATI INSERITI

H_{falda} =	5	a_{max}/g	0,15	R =	20	M =	6

EPC LIBRI

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

Int.	0,2	γ	1,9

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm²)	Resistenza laterale fs (kg/cm²)
1	0,20	0	0,93	26	5,20	38	1,00	51	10,20	0	0,00	76	15,20	0	0,00
2	0,40	16	0,73	26	5,40	46	1,34	52	10,40	0	0,00	77	15,40	0	0,00
3	0,60	14	0,35	28	5,60	35	1,04	53	10,60	0	0,00	78	15,60	0	0,00
4	0,80	13	0,35	29	5,80	48	1,23	54	10,80	0	0,00	79	15,80	0	0,00
5	1,00	19	0,49	30	6,00	32	1,04	55	11,00	0	0,00	80	16,00	0	0,00
6	1,20	34	0,96	31	6,20	34	1,08	56	11,20	0	0,00	81	16,20	0	0,00
7	1,40	48	1,32	32	6,40	34	1,13	57	11,40	0	0,00	82	16,40	0	0,00
8	1,60	54	0,93	33	6,60	29	0,89	58	11,60	0	0,00	83	16,60	0	0,00
9	1,80	56	1,67	34	6,80	23	0,64	59	11,80	0	0,00	84	16,80	0	0,00
10	2,00	28	0,83	35	7,00	26	0,80	60	12,00	0	0,00	85	17,00	0	0,00
11	2,20	24	0,78	36	7,20	36	1,67	61	12,20	0	0,00	86	17,20	0	0,00
12	2,40	25	0,82	37	7,40	42	2,40	62	12,40	0	0,00	87	17,40	0	0,00
13	2,60	23	0,43	38	7,60	49	2,47	63	12,60	0	0,00	88	17,60	0	0,00
14	2,80	28	0,82	39	7,80	56	2,73	64	12,80	0	0,00	89	17,80	0	0,00
15	3,00	27	0,77	40	8,00	53	2,87	65	13,00	0	0,00	90	18,00	0	0,00
16	3,20	31	1,00	41	8,20	56	3,13	66	13,20	0	0,00	91	18,20	0	0,00
17	3,40	31	1,87	42	8,40	58	3,08	67	13,40	0	0,00	92	18,40	0	0,00
18	3,60	29	1,81	43	8,60	53	2,33	68	13,60	0	0,00	93	18,60	0	0,00
19	3,80	33	1,88	44	8,80	45	2,40	69	13,80	0	0,00	94	18,80	0	0,00
20	4,00	42	1,95	45	9,00	46	2,53	70	14,00	0	0,00	95	19,00	0	0,00
21	4,20	40	2,20	46	9,20	46	2,67	71	14,20	0	0,00	96	19,20	0	0,00
22	4,40	38	1,80	47	9,40	45	2,47	72	14,40	0	0,00	97	19,40	0	0,00
23	4,60	37	1,06	48	9,60	48	2,60	73	14,60	0	0,00	98	19,60	0	0,00
24	4,80	61	0,73	49	9,80	50	2,64	74	14,80	0	0,00	99	19,80	0	0,00
25	5,00	55	1,36	50	10,00	53	0,00	75	15,00	0	0,00	100	20,00	0	0,00

Committente: Dioscuri S.r.l.

Riferimento: Campagna Indagini geognostiche

Località: Le lame- Crespina Lorenzana Prov. PI

Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

Committente: Dioscuri S.r.l.
Riferimento: Campagna Indagini geognostiche
Località: Le lame- Crespina Lorenzana **Prov.:** PI
Oggetto: Dott. Geol. Claudio Nencini

ANALISI

Metodi che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Fattore di sicurezza (Fs)		Magnitudo di riferimento (M)	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L)	Rischio liquefazione Iwasaki et al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,0	#NUM!	#NUM!

EPC LIBRI

Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
(m)	*valore*	*Classificazione*	*valore*	*Classificazione*	*valore*		*valore*	*valore*
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
0,40	2,20	Granulare	2,54	NPGranulare	2,36	--	2,54	**N.C.**
0,60	2,13	Granulare	2,46	NPGranulare	2,29	--	2,46	**4,21**
0,80	2,26	Granulare	2,56	NPGranulare	2,41	--	2,56	**3,91**
1,00	2,20	Granulare	2,46	NPGranulare	2,33	--	2,46	**4,54**
1,20	2,12	Granulare	2,33	NPGranulare	2,22	--	2,33	**7,96**
1,40	2,06	Granulare	2,24	NPGranulare	2,15	--	2,24	**N.C.**
1,60	1,90	Granulare	2,08	NPGranulare	1,99	--	2,08	**7,14**
1,80	2,11	Granulare	2,26	NPGranulare	2,18	--	2,26	**N.C.**
2,00	2,34	Granulare	2,49	NPGranulare	2,41	--	2,49	**5,51**
2,20	2,45	Granulare	2,58	NPGranulare	2,51	--	2,58	**5,20**
2,40	2,46	Granulare	2,59	NPGranulare	2,52	--	2,59	**5,25**
2,60	2,35	Granulare	2,47	NPGranulare	2,41	--	2,47	**3,05**
2,80	2,44	Granulare	2,54	NPGranulare	2,49	--	2,54	**4,83**
3,00	2,47	Granulare	2,56	NPGranulare	2,51	--	2,56	**4,48**
3,20	2,48	Granulare	2,56	NPGranulare	2,52	--	2,56	**5,53**
3,40	2,70	Argilloso	2,76	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,60	2,75	Argilloso	2,80	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
3,80	2,69	Argilloso	2,74	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,00	2,57	Granulare	2,61	PLimoso	2,59	C.Cinese	2,59	**N.C.**
4,20	2,65	Argilloso	2,69	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,40	2,64	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
4,60	2,51	Granulare	2,53	NPGranulare	2,52	--	2,53	**4,95**
4,80	2,10	Granulare	2,12	NPGranulare	2,11	--	2,12	**3,57**
5,00	2,36	Granulare	2,37	NPGranulare	2,36	--	2,37	**5,67**
5,20	2,51	Granulare	2,51	NPGranulare	2,51	--	2,51	**4,42**
5,40	2,48	Granulare	2,48	NPGranulare	2,48	--	2,48	**5,54**
5,60	2,58	Granulare	2,58	NPGranulare	2,58	--	2,58	**4,51**
5,80	2,44	Granulare	2,44	NPGranulare	2,44	--	2,44	**4,78**
6,00	2,65	Argilloso	2,65	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,20	2,63	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,40	2,65	Argilloso	2,64	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,60	2,69	Argilloso	2,68	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
6,80	2,76	Argilloso	2,74	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,00	2,75	Argilloso	2,72	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,20	2,75	Argilloso	2,73	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,40	2,77	Argilloso	2,75	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,60	2,69	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
7,80	2,64	Argilloso	2,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,00	2,70	Argilloso	2,67	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,20	2,69	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,40	2,67	Argilloso	2,64	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,60	2,65	Argilloso	2,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
8,80	2,76	Argilloso	2,72	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
9,00	2,77	Argilloso	2,73	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
9,20	2,79	Argilloso	2,75	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
9,40	2,79	Argilloso	2,74	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
9,60	2,77	Argilloso	2,72	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
9,80	2,75	Argilloso	2,70	N.L.	N.L.	--	N.L.	**N.L.**
10,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

Prof.	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75)	Verificare campione in lab.	Ic utilizzato	Fs
(m)	*valore*	*Classificazione*	*valore*	*Classificazione*	*valore*		*valore*	*valore*
10,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
10,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
11,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
12,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
13,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
14,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
15,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
16,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
17,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
18,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,40	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,60	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
19,80	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**
20,00	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	**N.C.**

N.C. = Non Calcolabile
N.L. = Non Liquefacibile
Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico
NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argilloso = Terreno Argilloso
C.Cinese = Criteri Cinese
Granulare = Terreno Granulare
-- = Nessun Criterio

HOME
INSERIMENTO DATI CPT
DATI CPT
GRAFICI

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI

FORMULE:

$$CRR = 0{,}883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right] + 0{,}05$$

Per 0 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 50

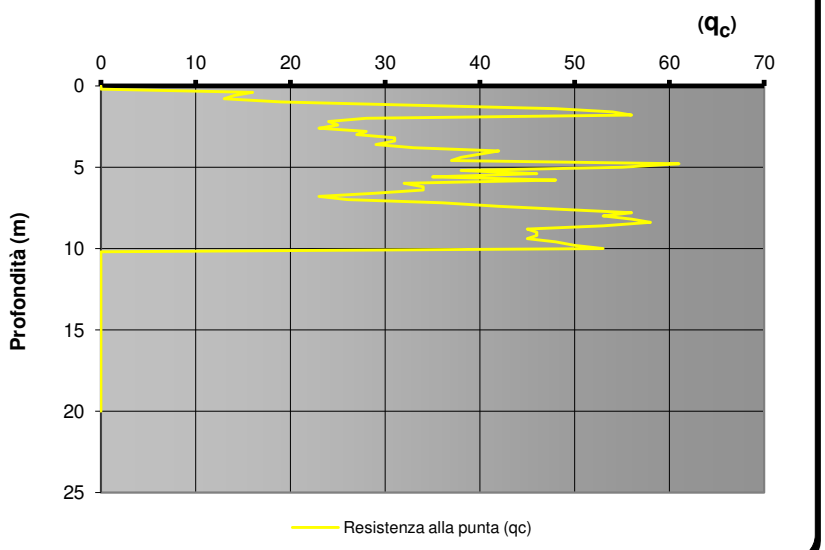
Per 50 < $(q_{c1n})_{CS}$ < 160

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right]^3 + 0{,}08$$

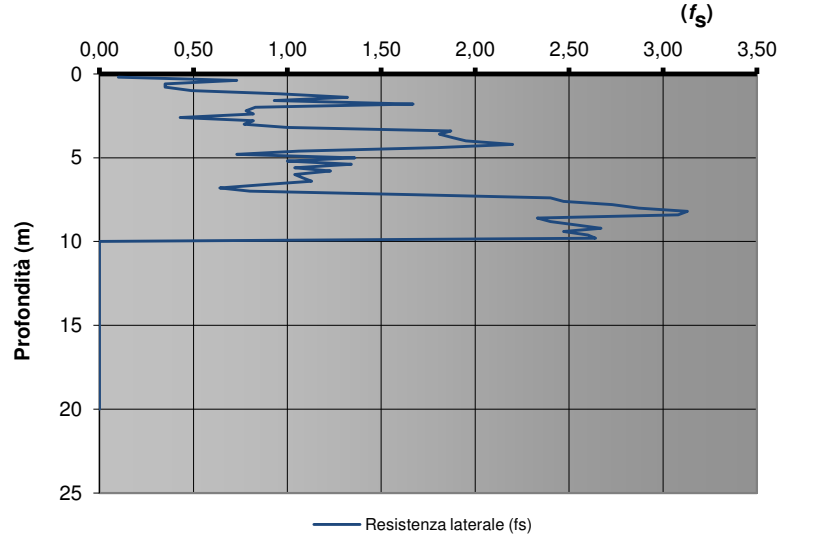
$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

M = 6

ANDAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA



ANDAMENTO DELLA RESISTENZA LATERALE



Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

DATI CPT

INSERIMENTO DATI CPT

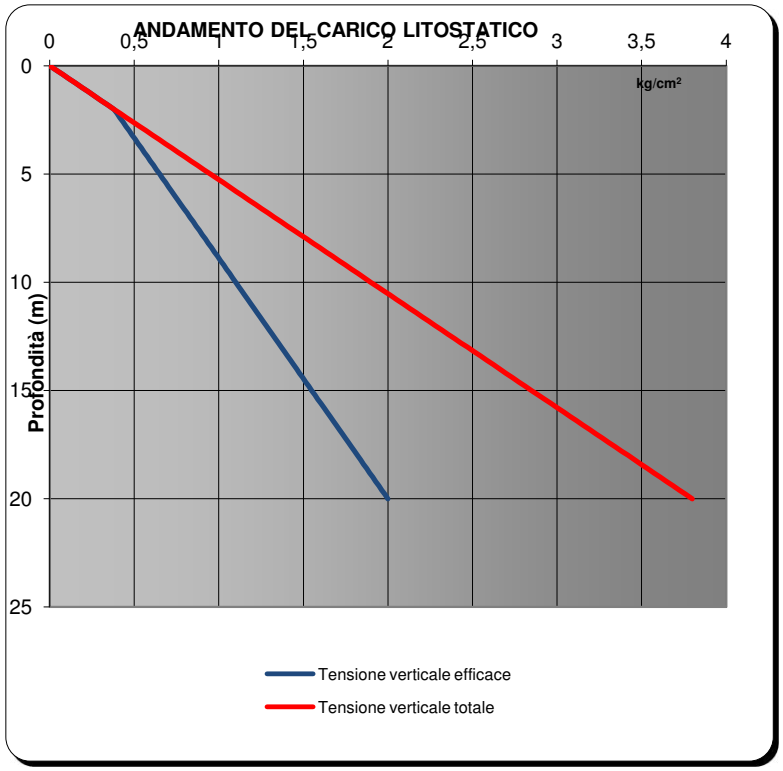
ANALISI

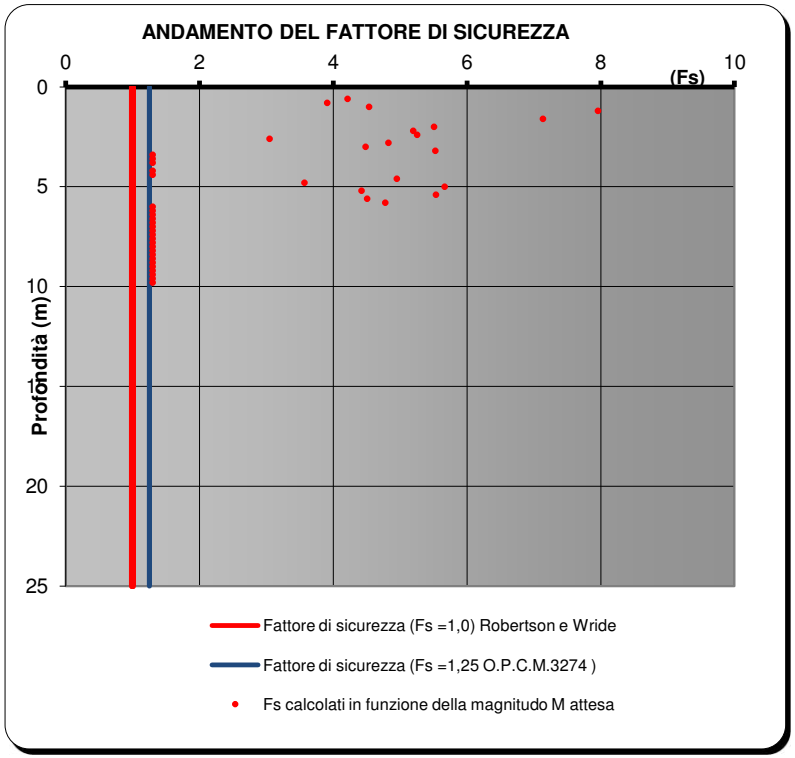
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





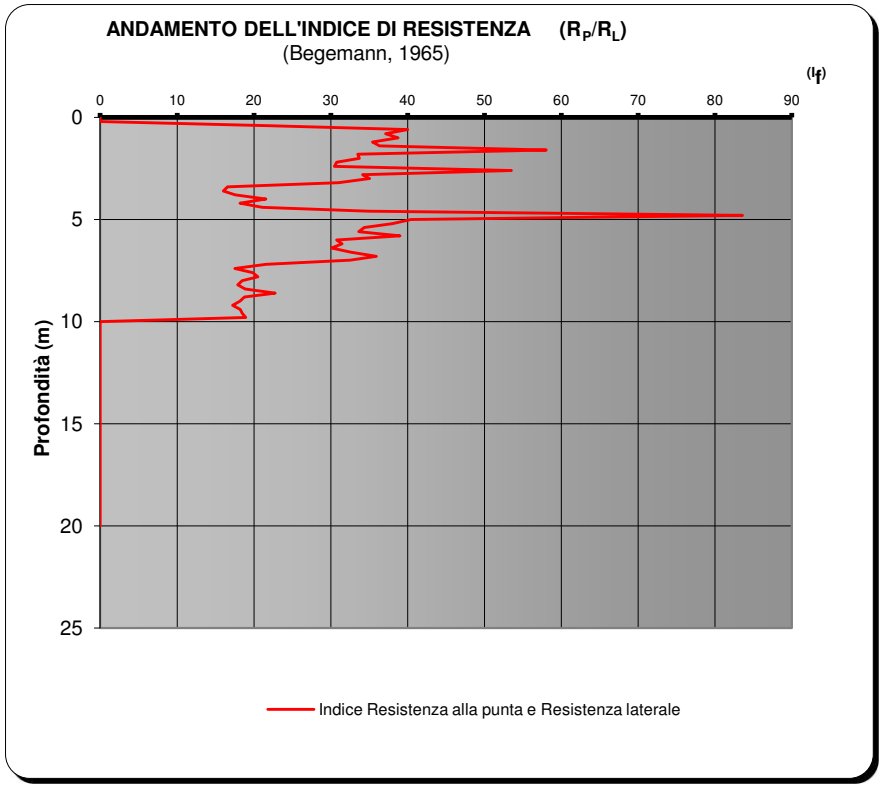
Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

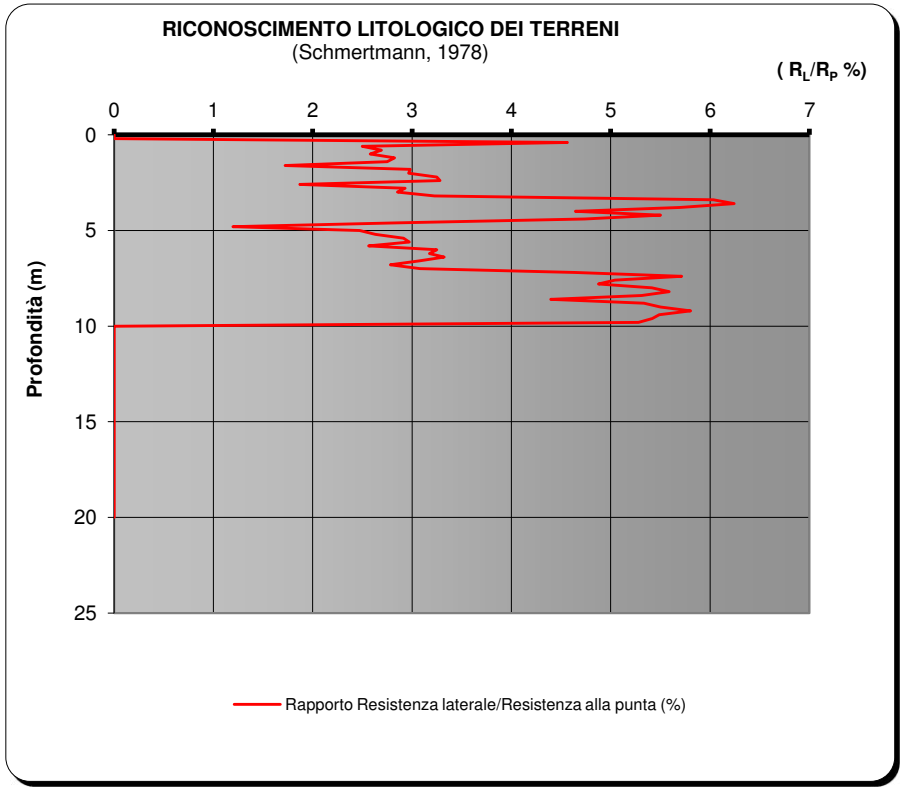
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI





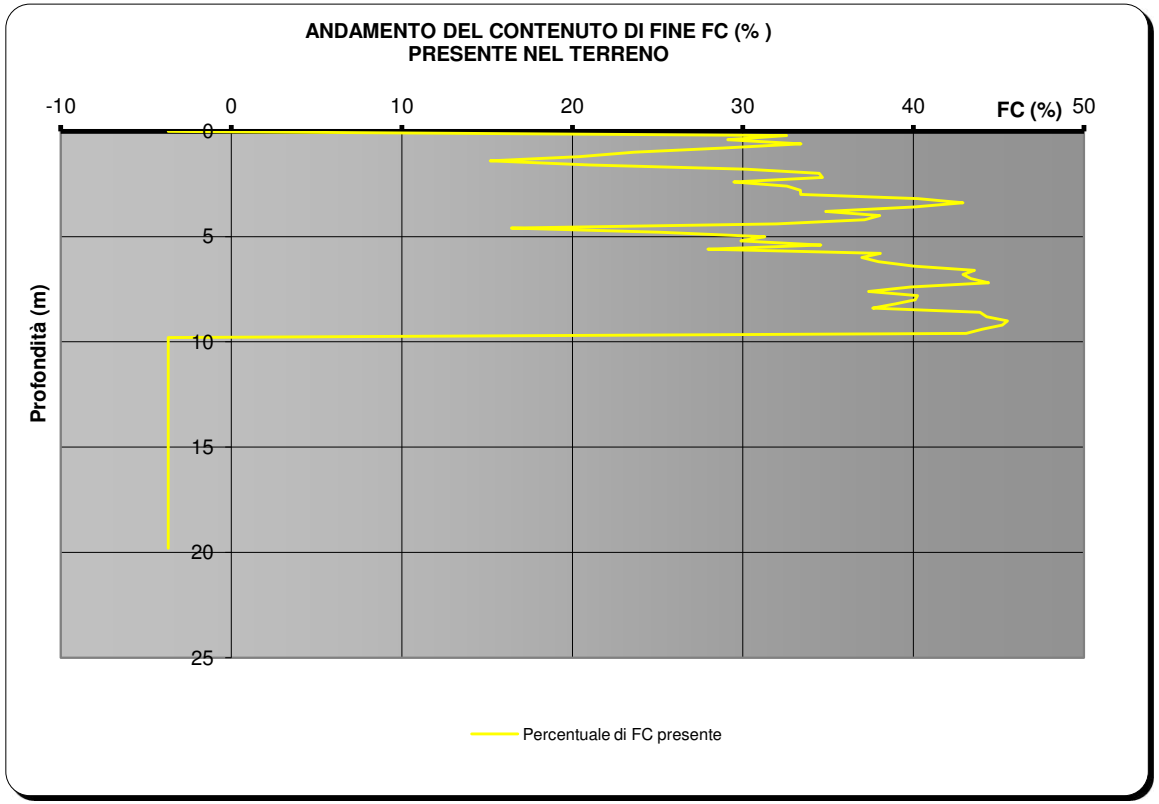
Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

(da prove penetrometriche CPT)

Metodo di Robertson e Wride (1998)

EPC LIBRI



Committente:	Dioscuri S.r.l.		
Riferimento:	Campagna Indagini geognostiche		
Località:	Le lame- Crespina Lorenzana	**Prov.:**	PI
Oggetto:	Dott. Geol. Claudio Nencini		