



COMUNE DI
BORGO SAN LORENZO

**INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO
PER LA SCUOLA DELL'INFANZIA
ARCOBALENO
IN VIA CADUTI DI MONTELUNGO**



RELAZIONE GEOLOGICA

MAGGIO 2019

**GEOLOGO
LUCA BENCI**

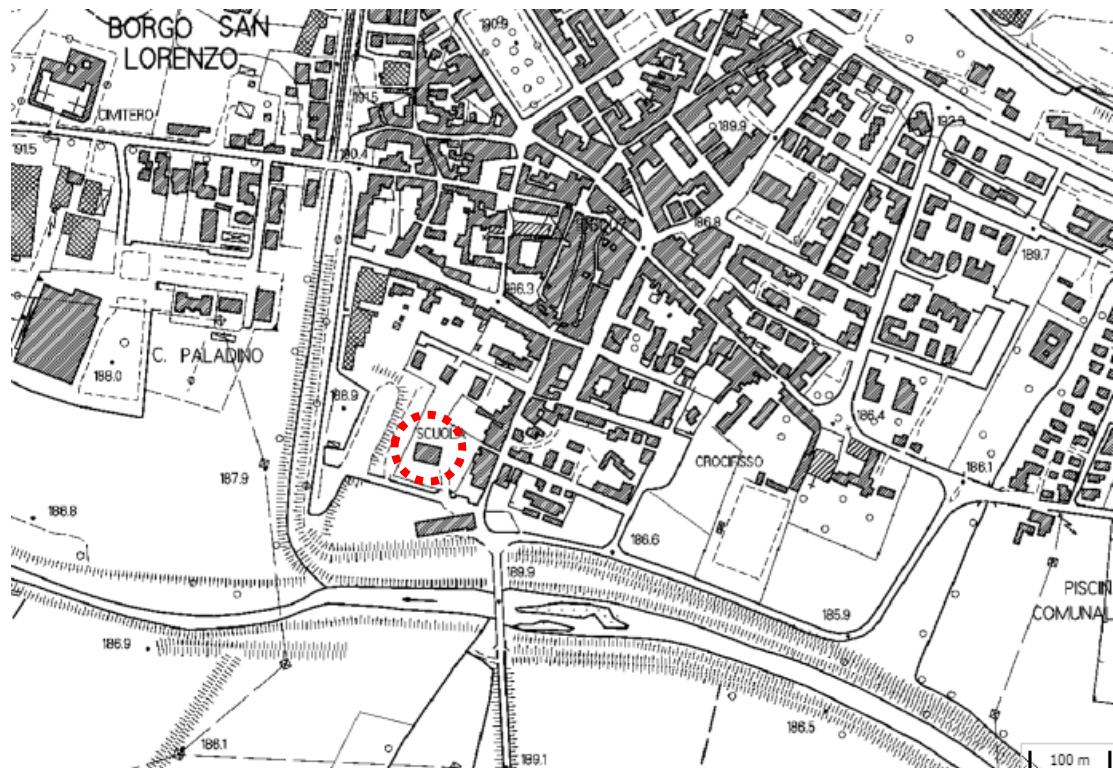


STUDIOBENCI
studiodbenci@gmail.com
benci@epap.sicurezzapostale.it
3358082408 - 0552692390

PREMESSE	1
1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA.....	3
1.1 <i>GEOMORFOLOGIA, TETTONICA E LITOSTRATIGRAFIA</i>	3
1.2 <i>IDROGEOLOGIA</i>	4
1.3 <i>LITOTECNICA.....</i>	5
1.4 <i>PERICOLOSITA' GEOLOGICA.....</i>	8
2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA.....	9
2.1 <i>IDROLOGIA.....</i>	9
2.2 <i>PERICOLOSITA' IDRAULICA.....</i>	9
3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	12
3.1 <i>SISMICITA'.....</i>	12
3.2 <i>SISMOSTRATIGRAFIA</i>	13
3.3 <i>EFFETTI LOCALI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA.....</i>	14
3.4 <i>PERICOLOSITA' SISMICA.....</i>	17
4 INDAGINI GEOFISICHE E GEOGNOSTICHE	18
4.1 <i>UBICAZIONE DELLE INDAGINI</i>	18
4.2 <i>INDAGINI GEOFISICHE</i>	19
4.3 <i>INDAGINI GEOGNOSTICHE</i>	23

PREMESSE

A supporto dell'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO della Scuola dell'infanzia Arcobaleno, posta in via Caduti di Montelungo nel comune di Borgo San Lorenzo, il presente elaborato costituisce la RELAZIONE GEOLOGICA, nella quale (ai sensi del DPGR 36/R 2009 e delle NTC 2018) viene riportata la caratterizzazione e modellazione geologica del sito.



Come indicato dal Progettista:

- l'edificio scolastico oggetto di adeguamento presenta un volume lordo ≈ 3.500 mc ed una altezza massima in gronda ≈ 6 m (considerando anche il livello seminterrato);
- dal punto di vista strutturale gli interventi che verranno realizzati possono essere inquadrati come interventi di adeguamento, richiesti dalla Committenza a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza (vulnerabilità sismica);
- gli interventi in progetto non aumenteranno i carichi sulle fondazioni;
- non sono previsti incrementi volumetrici;
- in riferimento alle NTC 2018:
 - vita nominale: ≥ 50 anni: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
 - classe d'uso III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighi rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- in riferimento al DPGR 36R/2009, tenuto conto che l'edificio è da annoverarsi tra quelli indicati nell'ALLEGATO A al DPGR 36R/2009 il cui uso è da considerarsi rilevante: CLASSE DI INDAGINE 4, per la quale (art. 7 p.3 del DPGR 36R/2009) la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante prove sismiche in foro; la definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici.



L'edificio non palesa dissesti sulle strutture in elevazione.

In accordo con il Progettista e la Committenza, a supporto della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti dati ed indagini:

- ELABORATI E DATI UFFICIALI DI RIFERIMENTO (Strumenti Urbanistici comunali e intercomunali, Autorità di Distretto, Regione Toscana,....)
- RILEVAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO
- INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE:
 - eseguite a supporto della realizzazione dell'edificio scolastico, nell'area direttamente interessata dall'intervento
 - eseguite nell'ambito del Progetto VEL, nell'area direttamente interessata dall'intervento e in area adiacente caratterizzata dagli stessi contesti geologici-geotecnici-sismici.

1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

1.1 GEOMORFOLOGIA, TETTONICA E LITOESTRATIGRAFIA

L'intervento si colloca a quote pari a ≈ 186 m slm (da CTR 1:2.000), nella parte settentrionale del fondovalle della piana alluvionale del Fiume Sieve, alla sua sinistra idrografica, in un contesto morfologico pianeggiante e urbanizzato.

L'area di intervento non è soggetta a Vincolo Idrogeologico e non è boscata.

Il piano di calpestio dell'edificio scolastico è rilevato di ≈ 1 m rispetto al giardino di pertinenza.

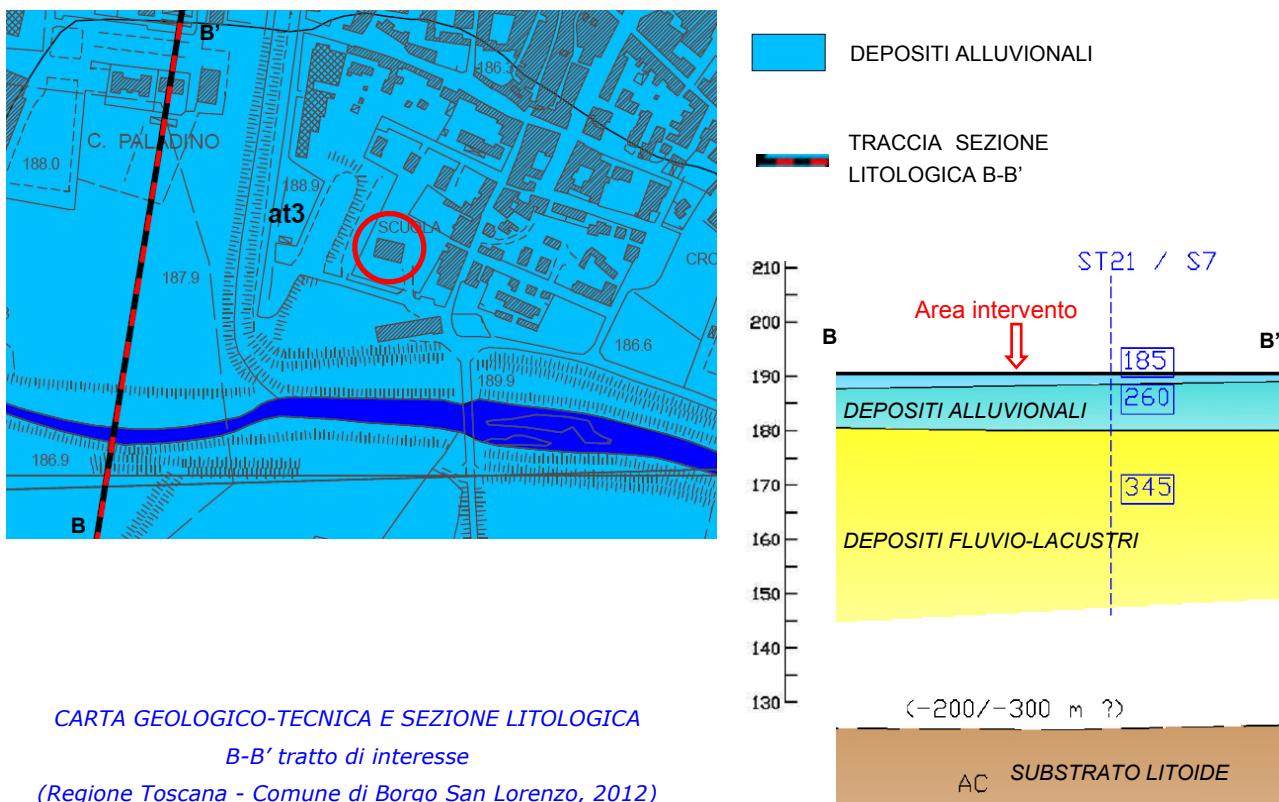
L'area di intervento è posta nella porzione centrale del Bacino del Mugello, appartenente alla zona nord-est della catena orogenica dell'Appennino Settentrionale sviluppatisi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche.

In particolare, siamo nella parte settentrionale della piana alluvionale del Fiume Sieve.

La valle ha una struttura geologica asimmetrica: le formazioni del substrato litoide affiorano sul margine del versante meridionale, dove una faglia sub-parallela alla Sieve abbassa di alcune centinaia di metri il substrato medesimo, dando origine al graben del Mugello successivamente colmato da sedimenti prevalentemente argillosi rilevati su tutta l'area del capoluogo e affioranti a nord sui rilievi marginali alla valle.

In riferimento ai dati ufficiali esistenti è atteso che il substrato di interesse sia caratterizzato, fino a profondità medie dell'ordine di 10 m dal p.c. da DEPOSITI ALLUVIONALI attuali e recenti del F. Sieve e dei suoi affluenti, costituiti da una alternanza di orizzonti ghiaiosi-sabbiosi-limosi, poggianti in discordanza sui DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI villafranchiani, costituiti prevalentemente da argille limose.

Il substrato litoide è atteso a profondità > 100 m .

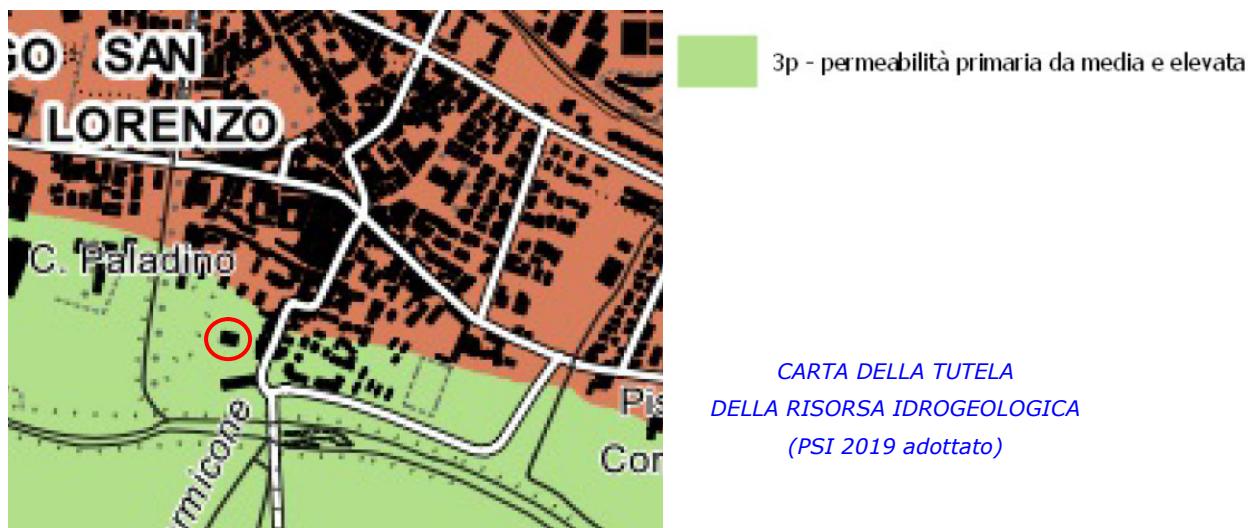


1.2 IDROGEOLOGIA

L'idrogeologia dell'area è strettamente legata alla stratigrafia dei sedimenti relativi del bacino plio-pleistocenico del Mugello, ed a quelli recenti del Fiume Sieve e dei suoi affluenti.

Il dominio idrogeologico di interesse è quello dei depositi alluvionali, che occupano una fascia a cavallo del corso del Fiume Sieve e dei suoi affluenti, costituiti prevalentemente da una alternanza di orizzonti ghiaiosi-sabbiosi-limosi; contengono una falda libera o semiconfinata, con asse drenante principale rappresentato dal Fiume Sieve, con riserva permanente non elevata poiché gli orizzonti grossolanamente sono generalmente limitati e la ricarica avviene soprattutto dall'infiltrazione di subalveo della Sieve e dei suoi affluenti.

In riferimento alla "Carta della tutela della risorsa idrogeologica" del PSI adottato, il substrato di interesse ricade in classe di permeabilità primaria da media a elevata.



Per quanto riguarda la "disponibilità idrica sotterranea" il Piano di Bacino dell'Arno - Stralcio "Bilancio Idrico" definisce l'acquifero di interesse "significativo con bilancio prossimo all'equilibrio".

In riferimento al Piano di Gestione delle Acque del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (PGA) l'acquifero di interesse è denominato "Corpo idrico della Sieve" e presenta sia uno "stato quantitativo" (con il quale si fa riferimento alla vulnerabilità agli squilibri quantitativi cioè a quelle situazioni, molto diffuse, in cui i volumi di acque estratte non sono adeguatamente commisurati ai volumi di ricarica superficiale) che uno stato chimico (con il quale si fa riferimento all'assenza o alla presenza entro determinate soglie di inquinanti di sicura fonte antropica) BUONO.

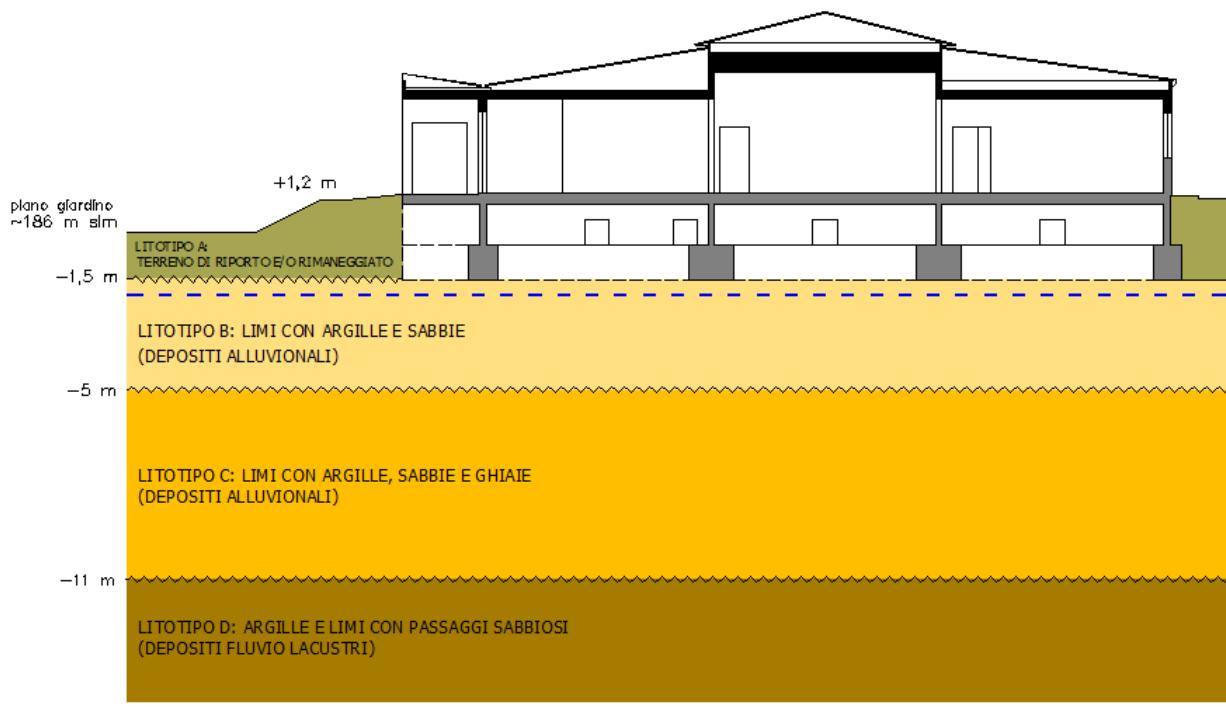
Nell'area vasta sono presenti numerosi pozzi ad uso domestico ed irriguo, mentre non sono segnalati pozzi ad uso potabile o per approvvigionamento idrico dell'acquedotto.

Le indagini geognostiche a supporto della realizzazione dell'edificio scolastico, hanno rinvenuto la falda acquifera a profondità ≈ 3 m dal p.c. posto a ≈ 186 m slm.

Il dato concorda con le indagini geognostiche eseguite nell'ambito del Progetto VEL in area adiacente a quella direttamente interessata dall'intervento, che hanno rinvenuto la falda acquifera a profondità ≈ 6 m dal p.c. posto a ≈ 189 m slm.

1.3 LITOTECNICA

Sulla base dei risultati delle indagini utilizzate (v. § 4), il substrato di interesse è stato distinto in 4 LITOTIPI (A, B, C, D) che ben riflettono quanto atteso (v. § 1.1), come esemplificato nella seguente sezione litotecnica tipo:



SEZIONE LITOTECNICA TIPO

LITOTIPO A (TERRENO DI RIPORTO E/O RIMANEGGIATO)

Dai risultati delle prove penetrometriche eseguite nel sito direttamente interessato dall'intervento (v. § 4), si ricavano i seguenti caratteri e parametri principali:

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D1, D2, D3, D4

N20		NSPT		compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (\circ) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)	
min	med	min	med	sciolto poco addensato	min	med	min	med
2	2	3	3		20	20	22	22

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ CON PIEZOCONO PPS13

Qc (MPa)		compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (\circ) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)	
min	med	poco addensato poco consistente	min	med	min	med
1	2		20	45	22	25

Anche per la natura rimaneggiata/alterata, le caratteristiche geotecniche del litotipo sono da attendersi variabili sia arealmente che con la profondità e localmente scadenti.

LITOTIPO B (DEPOSITI ALLUVIONALI)

Costituisce il substrato naturale in posto direttamente interessato dalle fondazioni dell'edificio scolastico.

Dai risultati delle prove penetrometriche eseguite nel sito direttamente interessato dall'intervento e del sondaggio eseguito in area adiacente (v. § 4), si ricavano i seguenti caratteri e parametri principali:

SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

litologia	NSPT	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)
limi con argille e sabbie	8	<i>mod. consistente</i>	60	26	5

DETERMINAZIONI DI LABORATORIO SU CAMPIONE DA S7

peso di volume (kN/mc)	indice di plasticità (%)	angolo di attrito efficace (°)	coesione efficace (kPa)	modulo edometrico (MPa)	granulometria
18,5	12,3	23	21	v. § 4.3	limo con sabbia deb. argilloso

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D1, D2, D3, D4

N20	NSPT	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)
min 5 med 10	min 8 med 16	<i>consistente</i>	min 60 med 100	min 26 med 30	min 5 med 10

PROVA PENETROMETRICA STATICHE CON PIEZOCONO PPS13

Qc (MPa)	litologia	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)
min 0,35 med 0,4	limi con argille	poco consistente	min 25 med 30	min 20 med 20,5	min 2 med 3

LITOTIPO C (DEPOSITI ALLUVIONALI)

Costituiscono il sottostante substrato naturale in posto.

Dai risultati delle prove penetrometriche eseguite nel sito direttamente interessato dall'intervento e del sondaggio eseguito in area adiacente (v. § 4), si ricavano i seguenti caratteri e parametri principali:

SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

litologia	NSPT	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) $c'=0$	modulo edometrico (MPa)
ghiaie con limi, argille e sabbie	49	<i>addensato molto consistente</i>	≥ 300 kPa	≥ 35	35

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D1, D2, D3, D4

N20	NSPT	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) c'=0	modulo edometrico (MPa)
min 10 med 15	min 14 med 20	mod. addensato molto consistente	min 100 med 150	min 30 med ≥30	min 8 med 12

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ CON PIEZOCONO PPS13

Qc (MPa)	litologia	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) c'=0	modulo edometrico (MPa)
min 3,5 med 4	limi con argille, sabbie e ghiaie	mod. addensato consistente	min 70 med 80	min 28 med 29	min 5 med 6

LITOTIPO D (DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI)

Costituiscono il substrato naturale in posto profondo, fino a profondità >100 m dove è atteso il substrato litoide (v. § 1.1).

Dai risultati della prova penetrometrica statica eseguita nel sito direttamente interessato dall'intervento e del sondaggio eseguito in area adiacente (v. § 4), si ricavano i seguenti caratteri e parametri principali:

SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

litologia	NSPT	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) c'=0	modulo edometrico (MPa)
argille e limi con passaggi sabbiosi	35/44	molto consistente	250/300 kPa	≥35	25/30

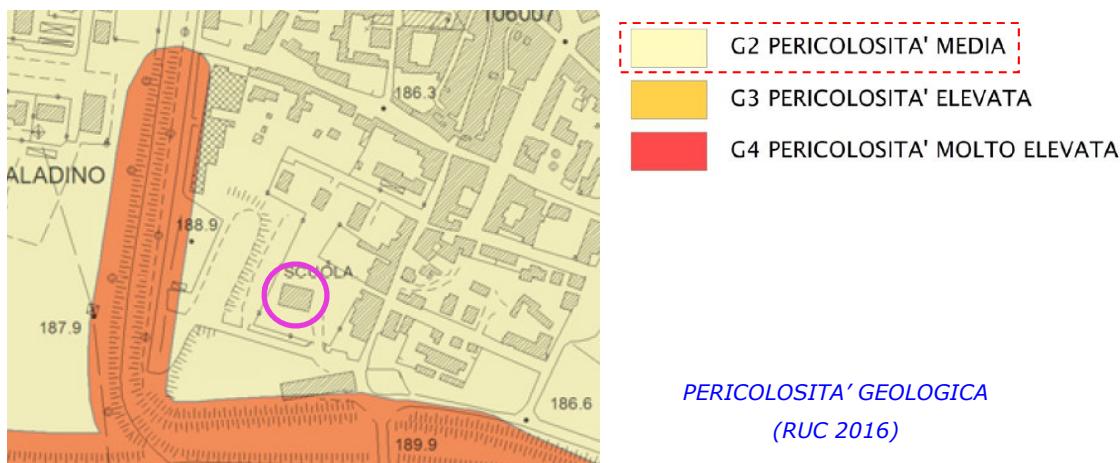
PROVA PENETROMETRICA STATICÀ CON PIEZOCONO PPS13

Qc (MPa)	litologia	compattezza	coesione non drenata (kPa)	angolo di attrito efficace (°) c'=0	modulo edometrico (MPa)
min 3,5 med 3,5	argille e limi con passaggi sabbiosi	consistente	min 100 med 100	min 28 med 28	min 10 med 10

1.4 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

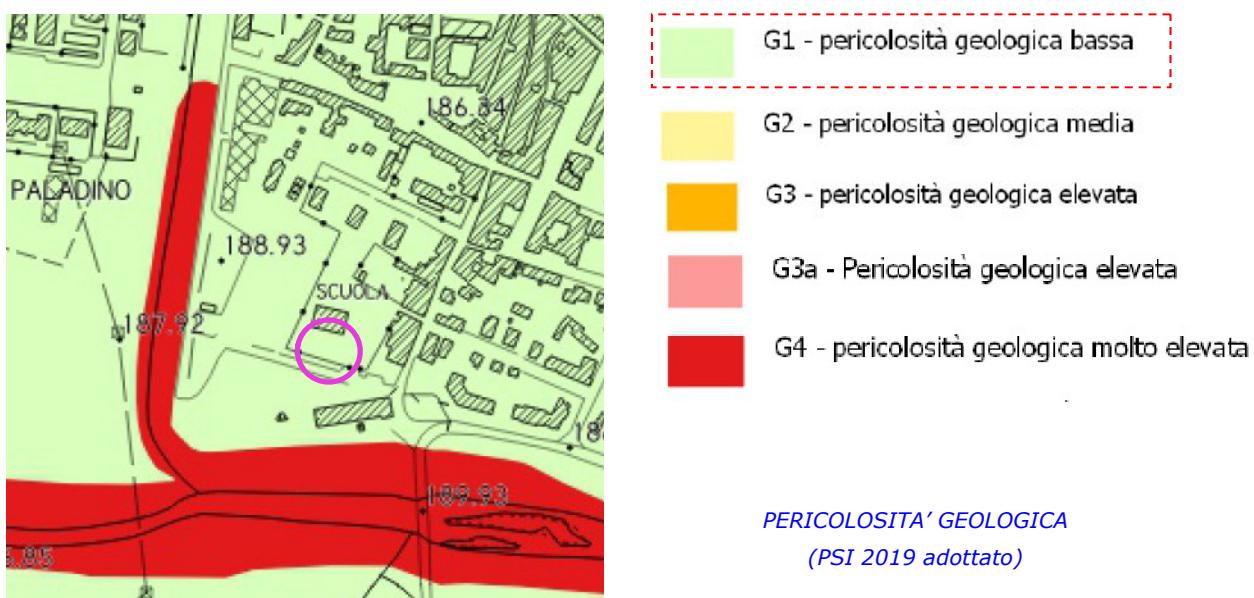
STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

La "Carta della Pericolosità Geologica" del RUC 2016, pone l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ GEOLOGICA MEDIA G.2, corrispondente alle zone caratterizzate da terreni pianeggianti sostanzialmente stabili.



PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE ADOTTATO

La "Carta della Pericolosità Geologica" del PSI adottato, pone l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ GEOLOGICA BASSA G.1, corrispondente alle zone caratterizzate da terreni pianeggianti sostanzialmente stabili.



AUTORITA' DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE

In riferimento al PAI (*Piano assetto idrogeologico, DPCM 6.5.2005*) l'area di intervento non è perimettrata in quanto non presenta problematiche geomorfologiche.

2 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA

2.1 IDROLOGIA

L'area di intervento è posto nel bacino idrografico del Fiume Sieve, principale corso d'acqua del territorio mugellano e maggior affluente in destra idrografica dell'Arno. Il regime del corso d'acqua è di tipo torrentizio. Nel tratto mugellano, da Bilancino a Vicchio, il Fiume Sieve segue un andamento WNW-ESE lungo il margine meridionale del bacino.

Il fondovalle è occupato da un'ampia pianura alluvionale.

Nessun corso d'acqua interessa direttamente l'area di intervento, ed in particolare:

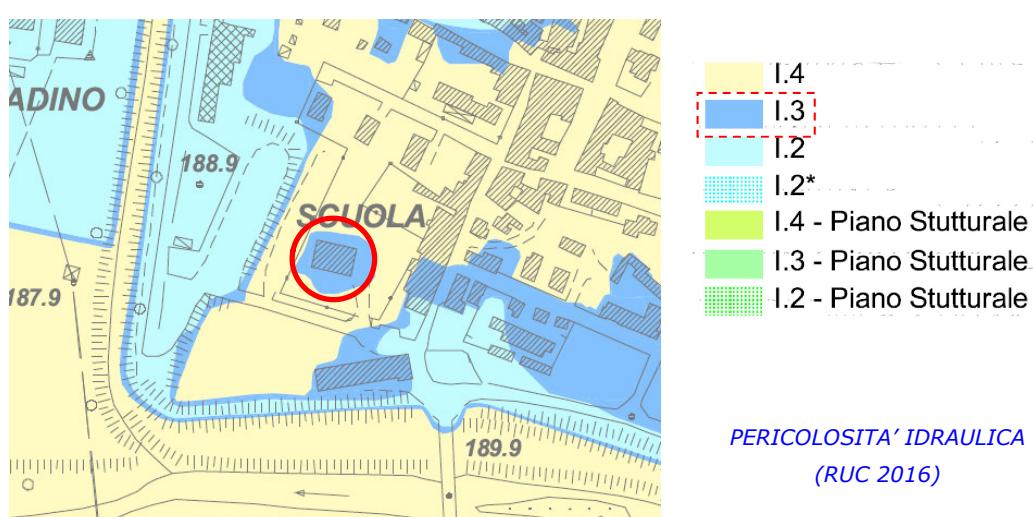
- il Fiume Sieve scorre arginato a ≈150 m di distanza a sud
- il suo affluente Torrente Le Cale, scorre a ≈120 m di distanza a ovest
- a ≈70 m di distanza verso est, si ha un fosso tombato, che poi confluiscerebbe nel F. Sieve.



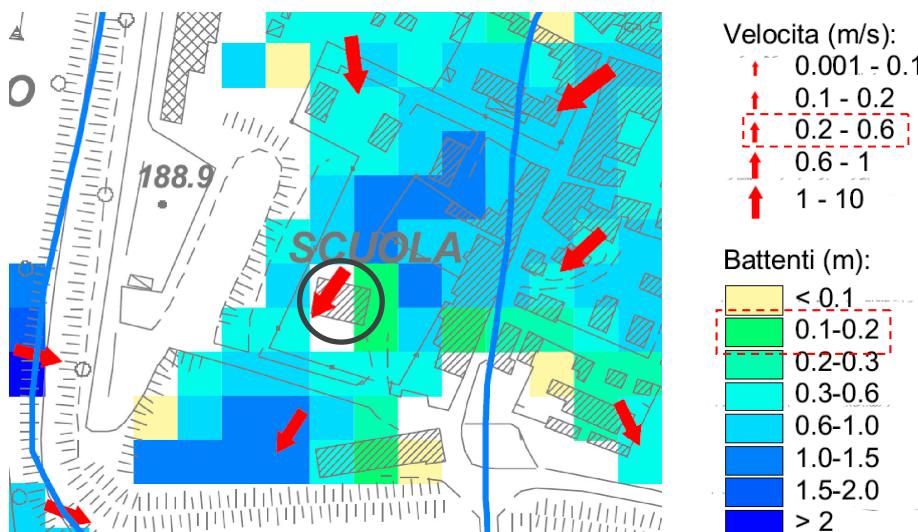
2.2 PERICOLOSITA' IDRAULICA

STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

La "Carta della Pericolosità Idraulica" del RUC 2016, pone l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ IDRAULICA ELEVATA I.3, corrispondente alle aree inondabili da eventi con tempo di ritorno >30 anni e ≤200 anni.



In riferimento allo "Studio idrologico idraulico" del 2016 allegato al RUC, per l'area di intervento non sono previsti battenti per $T_r=200$ anni, eccetto che per la porzione est per la quale sono previsti battenti di $0,1 \div 0,2$ m e velocità di propagazione di $0,2 \div 0,6$ m/s.



BATTENTI DI ESONDAZIONE E VELOCITA' DI PROPAGAZIONE PER $T_r=200$ ANNI (Regolamento Urbanistico 2016)

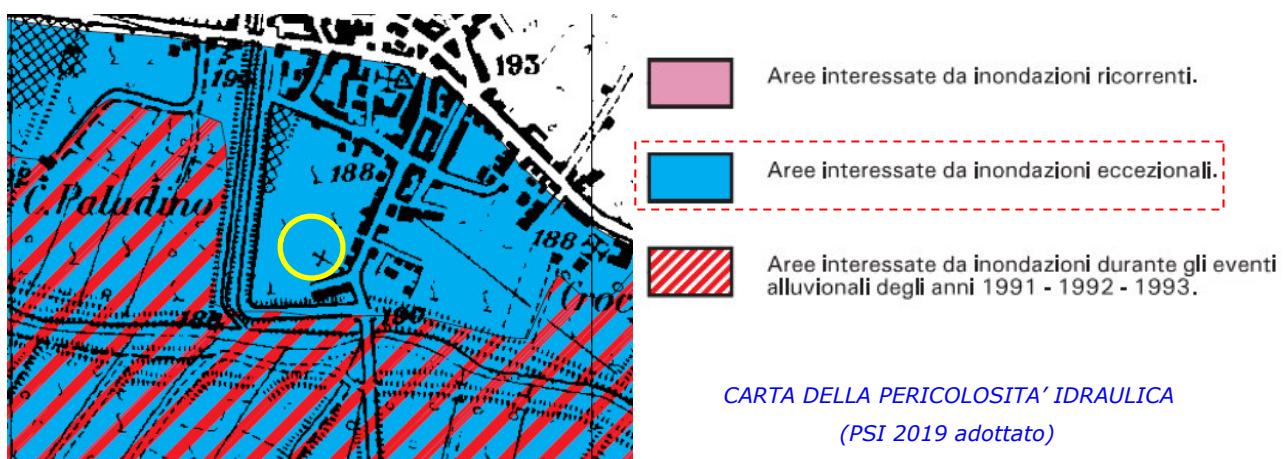
PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE ADOTTATO

Nell'ambito del nuovo PSI adottato è stato condotto uno studio idraulico di aggiornamento, sulla base del quale è stata rivista e aggiornata alle normative vigenti la classificazione di pericolosità idraulica. Per la "Carta della Pericolosità Idraulica" del PSI adottato, l'area di intervento non è interessata da problematiche collegate al rischio idraulico.

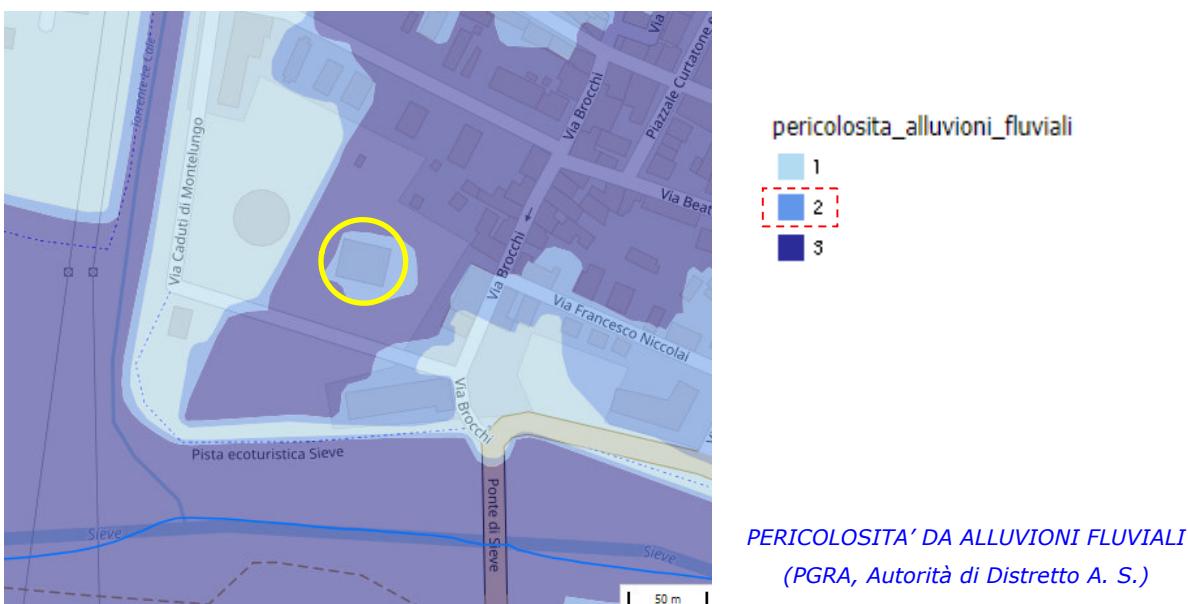


AUTORITA' DISTRETTO APPENNINO SETTENTRIONALE

- In riferimento al PRI (Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico, DPCM 226/1999 e s.m.i.), l'area in oggetto: non è interessata da interventi strutturali per la riduzione del rischio idraulico, non rientra nelle aree di pertinenza dell'Arno e dei suoi affluenti, non è stata interessata da inondazioni durante gli eventi alluvionali degli anni 1991-1992-1993, non è stata interessata da inondazioni ricorrenti, è stata interessata dalle inondazioni eccezionali del 1966 e 1999.



- Il PGRA (*Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, Del.CI 235/2016*), colloca l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE MEDIA – P2, corrispondente alle ariee inondabili da eventi con tempo di ritorno >30 anni e ≤200 anni.



L'area di intervento non risulta compresa in aree di contesto fluviale o a pericolosità da flashflood.

- In riferimento ai dati messi a disposizione dall'Autorità di Distretto dell'Appennino Settentrionale, per l'area di intervento non è disponibile il BATTENTE IDRAULICO per Tr = 200 anni.

RISCHIO DI ALLUVIONI - LR 41/2018

L'area di intervento è classificata dal PGRA in PERICOLOSITÀ IDRAULICA MEDIA P2, corrispondente alle aree inondabili da eventi con tempo di ritorno >30 anni e ≤200 anni.

Limitatamente alla sola porzione est dell'edificio scolastico, lo Studio idrologico idraulico del 2016 allegato al RUC, indica un battente idraulico per Tr = 200 anni pari a 0,1÷0,2 m e una velocità di propagazione dell'ordine di 0,2÷0,6 m/s.

Pertanto, l'area di intervento rientra nelle AREE INTERESSATE DA ALLUVIONI POCO FREQUENTI CON MAGNITUDINE IDRAULICA MODERATA della LR 41R/18 (in merito, si ricorda che per il recente Studio idrologico idraulico allegato al PSI l'area non è soggetta a rischio idraulico).

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

3.1 SISMICITA'

L'area del Mugello è caratterizzata da una sismicità medio-elevata, storicamente nota in virtù anche degli enormi danni rilevati a seguito del forte terremoto del 29 giugno 1919, con epicentro nel territorio comunale di Vicchio.

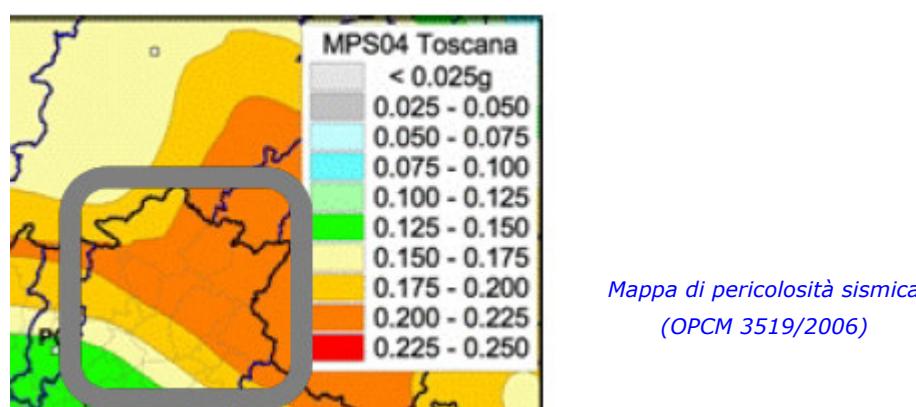
L'attività sismica del Mugello è imputabile alle deformazioni che si sviluppano all'interno e all'esterno del sistema oroclinale sollecitato dal regime compressivo parallelo alla catena che ha agito nella parte settentrionale del cuneo Romagna-Marche-Umbria.

Ai sensi dell'OPCM 3519/2006, al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (approccio "sito-dipendente"), con la DGRT 421/2014 (*Aggiornamento della classificazione sismica regionale*) è stata aggiornata la classificazione sismica della Toscana: il territorio comunale di Borgo San Lorenzo viene inserito in ZONA SISMICA 2.



DGRT 421/2014 - Aggiornamento della classificazione sismica regionale

Per il territorio del Mugello la "mappa di pericolosità sismica (OPCM 3519/2006) inerente la distribuzione dei valori stimati di accelerazione (ag) su bedrock sismico in condizioni di topografia pianeggiante per un periodo di ritorno di 475 anni e relativi al valore mediano (50mo percentile), indica valori di accelerazione sismica (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità g) pressoché costanti e relativi ad un range compreso tra 0,175g e 0,225g.

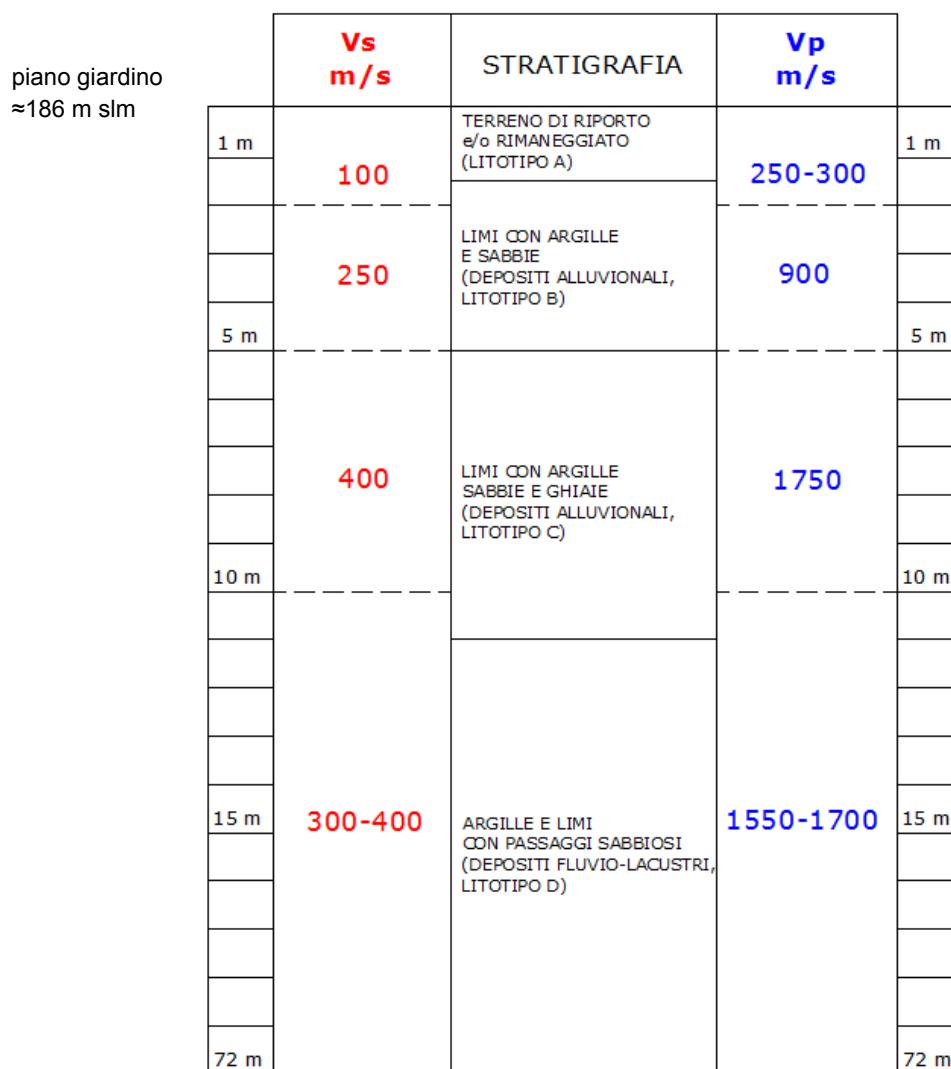


3.2 SISMOSTRATIGRAFIA

La caratterizzazione sismostratigrafica del substrato dell'area di intervento è stata eseguita sulla base delle seguenti prospezioni geofisiche eseguite nell'ambito del programma VEL (v. § 4.2):

- prospezione down hole (DH7) eseguita fino a 72 m di profondità dal p.c. nel foro del sondaggio S7 in area adiacente a quella di intervento
- prospezione a rifrazione (ST4) eseguita per ≈100 m di stendimento nell'area direttamente interessata dall'intervento.

Le prospezioni hanno fornito risultati del tutto comparabili tra loro, consentendo la definizione del seguente modello sismostratigrafico, in ottimo accordo con il modello litotecnico rilevato con le indagini geognostiche (v. 1.3):



SISMOSTRATIGRAFIA

3.3 EFFETTI LOCALI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

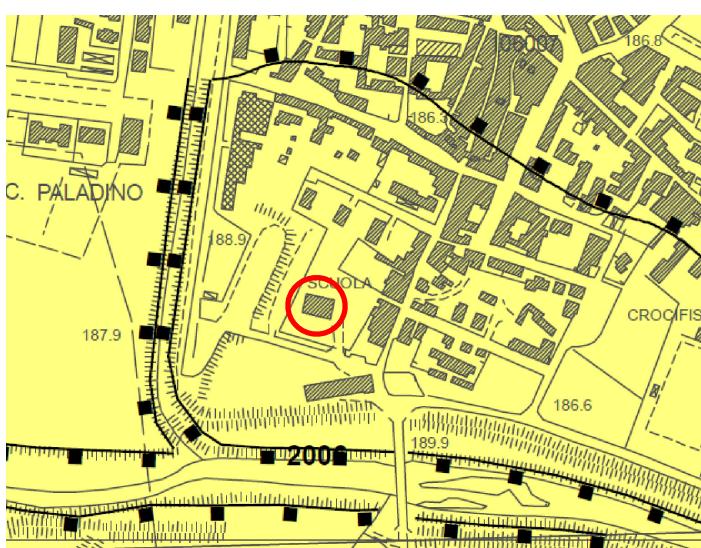
MICROZONAZIONE SISMICA

Il Comune di Borgo San Lorenzo è dotato dello "Studio di microzonazione sismica" sviluppato in coerenza con le specifiche tecniche regionali e con gli indirizzi e criteri del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile.

In una prima fase (2012), è stato eseguito lo studio di microzonazione sismica di livello 1. Successivamente (2018), nell'ambito degli approfondimenti per il quadro conoscitivo del PSI adottato, è stato eseguito lo studio di microzonazione sismica di livello 2.

Secondo la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MS1", l'area di intervento ricade nelle **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE PER CONTRASTO DI IMPEDENZA TRA COPERTURA E SUBSTRATO RIGIDO - ZONA 6**.

In merito, come indicato nella specifica "Relazione tecnica illustrativa", prevaleggono su tutto il centro abitato condizioni di non elevato contrasto di impedenza.



MICROZONE OMOGENEE

IN PROSPETTIVA SISMICA

(Regione Toscana,

Comune di Borgo San Lorenzo, 2012)

Zona 6 (cod.2006)

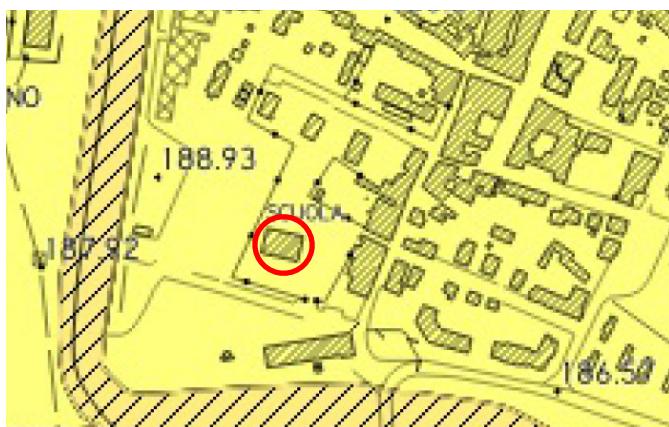
- | | |
|---|-----------------|
| A | at2, at3 <10 m |
| C | Vag, Vag* >100m |
- A** Alluvioni fluviali e terrazzate del Fiume Sieve e affluenti (**at3, at2**); Vs = 150 - 300 m/s
- C** Depositi lacustri a composizione argillosa-limosa (**Vag**), talvolta molto consistenti (**Vag***); Vs(Vag) = 350 - 500 m/s, Vs(Vag*) = 650 - 800 m/s

Gli studi di MS di livello 2 costituiscono un approfondimento del livello 1, possibile laddove l'assetto geologico e sismico renda attuabile un approccio semplificato monodimensionale, basato su abachi regionalizzati, che fornisca comunque quantificazioni numeriche degli effetti sismici.

E' questo il caso dell'area del capoluogo e quindi dell'area in esame, dove il modello geologico del sottosuolo vede spessori ingenti di coperture fluvio-lacustri su substrato rigido, il cui tetto varia da profondità di alcune decine di metri in prossimità delle strutture tettoniche ad alto angolo e importante rigetto poste sul bordo sud del bacino, fino a oltre 200 metri nel centro del bacino stesso.

La "Carta della microzonazione sismica MS2", riporta per ciascuna microzona il fattore di amplificazione FA calcolato mediante gli abachi regionali.

L'area in esame viene inserita nelle microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali ZONA A, corrispondente alle aree di affioramento dei depositi alluvionali e lacustri con spessori >30 m sopra il bedrock e frequenze fondamentali in genere estremamente basse (f<1 hz), con FA = 1,1-1,2 .

Zone stabili suscettibili
di amplificazioni locali

FA=1.1-1.2

MICROZONAZIONE SISMICA
(PSI 2019 adottato)CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sulla base di quanto rilevato, le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC/2018 (caratterizzate da velocità delle onde di taglio decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti); si assume quindi che le azioni sismiche siano definibili mediante l'approccio semplificato (v. § 3.2.3 delle NTC/2018) basato sulla classificazione del sottosuolo in funzione delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) definita dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

 h_i spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

- Dall'analisi ed elaborazione dei valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ottenuti mediante la prospezione geofisica down-hole (DH7) eseguita in area adiacente a quella di intervento (v. § 4.3), entro i 30 m di profondità dal p.c. si evince:
 - la non presenza del substrato rigido (caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s)
 - una velocità equivalente $V_{s,eq}$ (calcolata dal p.c. fino a 30 m di profondità) pari a ≈ 293 m/s.
- Dall'analisi ed elaborazione dei valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio V_s ottenuti mediante la prospezione geofisica a rifrazione (ST4) eseguita nell'area direttamente interessata dall'intervento (v. § 4.3), entro i 30 m di profondità dal p.c. si evince:
 - la non presenza del substrato rigido (caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s)
 - una velocità equivalente $V_{s,eq}$ (calcolata dal p.c. fino a 30 m di profondità) pari a ≈ 286 m/s.

Pertanto, per entrambe le prospezioni, il substrato è ascrivibile alla CATEGORIA C della Tab. 3.2.II delle NTC/2018: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Quanto riportato vuole essere un contributo alla definizione delle azioni sismiche che il Progettista svolgerà (v. § 6.2.2. delle NTC/2018) in riferimento alla specifica tipologia di intervento.

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

In riferimento al § 3.2.2 delle NTC/2018, per condizioni topografiche semplici, quali quella in esame, si può adottare la classificazione di Tab. 3.2.III delle NTC/2018, caratterizzata da effetti amplificativi crescenti dalla categoria T1 alla T4.

Il sito di intervento (v. § 1.1) trova la migliore corrispondenza con la CATEGORIA T1: *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤15°*.

STABILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Tutta l'area di intervento è stabile nei confronti della liquefazione (intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio e/o di rigidezza causata dall'aumento di pressione interstiziale durante lo scuotimento sismico prevalentemente in sabbie sciolte sature, limitatamente ai primi 15÷20 m di profondità dal p.c.) in quanto le distribuzioni granulometriche del substrato di interesse (limo con argille, sabbie e ghiaie, v. § 1.3 e 4.3) non rientrano tra quelle suscettibili di tale fenomeno.

Inoltre, l'area di intervento non ricade tra le "zone di suscettibilità per liquefazione" indicate nella "Carta della microzonazione sismica MS2" del nuovo PSI adottato.

PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

Con le "Norme Tecniche per le Costruzioni" (DM 14/01/2008, confermato dal DM 17/01/2018), per ogni intervento è necessario riferirsi ad una accelerazione di riferimento propria, individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di intervento, della vita nominale dell'opera e delle possibili amplificazioni stratigrafiche e topografiche.

In particolare, le azioni sismiche per ciascun tipo di intervento devono essere valutate in relazione ad un periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U$, con:

V_N → vita nominale della costruzione (numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali); i valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono indicati in Tab. 2.4.I. delle NTC/2018

C_U → coefficiente definito al variare della "classe d'uso" come indicato in Tab. 2.4.II. delle NTC/2018.

Sulla base di quanto indicato dal progettista, si assumono:

coordinate geografiche del sito (ED50)	latitudine 43.952239 longitudine 11.386762										
vita nominale (VN)	≥50 [anni]	opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale									
classe d'uso coefficiente d'uso (CU)	III 1,5	costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi....									

ottenendo un periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \cdot C_U = 75$ anni.

Pertanto, sulla base della categoria di sottosuolo C e della categoria topografica T1, si definiscono i parametri e coefficienti sismici per la tipologia di intervento prevista dal progetto:

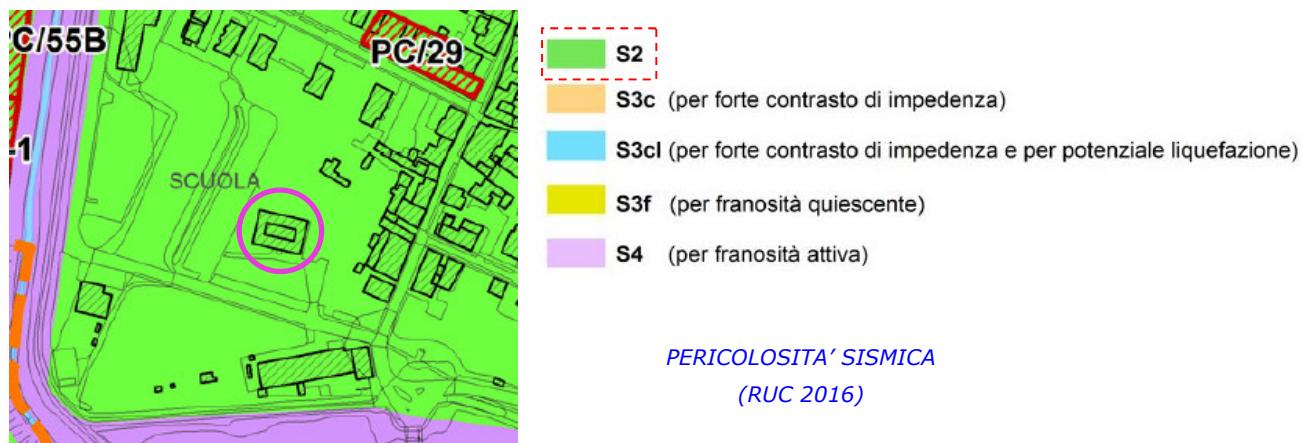
STATO LIMITE	TR	ag	F ₀	T _C	S _s	Cc	St	COEFFICIENTI SISMICI (intervento: FONDAZIONI)			
								k _h	k _v	a _{max}	beta
SLU	SLO	45	0,074	2,445	0,265	1,50	1,63	1,00	0,022	0,011	1,091
	SLD	75	0,094	2,432	0,270	1,50	1,62	1,00	0,028	0,014	1,377
	SLV	712	0,222	2,395	0,291	1,38	1,58	1,00	0,086	0,043	2,999
	SLC	1462	0,279	2,406	0,303	1,30	1,56	1,00	0,102	0,051	3,558

- Amax (m/s²)= ag • 9,81 • Ss • St , *accelerazione orizzontale massima attesa in superficie*
- Kh = Beta • Amax/g , *coefficiente sismico orizzontale*;
- Kv = ± 0,5 Kh , *coefficiente sismico verticale*
- Beta è il *coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

3.4 PERICOLOSITÀ SISMICA

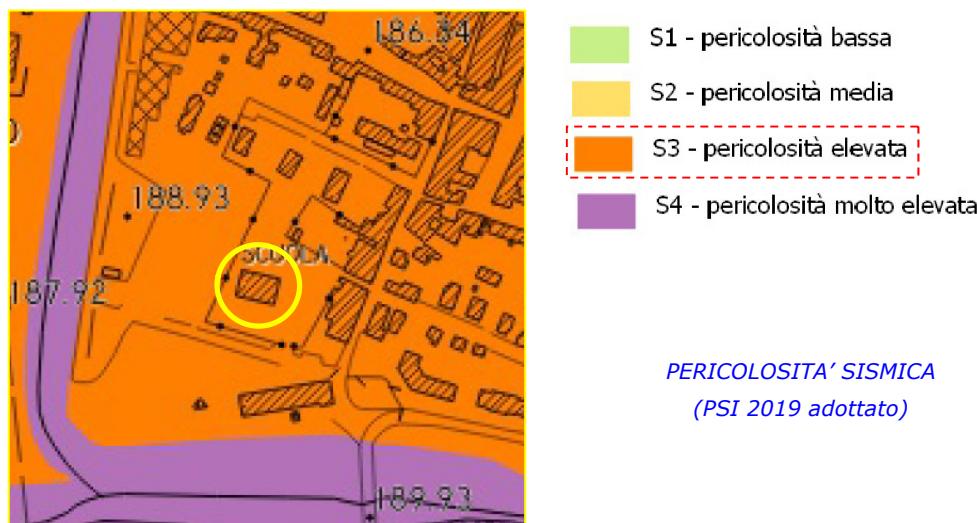
STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

La "Carta della Pericolosità Sismica" del RUC 2016, pone l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA S.2, corrispondente nel caso specifico alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti topografici o stratigrafici, non rientranti tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3 (in riferimento al DPGR 53/2011 rientrano in S.3 le zone suscettibili di amplificazione locale per: liquefazione dinamica, contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse, presenza di faglie attive e faglie capaci, alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri).



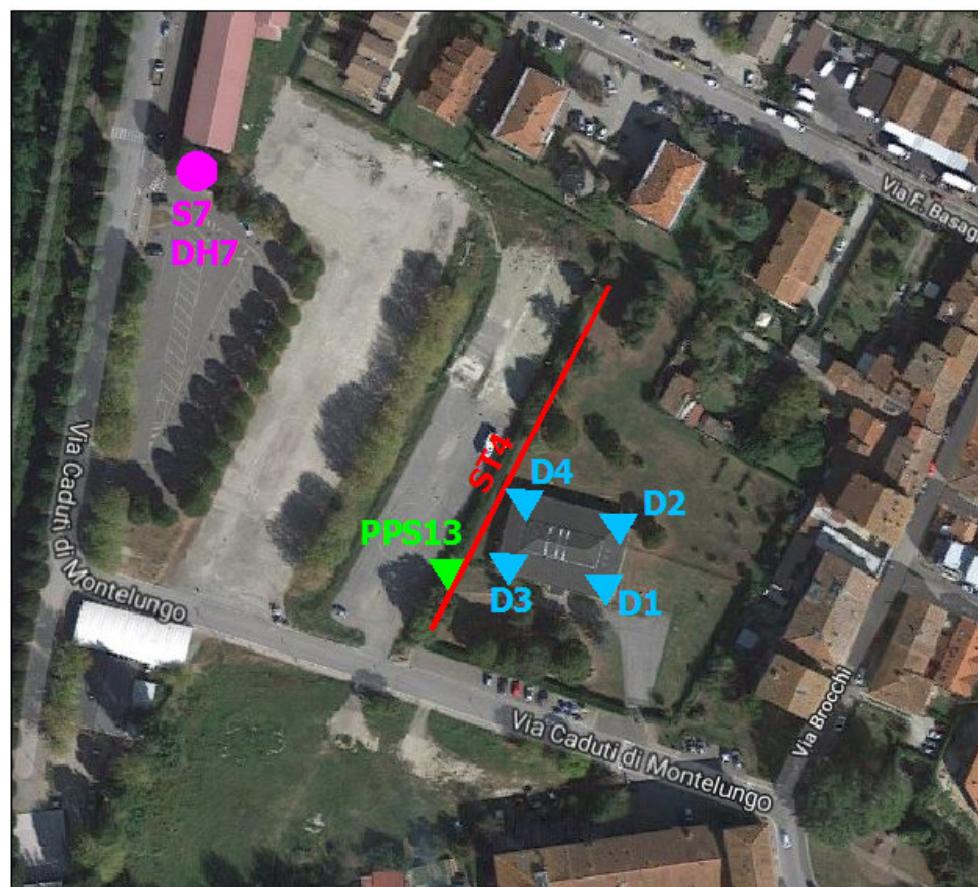
PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNUALE ADOTTATO

La "Carta della Pericolosità Sismica" del PSI adottato, pone l'area di intervento in classe di PERICOLOSITÀ SISMICA ELEVATA S.3, corrispondente nel caso specifico alle arie stabili suscettibili di amplificazione locale per effetti stratigrafici senza studi di MS2/MS3.



4 INDAGINI GEOFISICHE E GEOGNOSTICHE

4.1 UBICAZIONE DELLE INDAGINI



		WGS84	
		latitudine	longitudine
SONDAGGIO DOWN HOLE	S7 DH7	43,95218	11,38459
PENETROMETRIA STATICÀ CON PIEZOCONO	PPS13	43,95116	11,38542
PENETROMETRIE DINAMICHE	D1 D2 D3 D4	43,95118 43,95132 43,95124 43,95139	11,38592 11,38597 11,38560 11,38565
PROSPEZIONE A RIFRAZIONE	ST4	43,95107 43,95189	11,38535 11,38594

Come indicato nelle *Premesse*, sono stati utilizzati i risultati di interesse derivanti dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite:

- a supporto della realizzazione dell'edificio scolastico, nell'area direttamente interessata dall'intervento (D1, D2, D3, D4)
- nell'ambito del Progetto VEL, nell'area direttamente interessata dall'intervento, ed in area adiacente caratterizzata dagli stessi contesti geologici-geotecnici-sismici (S7, DH7, PPS13, ST4).

4.2 INDAGINI GEOFISICHE

DOWN-HOLE

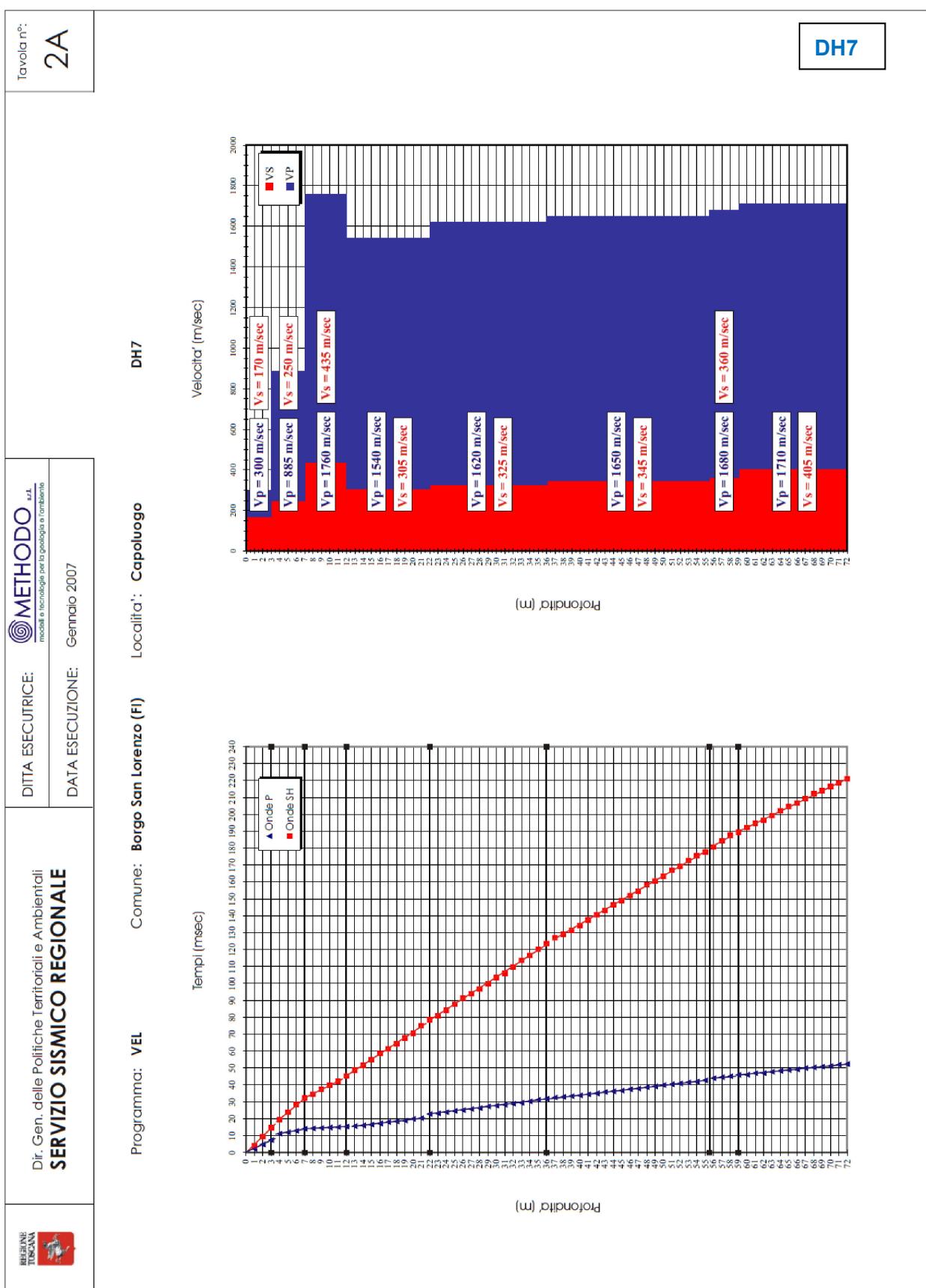
Nel foro del sondaggio S7 eseguito nell'ambito del programma VEL in area adiacente a quella di intervento, è stata eseguita una prova geofisica down hole (DH7) fino a 72 m di profondità dal p.c..

La prospezione ha consentito la caratterizzazione sismostratigrafica del substrato e la stima della velocità equivalente Vs,eq di propagazione delle onde di taglio.

SISMICA A RIFRAZIONE

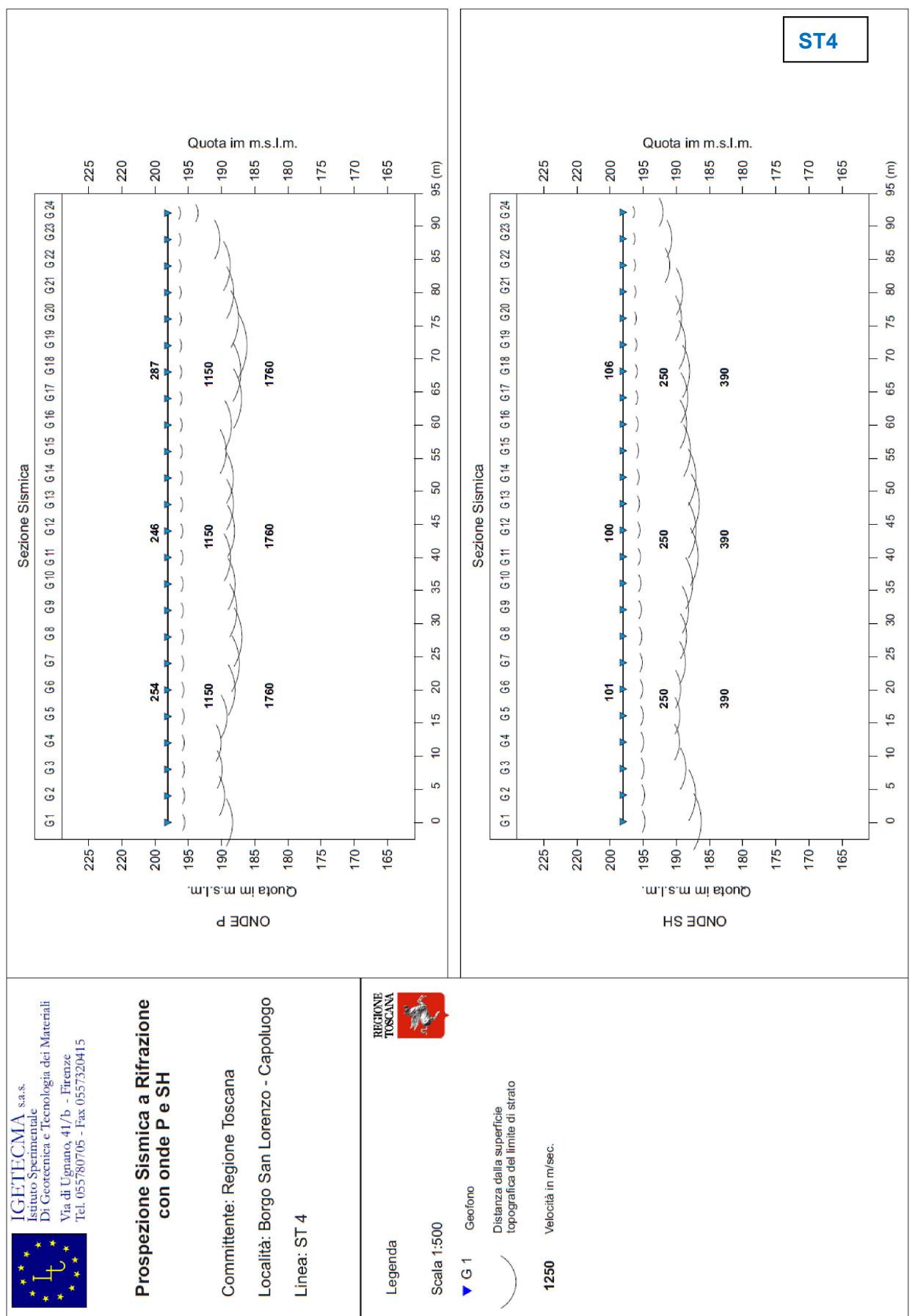
Nell'ambito del programma VEL, nell'area direttamente interessata dall'intervento, è stata eseguita un'indagine geofisica consistente in un profilo sismico a rifrazione (ST4) con registrazione di onde P e SH utilizzando 24 canali, per un totale di \approx 100 m di stendimento.

La prospezione ha consentito la caratterizzazione sismostratigrafica del substrato e la stima della velocità equivalente Vs,eq di propagazione delle onde di taglio.



RISULTATI PROSPEZIONE GEOFISICA "DOWN-HOLE" DH7 NEL FORO DEL SONDAGGIO S7

maggio 2019 L112R1	RELAZIONE GEOLOGICA	STUDI OBENCI
-----------------------	----------------------------	---------------------

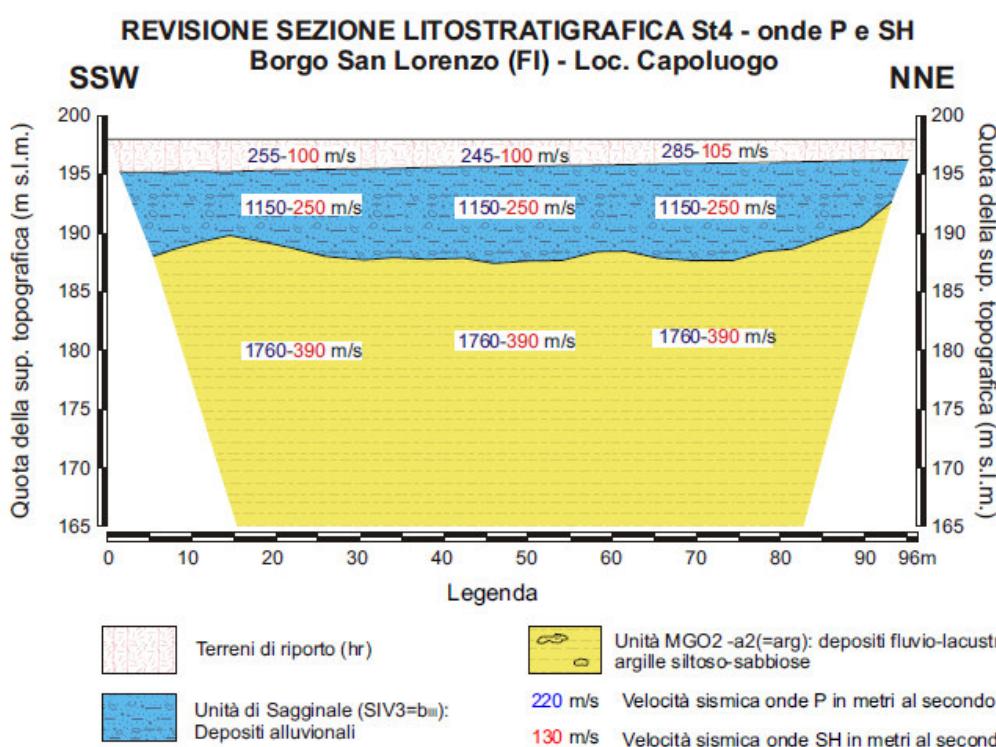
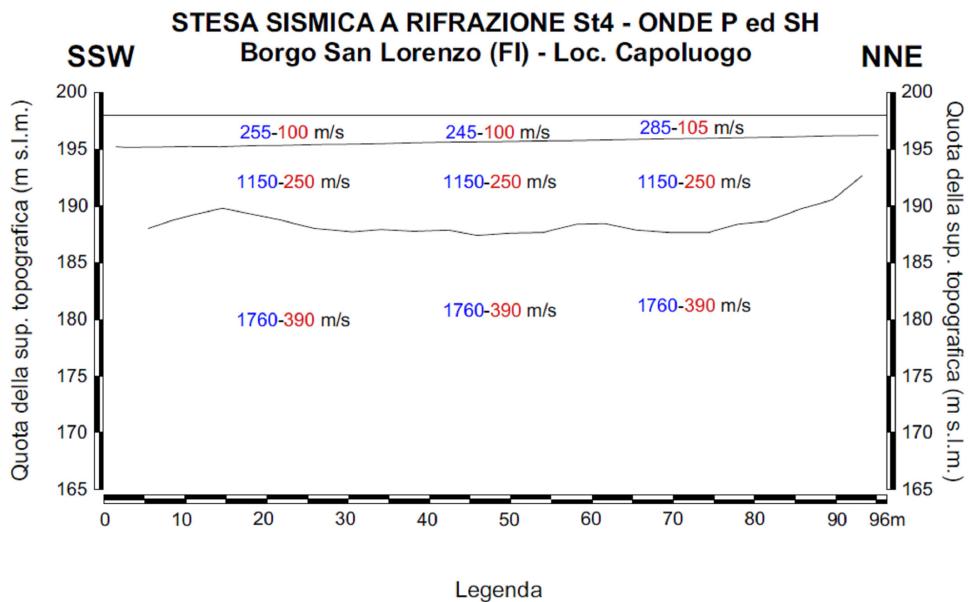


RISULTATI PROSPEZIONE GEOFISICA A RIFRAZIONE ONDE P - SH **ST4**



COMMITTENTE: Comune di Borgo San Lorenzo (FI)	DATA CONSEGNA: dicembre 2004	RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante-SSR (07/2008)
Ente Finanziatore: Regione Toscana	PROGRAMMA: VEL	REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla ditta
DITTA ESECUTRICE: IGETECMA s.a.s.		

ST4



RISULTATI PROSPEZIONE GEOFISICA A RIFRAZIONE ONDE P – SH ST4

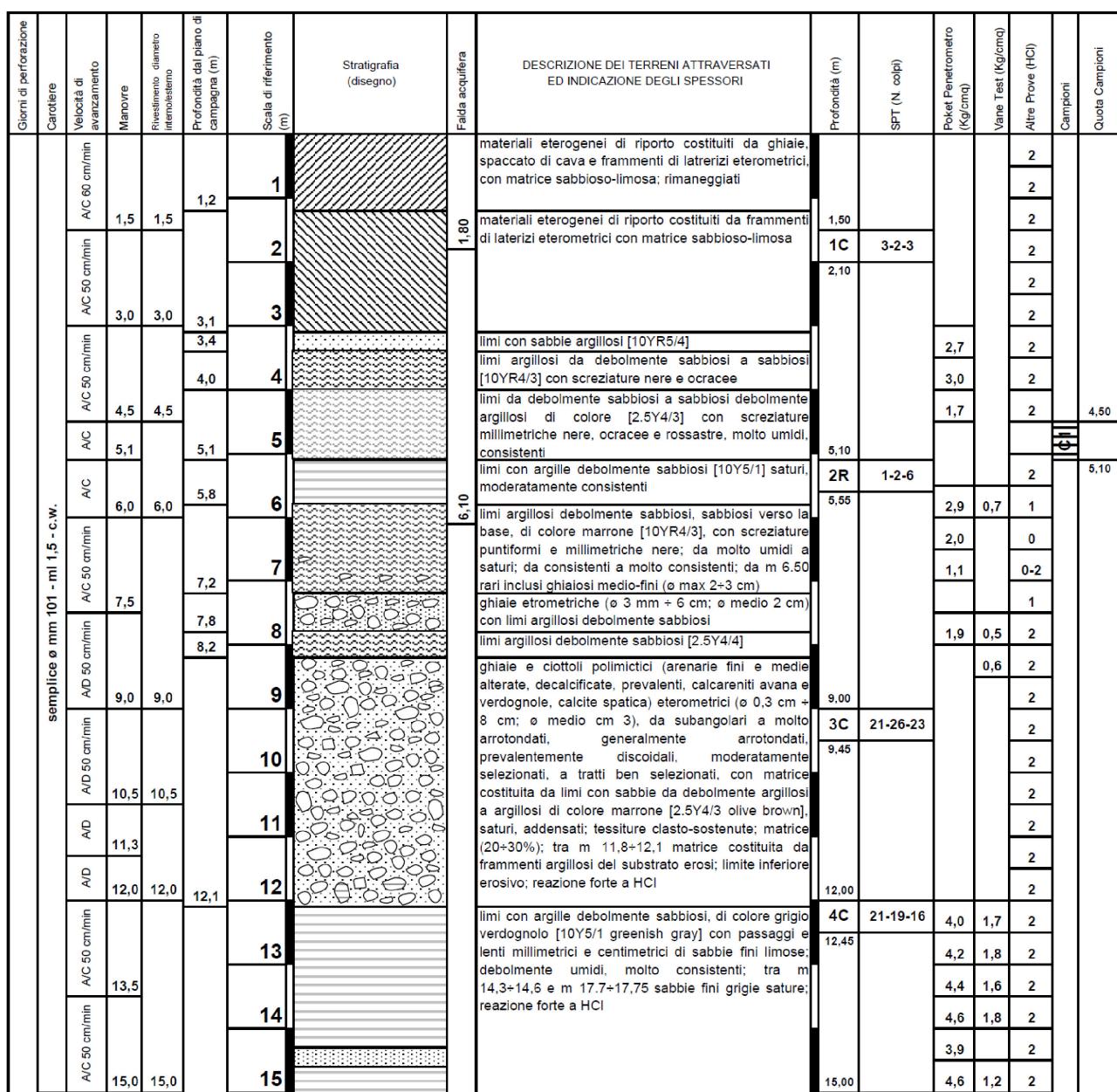
4.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

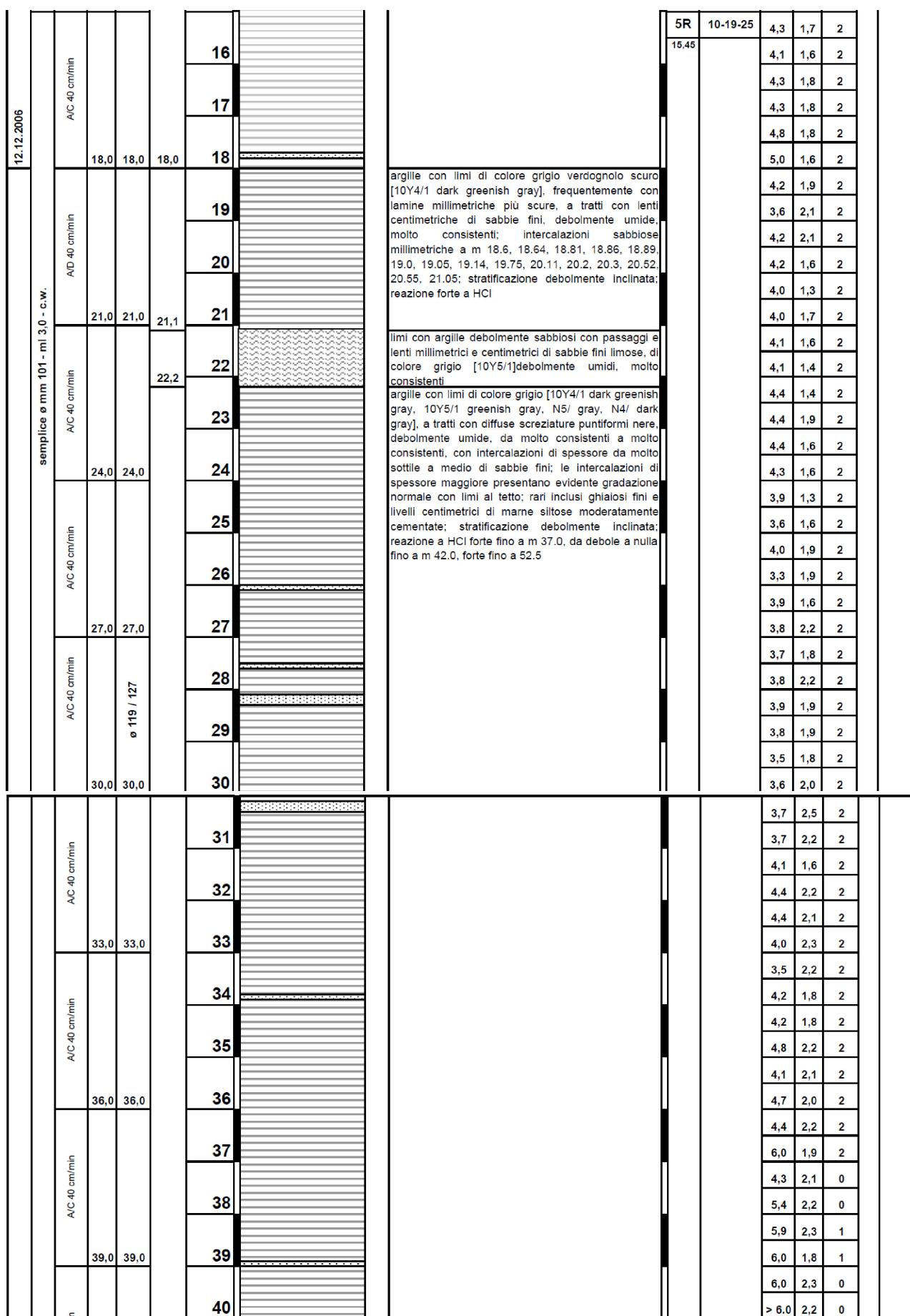
SONDAGGIO GEOGNOSTICO

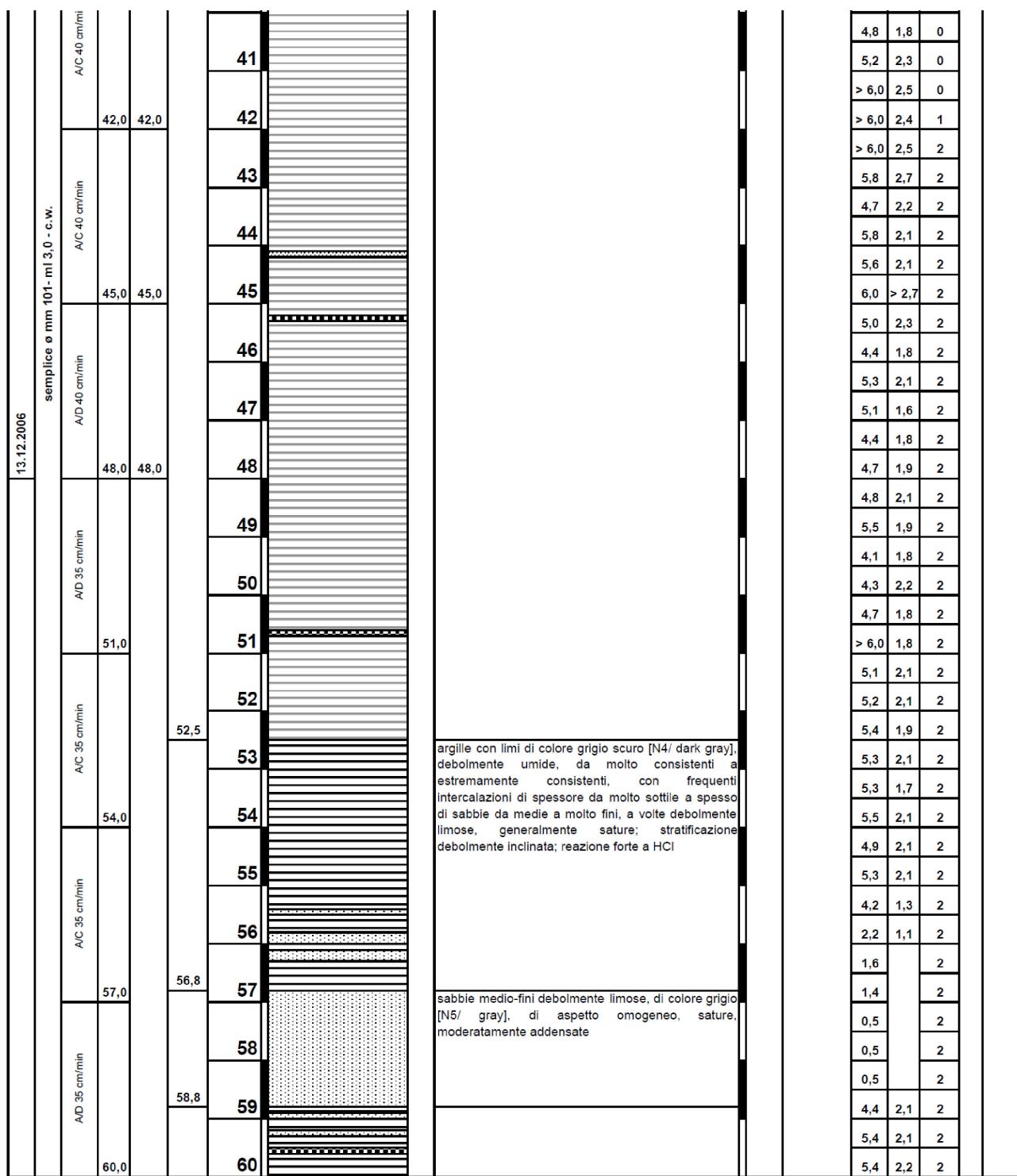
Nell'ambito del "Programma Valutazione Effetti Locali" (VEL), in un'area in prossimità (≈ 100 a NO) a quella direttamente interessata dall'intervento e caratterizzata dagli stessi contesti geologici-geomorfologici-geotecnici-geofisici, è stato eseguito un sondaggio geognostico a rotazione e carotaggio continuo (S7) spinto fino a profondità di 72 m dal p.c..

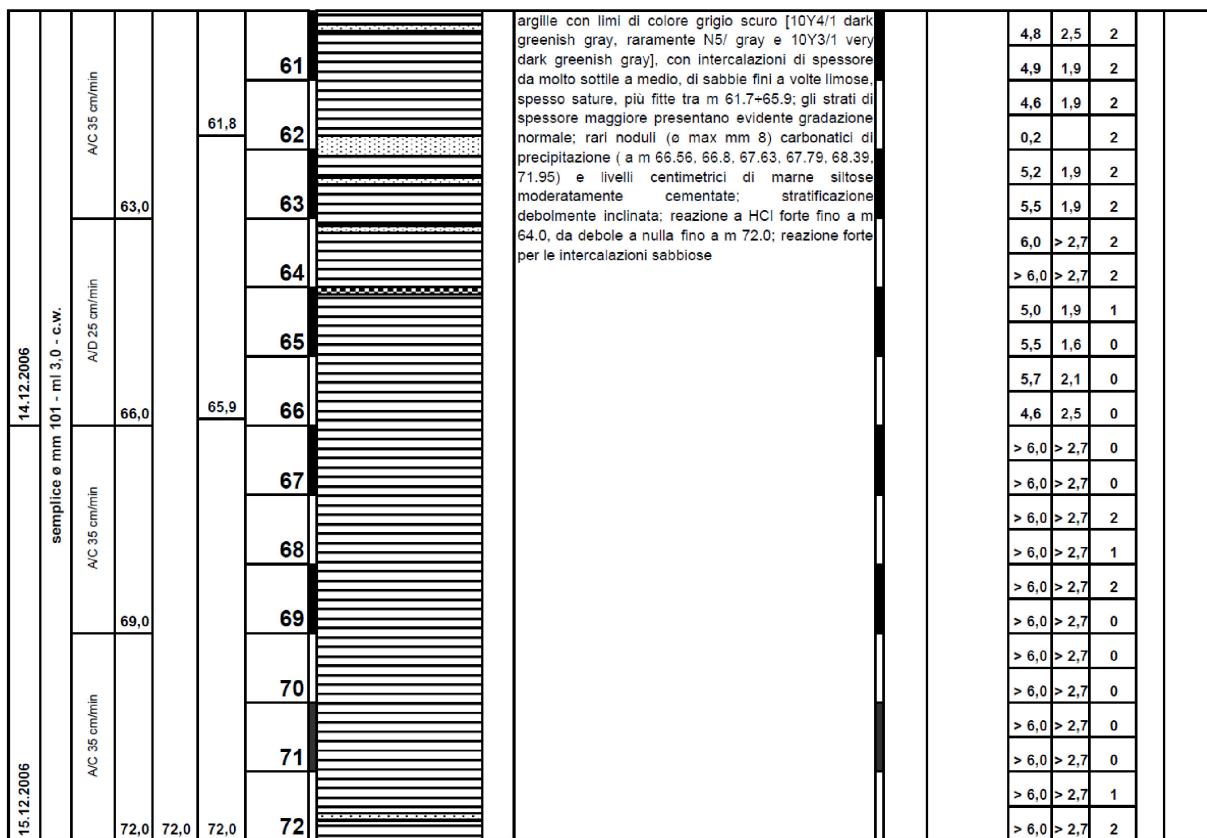
Si riportano i risultati principali del sondaggio S7.

REGIONE TOSCANA	L.R.56/97: PROGRAMMA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI LOCALI				S7	
	REGIONE TOSCANA - DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE					
	PROVINCIA DI: FIRENZE	COMUNE DI: BORGOSANLORENZO				
CANTIERE STRUTTURA POLIVALENTE "FORO BOARIO"	SONDAGGIO N. 87	GEOLOGO INCARICATO PER L'ASSISTENZA AL SONDAGGIO DOTT. GEOL. LUIGI PAOLI	GEOLOGO DELL'IMPRESA DOTT. GEOL. ANDREA CORRETINI	SONDATE-IMPRESA ESECUTRICE SIG. ANTONIO PATELLA - METHODOS S.R.L.		
QUOTA ASS. P.C. m 188.9 s.l.m.	COORDINATE X/Y 1691365 E / 48693343 N	TIPO DI SONDA (marca, modello, coppia motrice) ATLAS COPCO, MUSTANG 5-F4, 1300 kgm	TIPO DI FLUIDO acqua	STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA' tubo PVC mm 80/90 cementato per prova down-hole m 72,00 dal p.c.		
DATA INIZIO / FINE: 12.12.2006 / 19.12.2006	METODO DI PERFORAZIONE (asta o wireline) asta	CASSETTE CATALOGATRICI N.15	PROFONDITA' RAGGIUNTA m 72,00 dal p.c.			









RISULTATI SONDAGGIO GEOGNOSTICO S7

PROVE PENETROMETRICHE "SPT"

In avanzamento nel corso del sondaggio geognostico S7 sono state eseguite n. 5 prove tipo "SPT". La prova consiste nella determinazione della resistenza alla penetrazione, misurando il numero di colpi (NSPT) necessari a infiggere un campionatore per un tratto di 30 cm, dopo la penetrazione per un primo tratto di 15 cm. La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno. Il valore di NSPT può essere correlato empiricamente con le proprietà del terreno in sito.

sondaggio	prova	profondità dal p.c.	NSPT
S7	SPT1	1,50÷1,95 m	3/2/3
	SPT2	5,10÷5,55 m	1/2/6
	SPT3	9,00÷9,45 m	21/26/23
	SPT4	12,00÷12,45 m	21/19/16
	SPT5	15,00÷15,45 m	10/19/25

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ CON PIEZOCONO

Nell'area direttamente interessata dall'intervento, nell'ambito del programma VEL, è stata eseguita n. 1 prova penetrometrica statica con piezocono spinta fino a 21 m di profondità dal p.c..

La prova consiste nell'infiggere a pressione nel terreno una punta conica, strumentata elettricamente, misurando separatamente, ma con continuità, lo sforzo necessario per la penetrazione della punta e l'adesione terreno-acciaio di un manicotto posto sopra la punta.

Essendo la punta munita di setto poroso e relativo trasduttore (piezocono), è stata misurata anche la pressione nei pori corrispondente al livello idrostatico ed allo sforzo conseguente alla penetrazione nel terreno. I risultati della prova possono essere correlati empiricamente con le proprietà geotecniche del terreno.

PPS13

Committente: Comune di Borgo San Lorenzo

Cantiere: Borgo San Lorenzo

Data Prova: 09/03/07

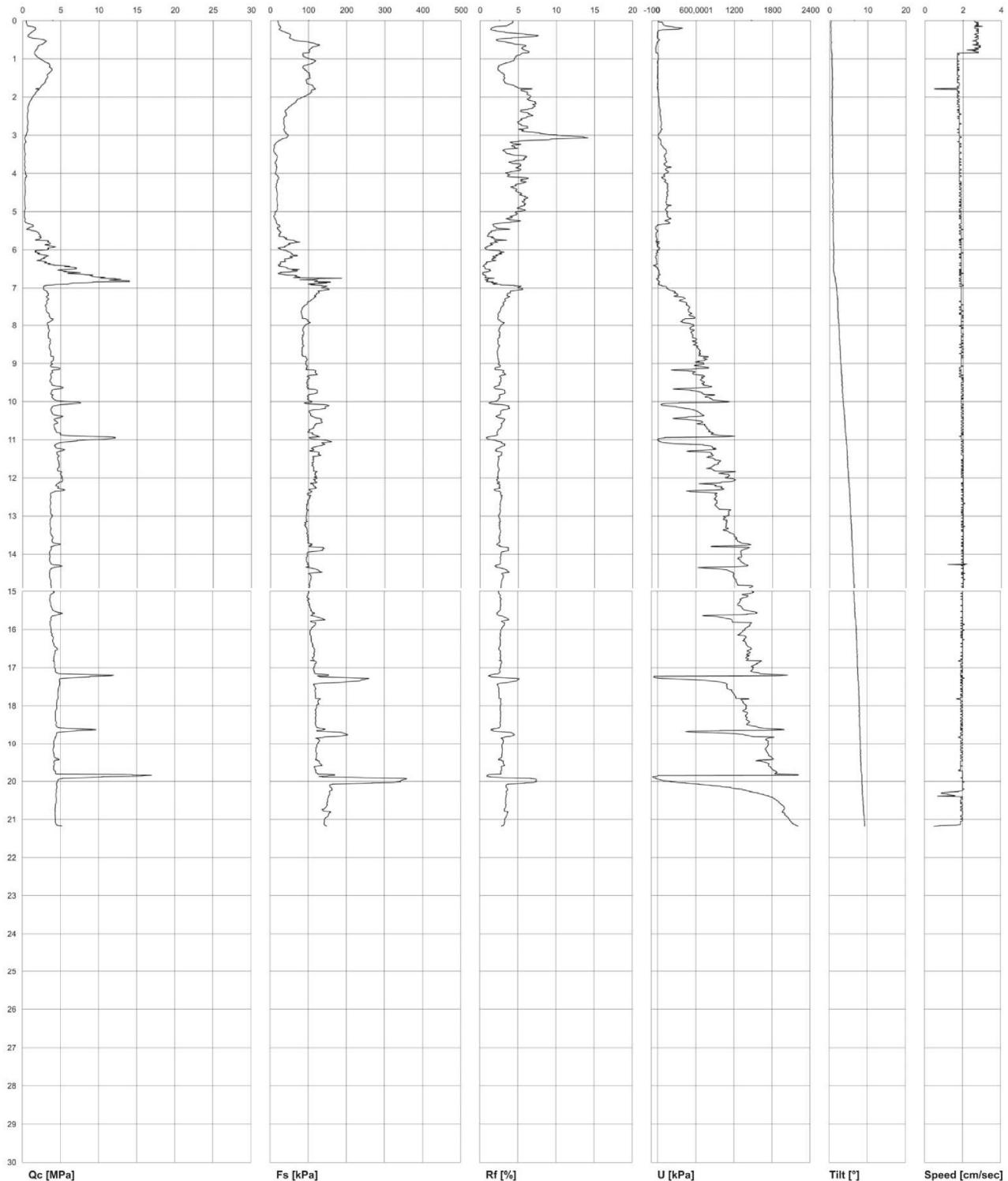
Certificato N°

PpS13



METHODO
modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente

Commessa n° 052 GPS-06



RISULTATI PROVA PENETROMETRICA STATICÀ CON PIEZOCONO PPS13

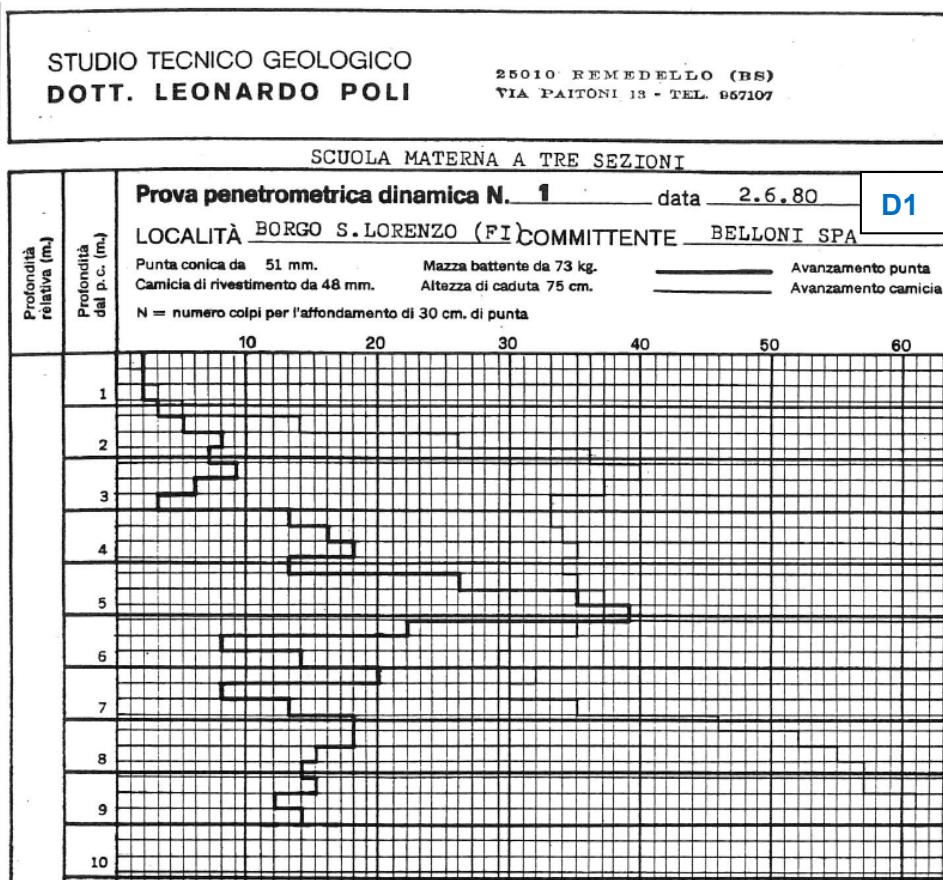
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

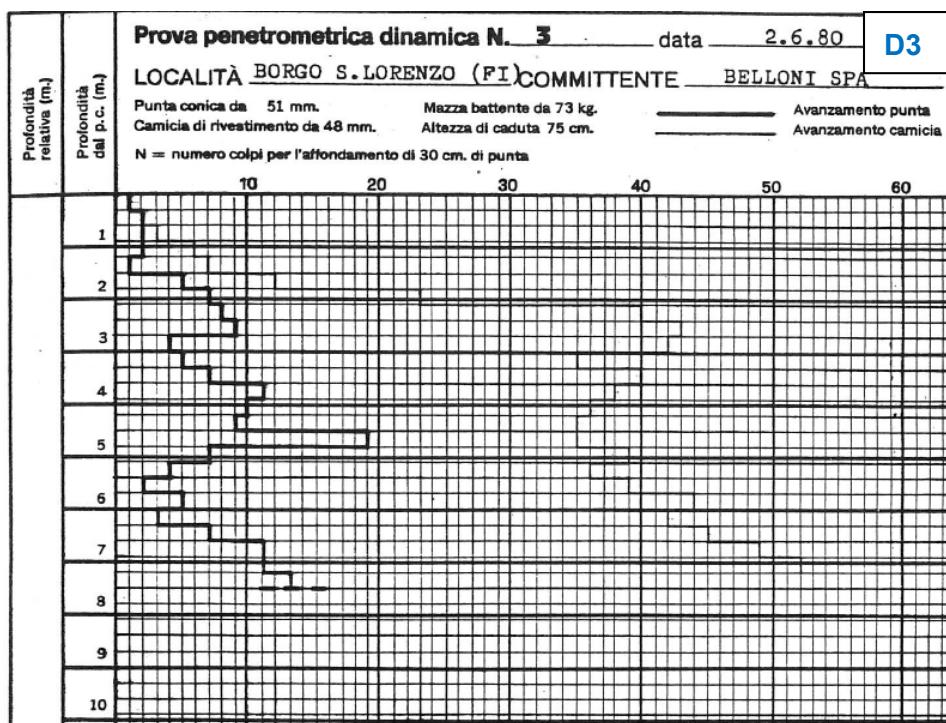
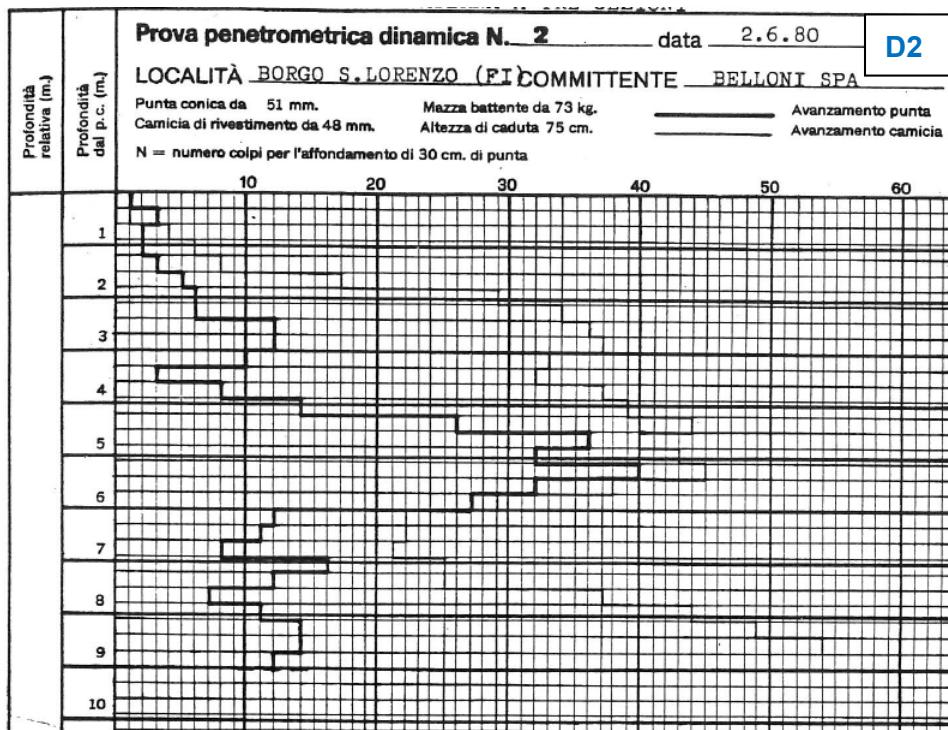
Nell'area direttamente interessata dall'intervento, nell'ambito del progetto di realizzazione dell'edificio scolastico sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche ad avanzamento dinamico (D1, D2, D3, D4) spinte fino a ≈9 m di profondità dal p.c..

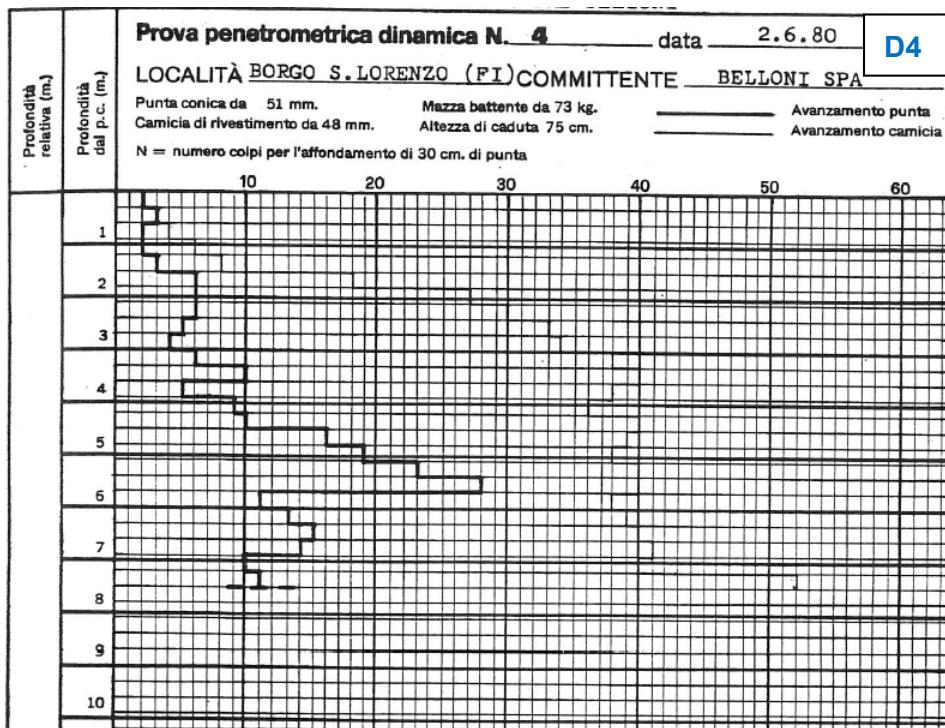
La prova consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica misurando il numero di colpi (N20) per la penetrazione di 20 cm indotta da una mazza battente di 73 kg.

La resistenza è funzione delle caratteristiche e del tipo di terreno e tale valore può essere correlato empiricamente con le proprietà geotecniche dei terreni indagati.

Si riportano i risultati delle prove penetrometriche.





**RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE D1, D2, D3, D4**LABORATORIO GEOTECNICO

In avanzamento nel corso del sondaggio geognostico S7 è stato prelevato un campione di terreno nell'intervallo di profondità 4,5÷5,1 dal p.c., sul quali sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio, quali:

- contenuto d'acqua
- peso di volume
- limiti di Atterberg
- peso specifico
- granulometria
- edometria
- taglio diretto
- colonna risonante.

Si riportano i risultati delle determinazioni.



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

Descrizione campione S7-SH1

Cantiere: Borgo San Lorenzo

Data 30/10/2007

Sondaggio	S7	Campione	SH1	Profondità: da	4.50 m	a:	5.10 m
Attrezzatura di sondaggio		<input type="checkbox"/> Rotazione φ		<input type="checkbox"/> Percussione φ		<input type="checkbox"/> Elica φ	
Attrezzatura di prelievo		<input type="checkbox"/> Parete sottile con pistone		<input checked="" type="checkbox"/> Parete sottile senza pistone		<input type="checkbox"/> Continua	
		<input type="checkbox"/> Parete spessa		<input type="checkbox"/> Carotiere rotativo		<input type="checkbox"/> Curetta/Cucchiaia	
Modalità di prelievo		<input type="checkbox"/> Percussione		<input type="checkbox"/> Pressione		<input checked="" type="checkbox"/> Shelby	
Contenitore del campione		<input checked="" type="checkbox"/> Inox o trattato		<input type="checkbox"/> Ferro		<input type="checkbox"/> P.V.C.	
		<input type="checkbox"/> Lamiera aperta		<input type="checkbox"/> Sacchetto		<input type="checkbox"/> Cassetta Cubica	
Dimensioni del campione	Cilindrico	<input type="checkbox"/> < 2"		<input checked="" type="checkbox"/> 3 ÷ 4"		<input type="checkbox"/> > 4"	
	Cubico	<input type="checkbox"/> < 20 cm		<input type="checkbox"/> 20 ÷ 40 cm		<input type="checkbox"/> > 40 cm	
Condizioni del materiale estruso dal campionatore		<input checked="" type="checkbox"/> Buone		<input type="checkbox"/> Mediocri		<input type="checkbox"/> Cattive	
		<input type="checkbox"/> Rammollito		<input type="checkbox"/> Strati piegati		<input type="checkbox"/> Rimescolato	

Aspetto del campione

Sabbia, limo, argilla di colore nocciola. Fratture 38, e 41 cm.

Lunghezza del campione: 50 cm.

Schizzo	Consistenza kg/cm ²		Prove previste
	Scissometro	Penetrometro	
10		1.9 3.4	
20		2.9 4.9	CR TTC
30		3.0 2.6	ED TD
40		2.5 1.9	TD TD
50		2.0 1.3	
60			
70			
80			
cm			



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

Classificazione campione S7-SH1

Foto	Cantiere:	Borgo San Lorenzo	Data:	30/10/2007			
Sondaggio	S7	Campione	SH1	Profondità: da	4.50 m	a:	5.10 m



W_N [%]	γ_d [kN/m ³]	γ [kN/m ³]	G_S [-]	e_o [-]	W_L [%]	W_P [%]	P.I. [%]
29.24	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	2.743	- ⁽¹⁾	34.06	21.73	12.33

Legenda:

- W_N Contenuto d'acqua naturale
- γ Peso di volume naturale
- γ_d Peso di volume secco
- G_S Peso specifico
- e_o Indice dei vuoti iniziale
- W_L Limite liquido
- W_P Limite plastico
- P.I. Indice di plasticità

NOTE: ⁽¹⁾ I dati sono forniti con le varie prove



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

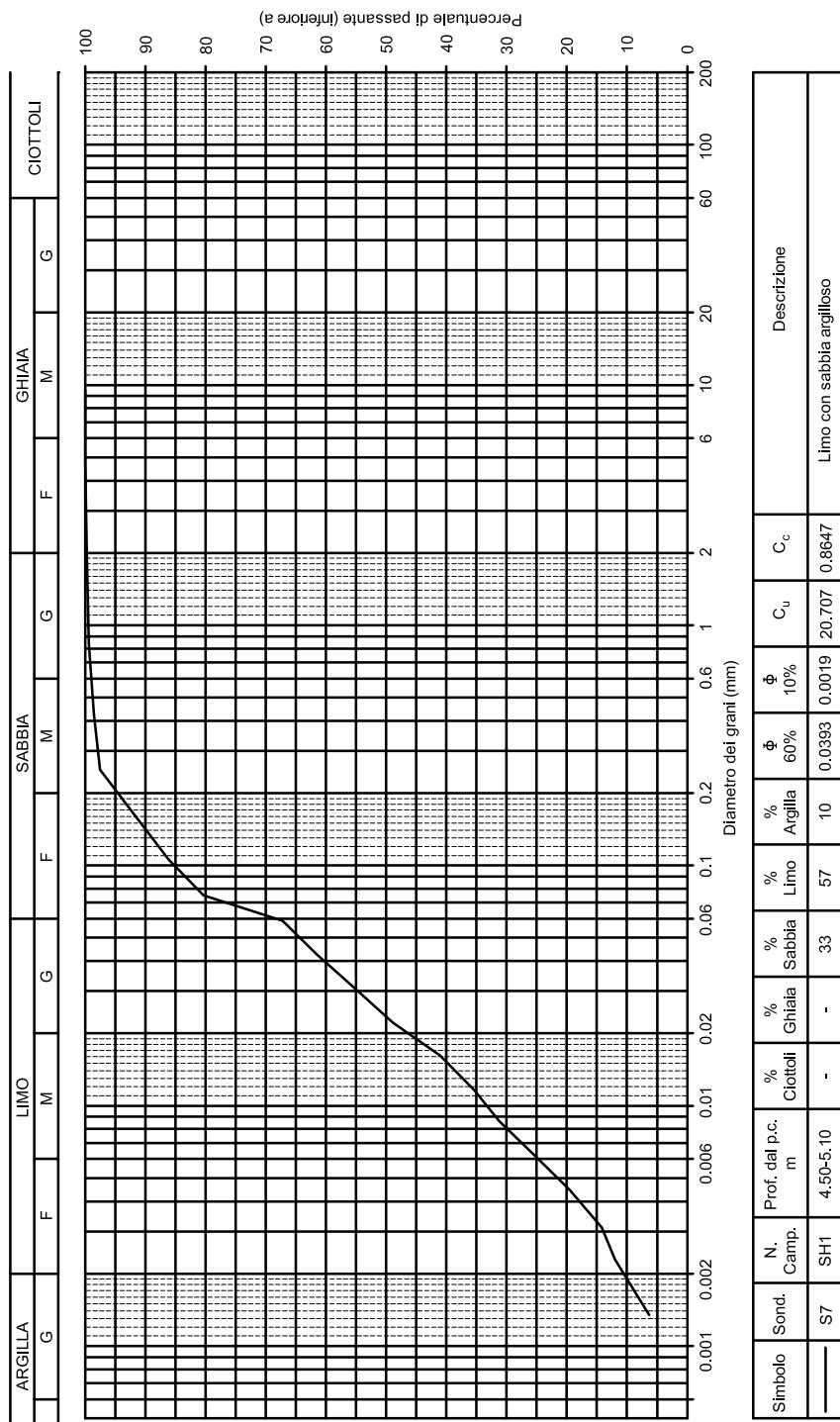
Granulometria S7-SH1

Granulometria

Cantiere: Borgo San Lorenzo

Data: 12/11/2007

Sondaggio	S7	Campione	SH1	Profondità: da	4.50 m	a:	5.10 m
-----------	----	----------	-----	----------------	--------	----	--------





POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

Taglio BSL_TD_01 (S7-SH1)

**Prova di Taglio
Diretto**

Cantiere: Borgo San Lorenzo

Data: 08/11/2007

Sondaggio	S7	Campione	SH1	Profondità: da	4.50 m	a:	5.10 m
-----------	----	----------	-----	----------------	--------	----	--------

Velocità di prova: 0.0578 [mm/min]

Provino	n°	1	2	3
σ_v consolidazione	kPa	50.0	87.0	150.0
altezza	mm	30	30	20
diametro	mm	50	60	63.5
ΔH fine consolidazione	mm	0.138	0.228	0.415
ΔH finale complessivo	mm	1.149	2.161	1.924
γ peso di volume iniziale	kN/m ³	18.14	18.95	18.72
W_{in} contenuto d'acqua iniziale	%	26.8	27.9	26.1
γ_f peso di volume finale	kN/m ³	18.19	18.93	18.71
W_f contenuto d'acqua finale	%	29.7	29.2	27.3
Gs peso specifico	-	2.743	2.743	2.743
S grado di saturazione iniziale	%	83.4	93.8	88.1
e_0 indice dei vuoti iniziale	-	0.880	0.816	0.812
τ_f resistenza a rottura	kPa	53.3	83.7	105.3
S_f spostamento a rottura	mm	2.42	8.98	3.16
τ_r resistenza residua	kPa	45.4	52.0	85.8



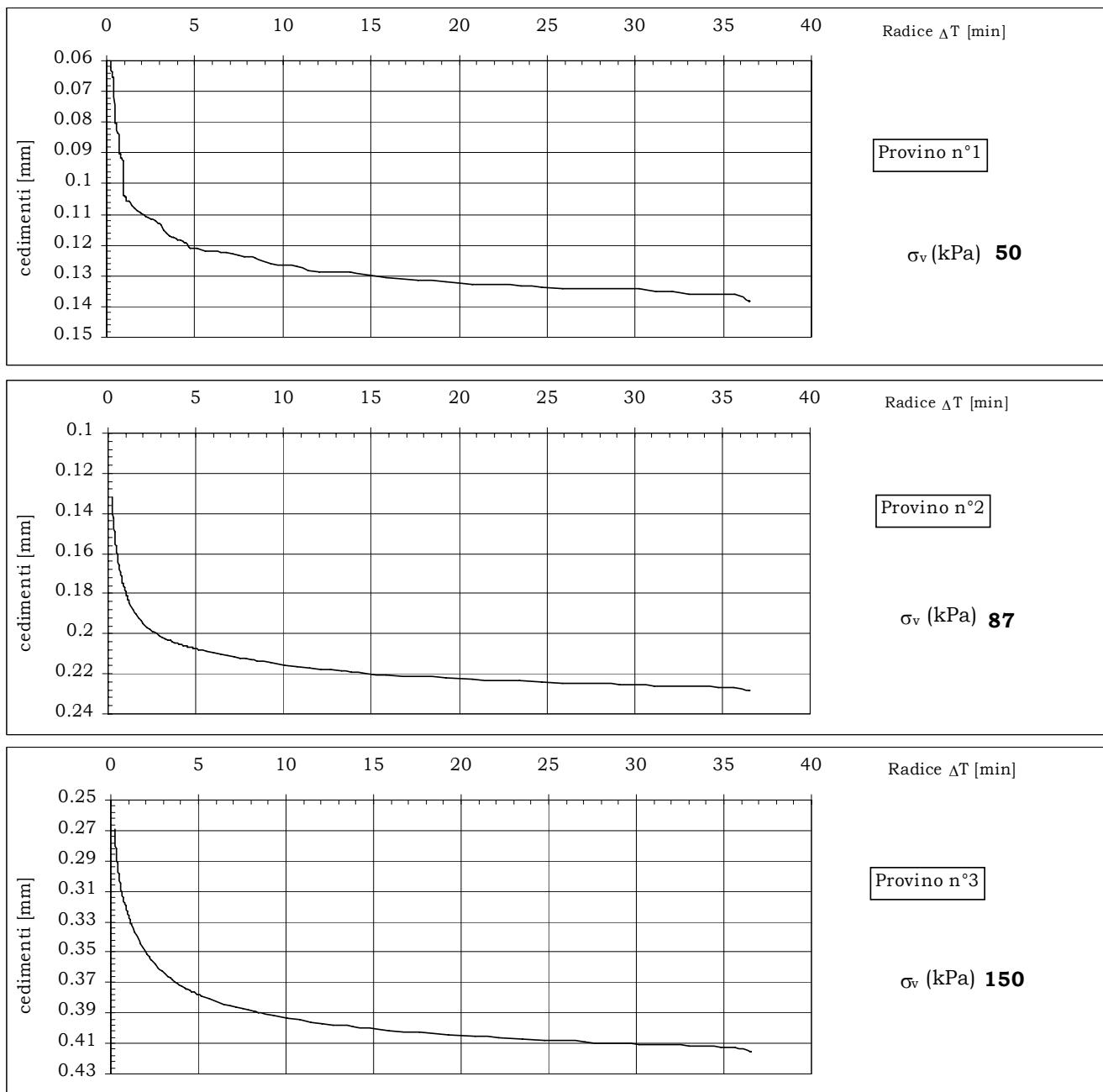
POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

Diagramma cedimenti vs. tempo





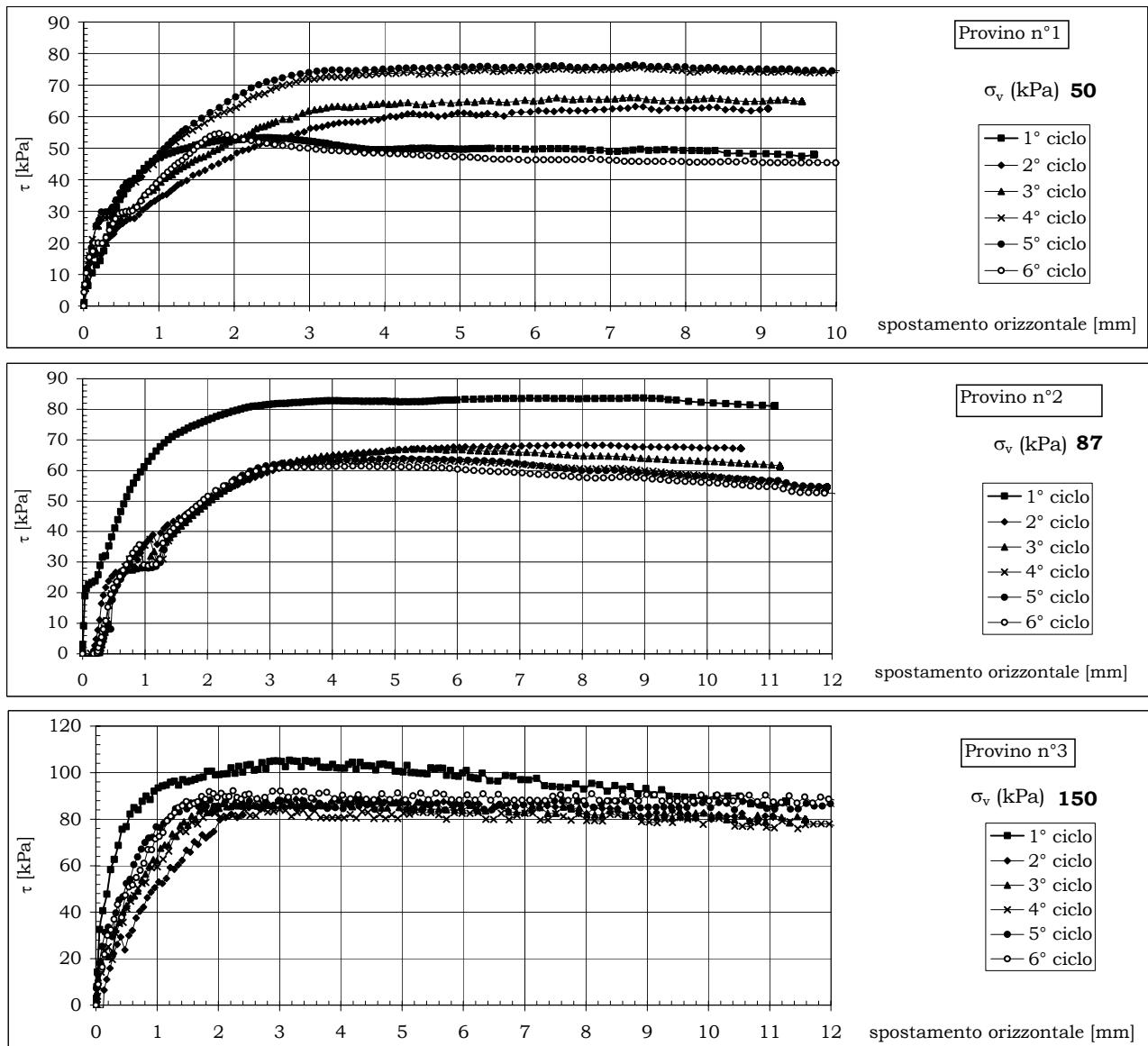
POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

Diagramma tensioni vs. spostamenti





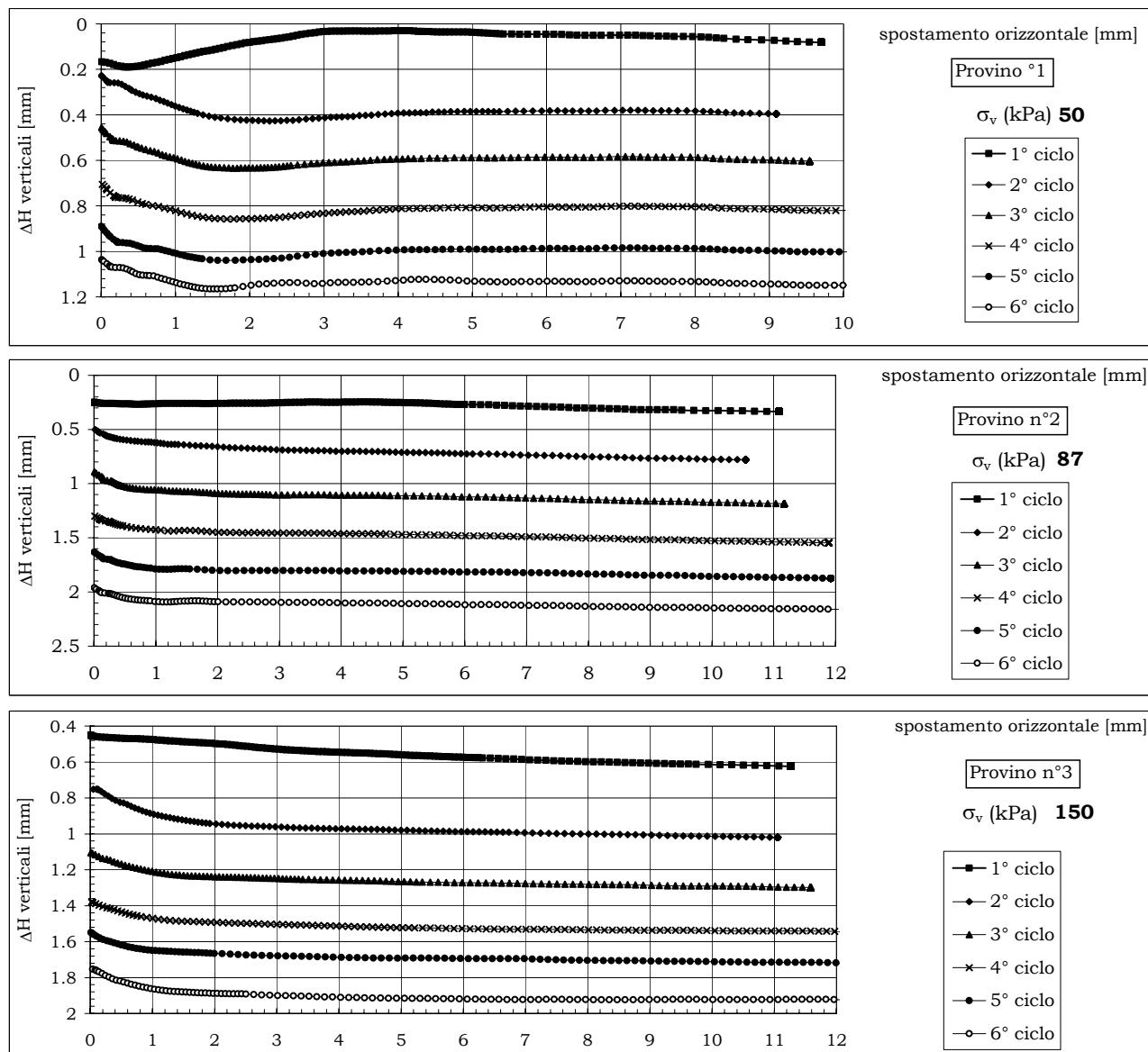
POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

Diagramma ΔH vs. spostamenti





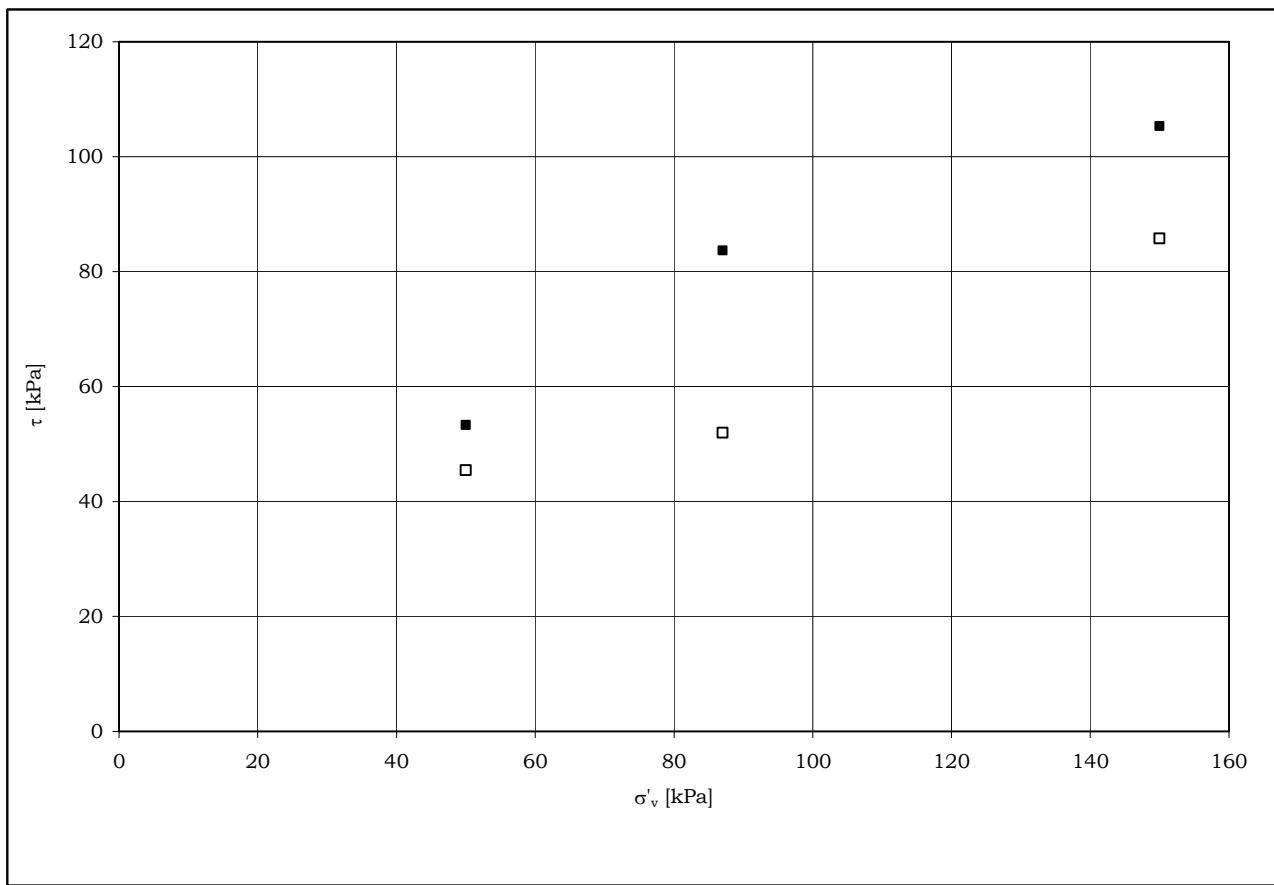
POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

DIAGRAMMA RIASSUNTIVO



Valori di picco ■

σ'_{v} kPa	τ kPa
50	53.33
87	83.69
150	105.33

Valori residui □

Provino n°	σ'_{v} kPa	τ kPa
1	50	45.44
2	87	51.98
3	150	85.76



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

Edometro IL BSL_ED_01 (S7-SH1)

**Prova
Edometrica**

Cantiere: Borgo San Lorenzo

Data: 29/01/2008

Sondaggio	S7	Campione	SH1	Profondità: da	4.50 m	a:	5.10 m
-----------	----	----------	-----	----------------	--------	----	--------

peso umido iniziale	g	75.27
peso umido finale	g	76.83
peso secco finale	g	64.01
altezza iniziale	mm	20
altezza finale	mm	17.597
diametro	mm	50.47
Gs peso specifico	-	2.788

e_0 indice dei vuoti iniziale	-	0.743
S grado di saturazione iniziale	%	66.01
γ peso di volume iniziale	KN/m ³	18.45
W_n contenuto d'acqua iniziale	%	17.58
γ_f peso di volume finale	KN/m ³	21.40
W_f contenuto d'acqua finale	%	20.02
γ_d peso di volume secco	KN/m ³	14.54

TAYLOR					
σ'_v	$\Delta H/H$	e	M	C_v	k
"kPa"	" - "	" - "	"MPa"	"m ² /s"	"m/s"
12.5	0.0005	0.742	-	-	-
25	0.0006	0.742	83.3	-	-
50	0.0011	0.741	48.5	-	-
100	0.0034	0.737	21.5	-	-
200	0.0084	0.728	20.0	-	-
400	0.0184	0.710	20.0	2.104E-06	1.031E-09
800	0.0432	0.667	16.1	1.468E-06	8.93E-10
1600	0.0843	0.596	19.5	1.286E-06	6.468E-10
3200	0.1347	0.508	31.7	8.500E-07	2.626E-10
6400	0.1852	0.420	63.4	1.203E-06	1.861E-10
1600	0.1735	0.440	-	-	-
400	0.1574	0.468	-	-	-
100	0.1381	0.502	-	-	-
25	0.1201	0.533	-	-	-

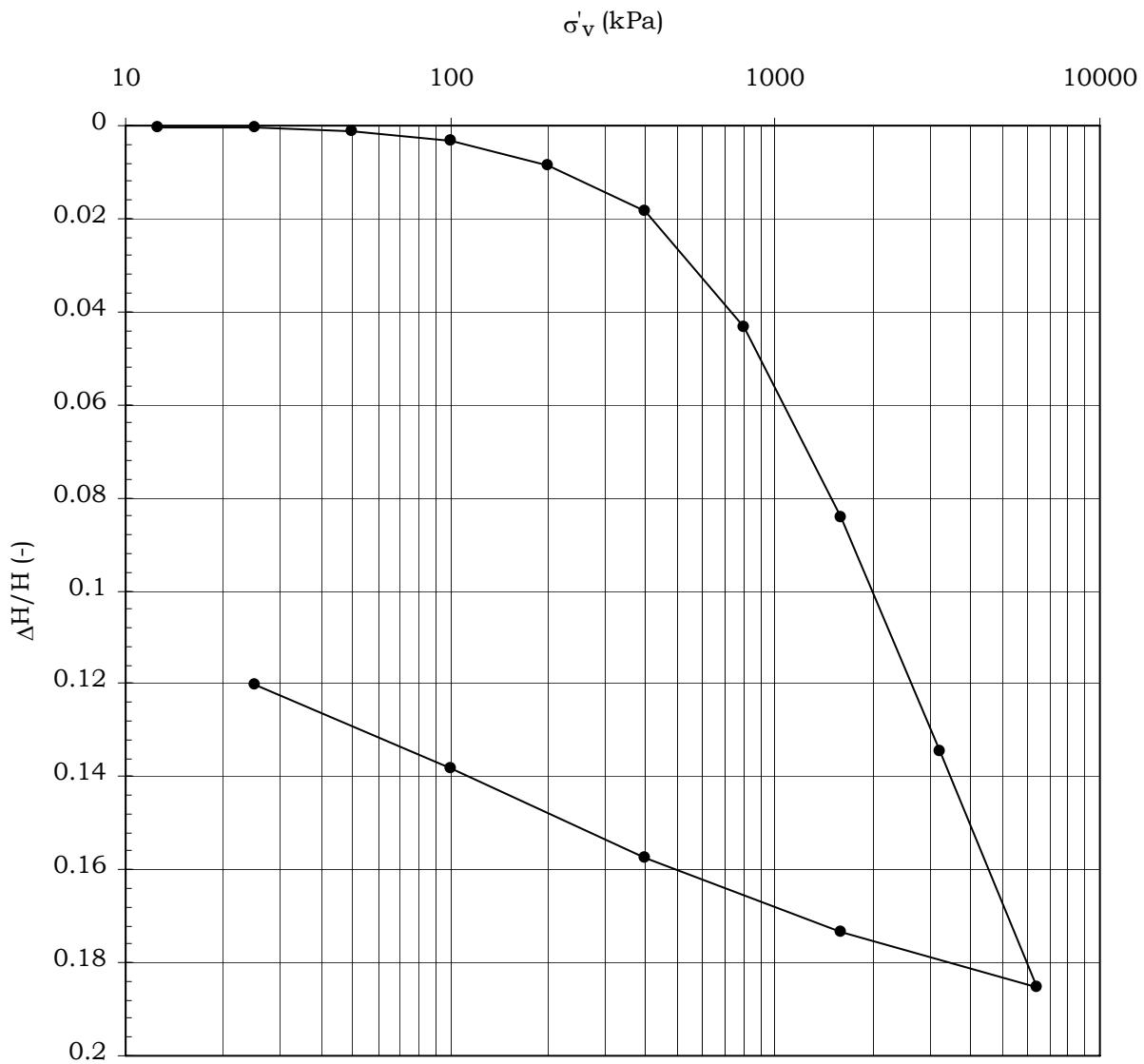


POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899



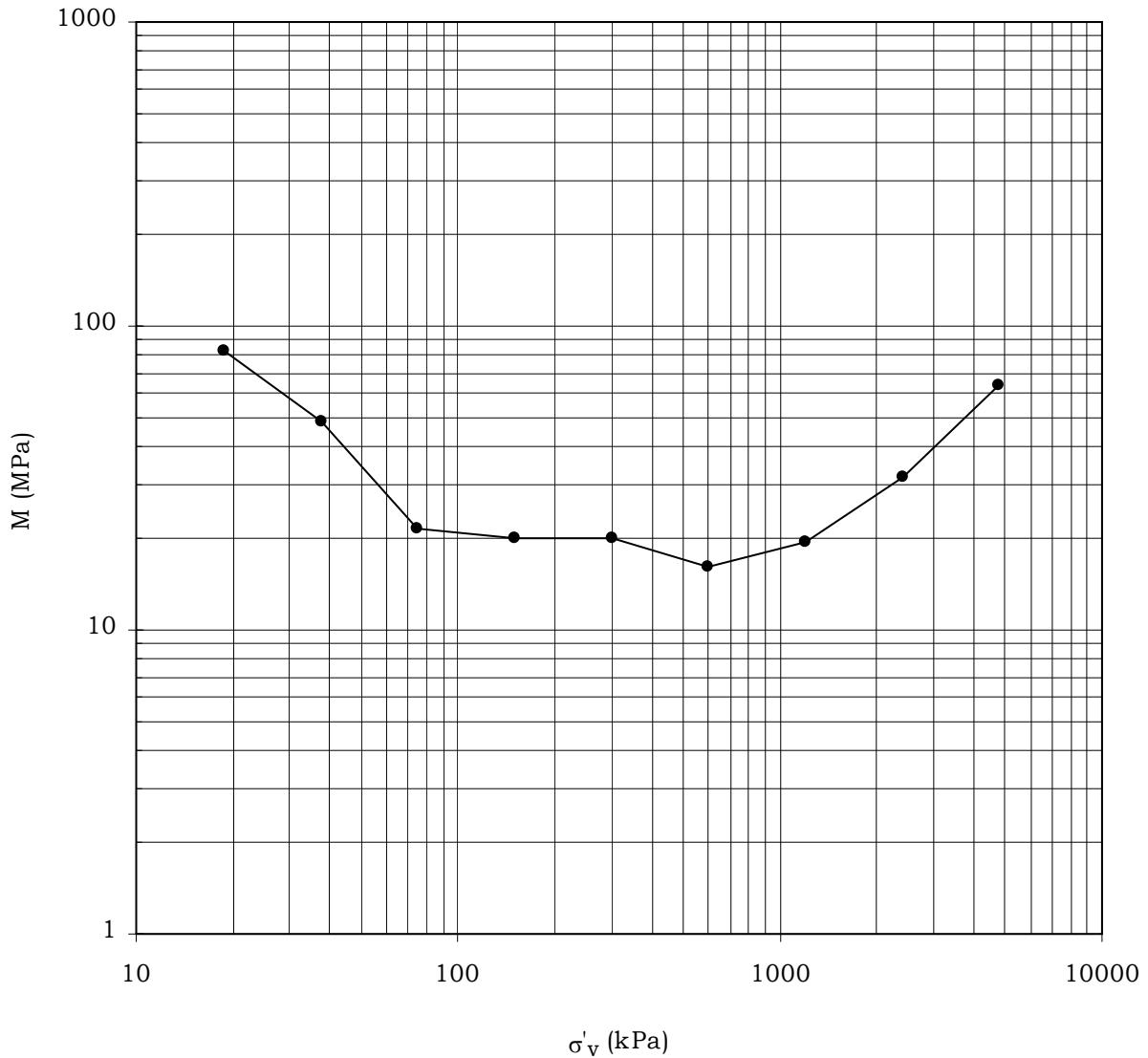


POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899



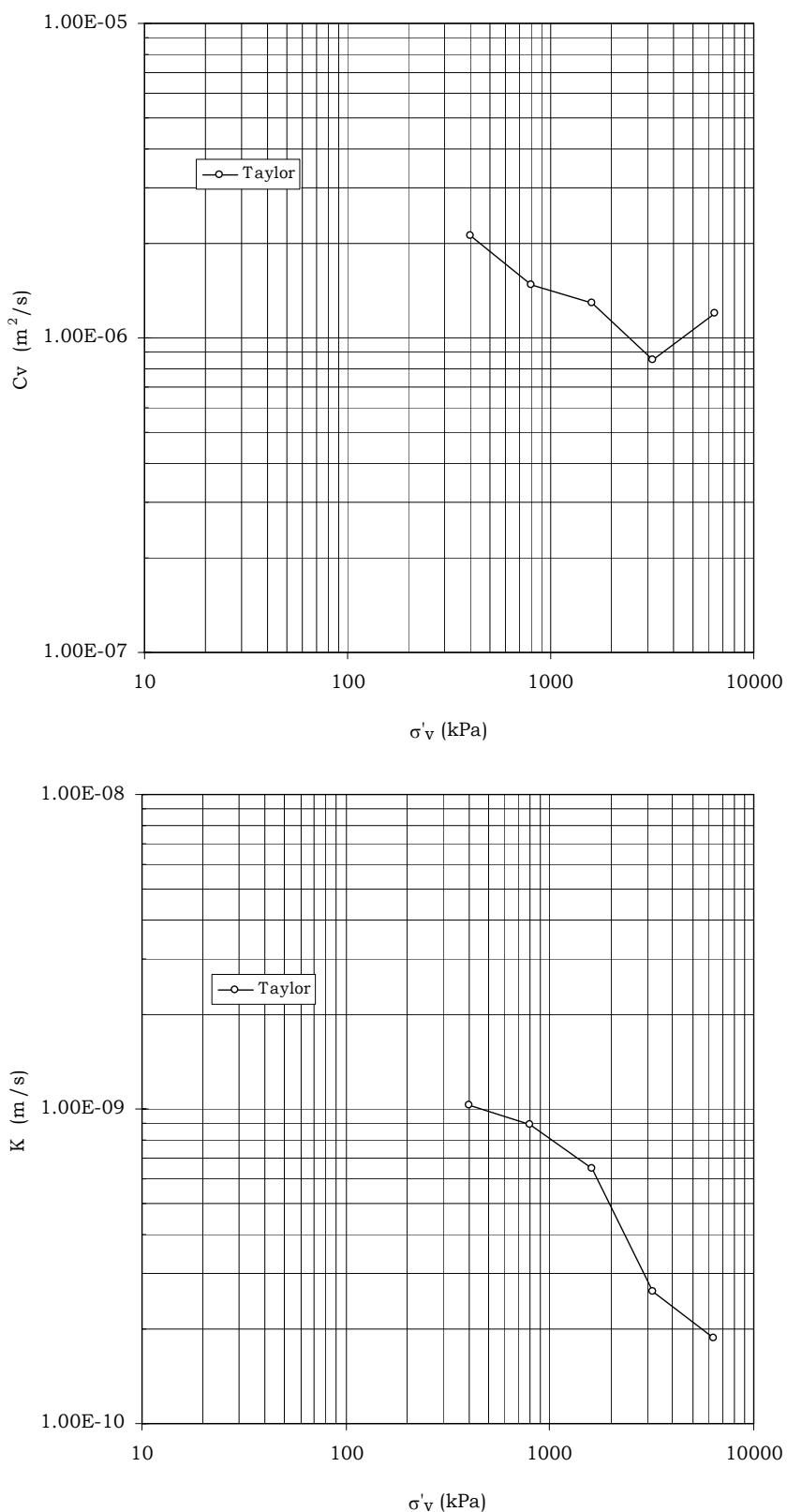


POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899





POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

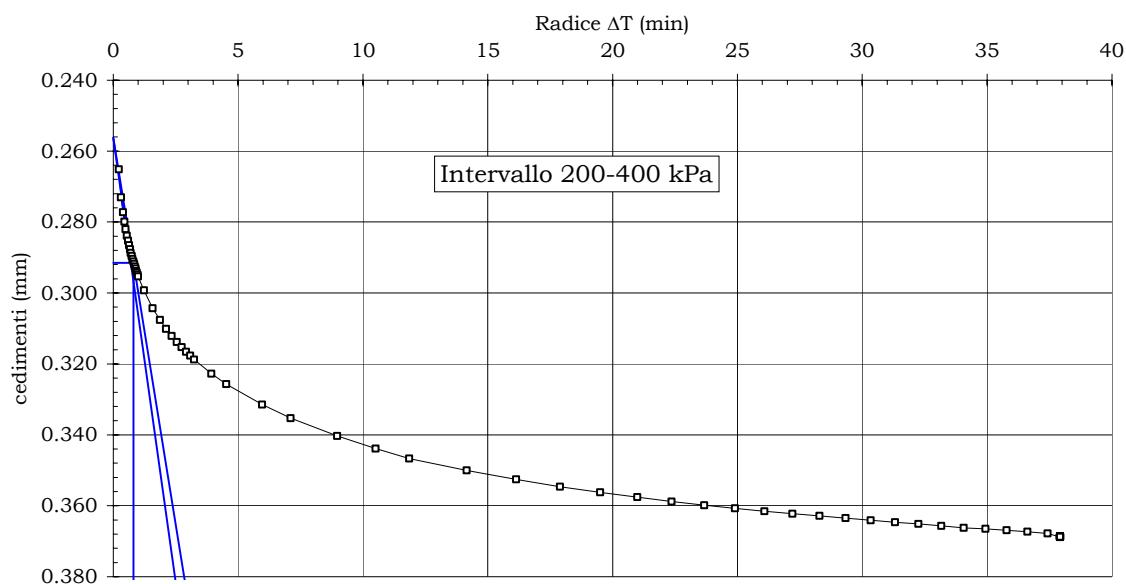
CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

σ'_v : 400 kPa C_v : 2.10E-06 m²/s

assestamento finale:	0.369 mm	$e_{iniziale}$:	0.720
d_0 :	0.256 mm	e_{finale} :	0.710
t_{90} :	0.653 min	e_{100} :	0.717
d_{100} :	0.295 mm	M:	20.02 MPa
t_{50} :	0.152 min	k:	1.03E-09 m/s
d_{50} :	0.276 mm		

ΔT	cedimenti verticali	Radice ΔT
"min"	"mm"	"min"
valori finali:	1438	0.369
		37.9





POLITECNICO DI TORINO

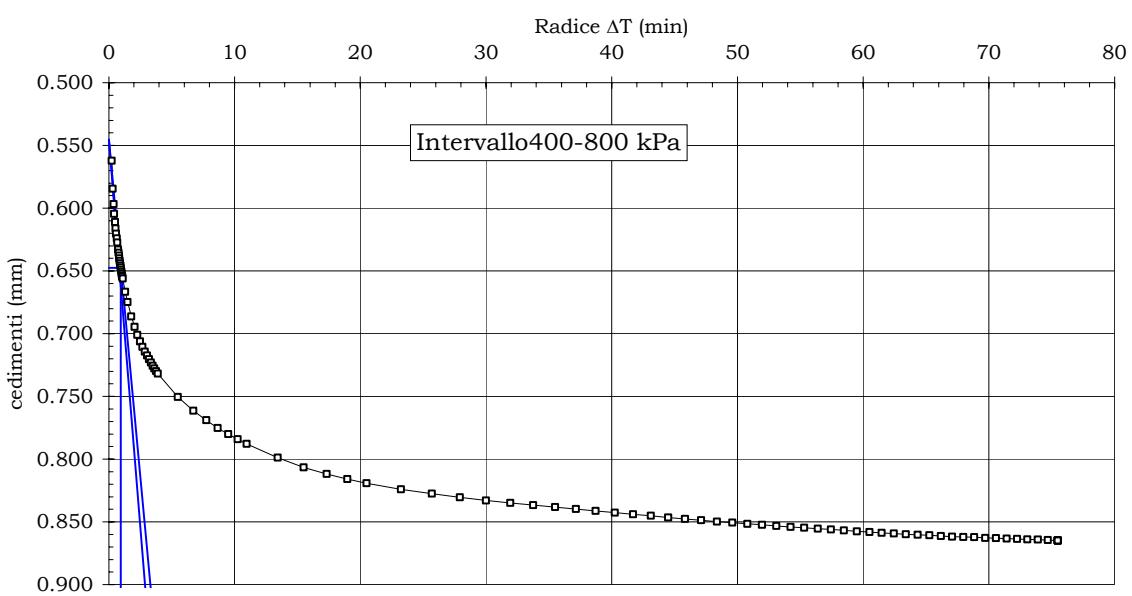
DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

σ'_v :	800 kPa	C_v :	1.47E-06 m ² /s
assestamento finale:	0.865 mm	$e_{iniziale}$:	0.695
d_0 :	0.545 mm	e_{finale} :	0.667
t_{90} :	0.905 min	e_{100} :	0.685
d_{100} :	0.659 mm	M:	16.12 MPa
t_{50} :	0.211 min	k:	8.93E-10 m/s
d_{50} :	0.602 mm		

ΔT cedimenti Radice
verticali ΔT
"min" "mm" "min"
valori finali: 5699 0.865 75.5





POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

$$\sigma'_v: \quad 1600 \text{ kPa} \quad C_v: 1.29E-06 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{assestamento finale: } 1.685 \text{ mm} \quad e_{\text{iniziale}}: 0.649$$

$$d_0: \quad 1.077 \text{ mm} \quad e_{\text{finale}}: 0.596$$

$$t_{90}: \quad 0.968 \text{ min} \quad e_{100}: 0.622$$

$$d_{100}: \quad 1.379 \text{ mm} \quad M: 19.50 \text{ MPa}$$

$$t_{50}: \quad 0.226 \text{ min} \quad k: 6.47E-10 \text{ m/s}$$

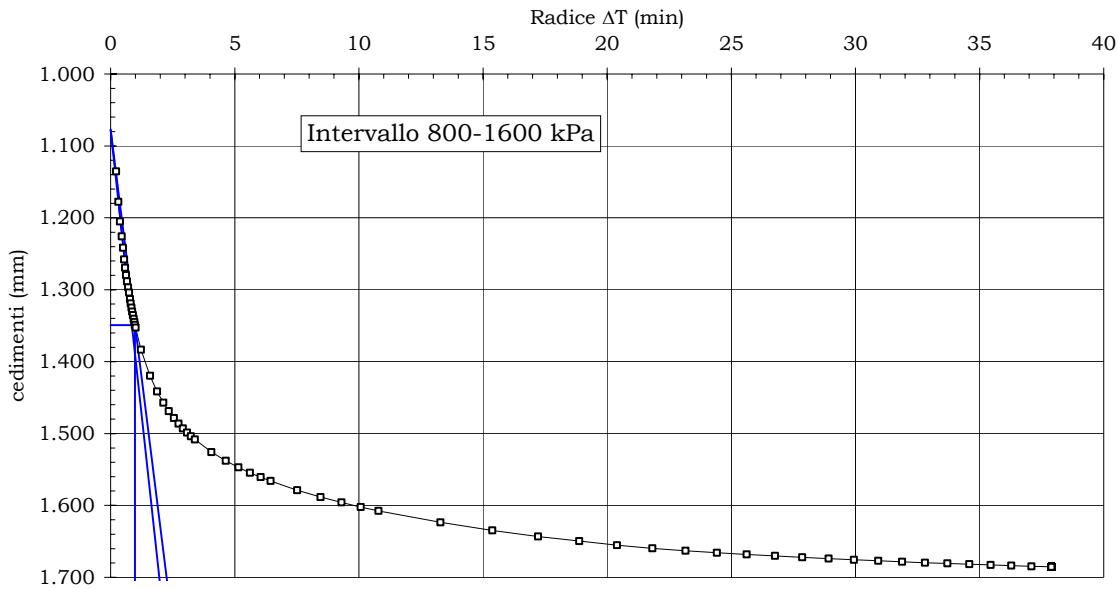
$$d_{50}: \quad 1.228 \text{ mm}$$

ΔT cedimenti Radice

verticali ΔT

"min" "mm" "min"

valori finali: 1436 1.685 37.9





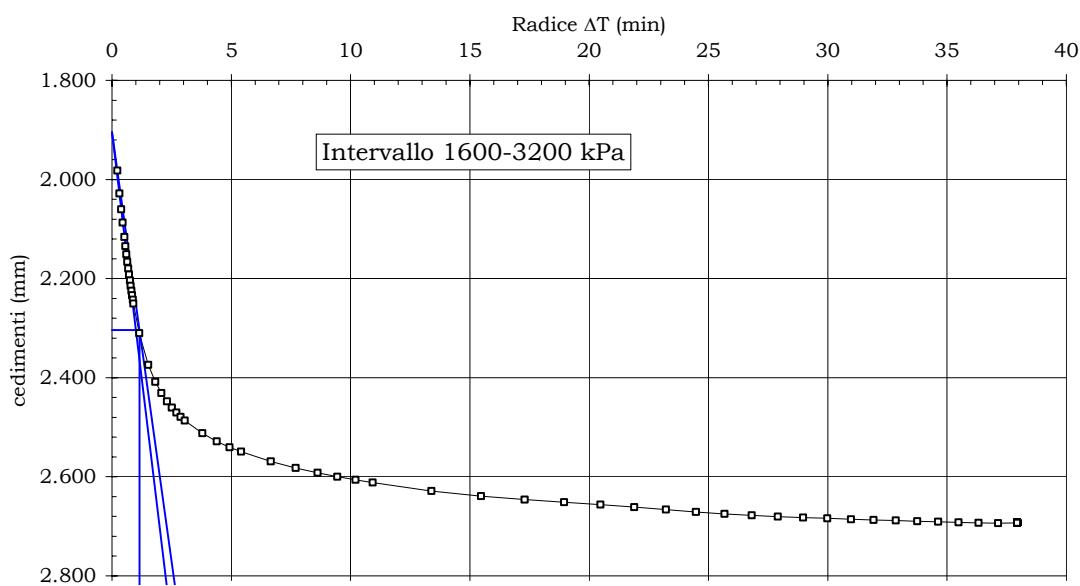
POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO
TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

σ'_v :	3200 kPa	C_v :	8.50E-07 m ² /s
assestamento finale:	2.693 mm	$e_{iniziale}$:	0.577
d_0 :	1.904 mm	e_{finale} :	0.508
t_{90} :	1.328 min	e_{100} :	0.538
d_{100} :	2.348 mm	M:	31.74 MPa
t_{50} :	0.310 min	k:	2.63E-10 m/s
d_{50} :	2.126 mm		

ΔT cedimenti Radice
verticali ΔT
"min" "mm" "min"
valori finali: 1439 2.693 37.9





POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644804 - FAX +39 011 5644899

$$\sigma'_v: \quad 6400 \text{ kPa} \quad C_v: 1.20E-06 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{assestamento finale: } 3.703 \text{ mm} \quad e_{\text{iniziale}}: 0.509$$

$$d_0: \quad 2.676 \text{ mm} \quad e_{\text{finale}}: 0.420$$

$$t_{90}: \quad 0.852 \text{ min} \quad e_{100}: 0.458$$

$$d_{100}: \quad 3.266 \text{ mm} \quad M: 63.38 \text{ MPa}$$

$$t_{50}: \quad 0.199 \text{ min} \quad k: 1.86E-10 \text{ m/s}$$

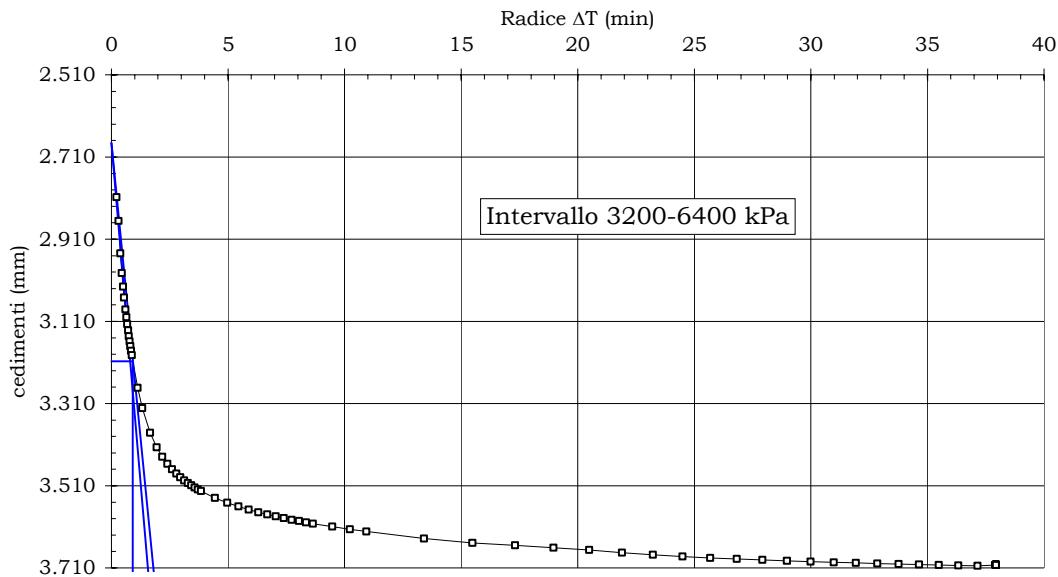
$$d_{50}: \quad 2.971 \text{ mm}$$

ΔT cedimenti Radice

verticali ΔT

"min" "mm" "min"

valori finali: 1440 3.703 37.94





POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

Prova di Colonna Risonante BS_L CR_01

RESONANT COLUMN

Experimentalist: Pallara/Bianchi

Name:	BSL_CR_01	Date:	26 April 2009
Site:	B.go S. Lorenzo	Sample:	S7 - SH1

W	375.20	g	W _{end test}	373.40	g	W _s	295.50	g
γ	18.74	kN/m ³				γ _d	14.76	kN/m ³
G _s :	2.743		S	89.93	%	w _N	26.97	%

Initial value

D _{o, ext}	50.00	cm	D _{o, int}	0.00	cm	H _o	100.00	cm
e _o	0.823					Volume	196.35	cm ³

Consolidation Stage

D _{c, ext}	49.30	cm	D _{c, int}	0.00	cm	H _c	99.06	cm
e _c	0.756					Volume	189.13	cm ³

σ' _{a, c}	89.45	kPa	σ' _{h, c}	89.45	kPa	B.P.	186.56	kPa
K	1.00					OCR	1.00	

Legenda :

W	Peso del terreno
W _s	Peso particelle solide
γ	Peso dell'unità di volume totale
γ _d	Peso dell'unità di volume del terreno secco
G _s	peso specifico dei grani
S	Grado di saturazione
w _N	Contenuto d'acqua naturale
D _{ext}	Diametro esterno
D _{int}	Diametro interno (campioni cavi)
H	Altezza
e	Indice dei vuoti
σ' _a	pressione efficace verticale
σ' _h	pressione efficace orizzontale
B.P.	Back pressure
K	σ' _h / σ' _a
OCR	grado di sovraconsolidazione

Note



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

N.	D _{ext}	D _{int}	H	e	G	γ	D	ΔU	note
	cm	cm	cm	-	MPa	%	%	kPa	
1	4.93	0.00	9.91	0.756	59.1	0.00021	1.58	0.00	
2	4.93	0.00	9.91	0.756	59.1	0.00101	2.48	-0.10	
3	4.93	0.00	9.91	0.756	58.4	0.00242	3.18	-0.05	
4	4.93	0.00	9.91	0.756	56.7	0.00429	3.43	-0.05	
5	4.93	0.00	9.91	0.756	53.3	0.00749	3.96	-0.10	
6	4.93	0.00	9.91	0.756	46.2	0.01527	5.79	0.20	
7	4.93	0.00	9.91	0.756	41.1	0.02159	7.62	0.60	
8	4.93	0.00	9.91	0.756	37.5	0.02755	9.26	1.25	
9	4.93	0.00	9.91	0.756	31.6	0.04004	11.90	2.90	
10	4.93	0.00	9.91	0.756	26.7	0.05536	14.68	5.19	
11	4.93	0.00	9.91	0.756	22.8	0.07314	17.34	7.99	
12	4.93	0.00	9.91	0.756	19.5	0.09440	19.86	11.23	
13	4.93	0.00	9.91	0.757	15.5	0.13916	23.95	16.92	
14	4.93	0.00	9.92	0.758	11.8	0.20500	29.03	24.16	
15	4.93	0.00	9.92	0.759	9.1	0.28713	33.37	31.65	
16	4.93	0.00	9.93	0.760	6.2	0.47262	39.67	42.03	
17	4.93	0.00	9.94	0.761	37.0	0.00015	2.27	49.07	
18	4.93	0.00	9.94	0.761	37.2	0.00102	2.08	48.77	
19	4.93	0.00	9.94	0.761	36.2	0.00279	4.50	48.57	

Legenda :

- G Modulo di taglio
γ Deformazione a taglio
D Smorzamento
ΔU Sovrapressione interstiziale

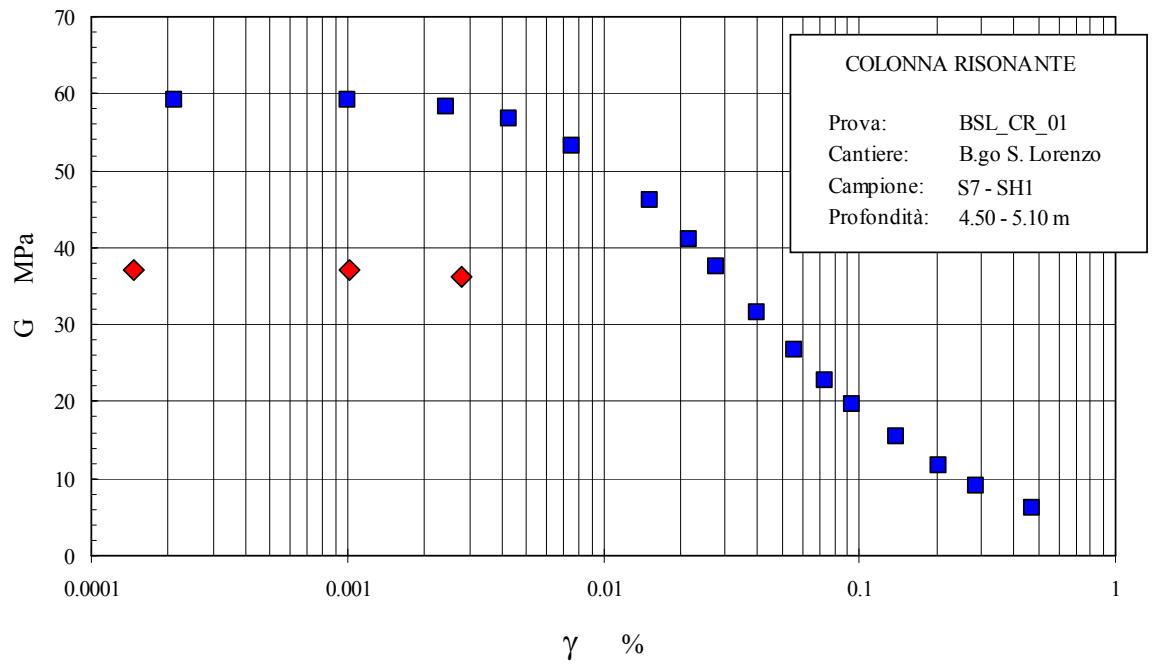
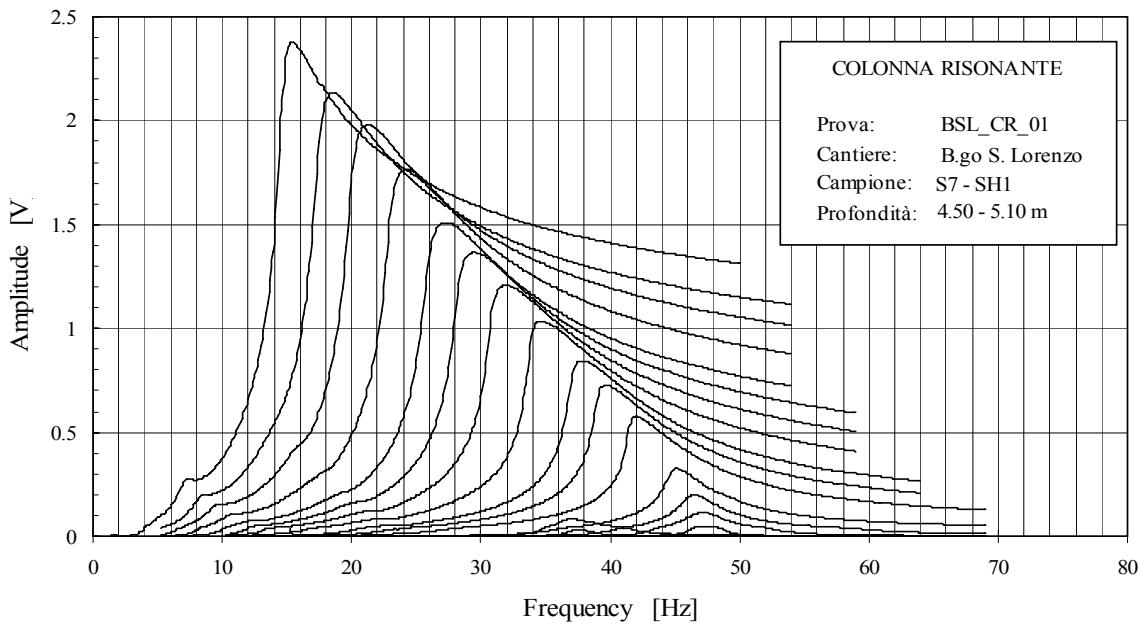


POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899



◆ Misure eseguite al termine della prova di colonna risonante



POLITECNICO DI TORINO

DIPLAB - Geomeccanica

CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24 - 10129 TORINO

TEL. +39 011 5644803/04 - FAX +39 011 5644899

