

COMUNE DI EMPOLI

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

PER IL PIANO URBANISTICO ATTUATIVO N. 6.3
UBICATO IN VIA DI SAN MARTINO AD EMPOLI

Committente:

Edilfutura S.r.l.
Piazza Pinturicchio, 14
50053 Empoli FI

Dott. Geol. Luca Gambacciani

Empoli, novembre 2021

PREMESSA

Committenza L'Edilfutura S.r.l ci ha incaricato di eseguire i rilievi geologici e geognostici per la fattibilità geologica del Piano Urbanistico Attuativo n. 6.3 ubicato in Via di San Martino ad Empoli (vedi Fig. 1).



Fig. 1 – Inquadramento dell'area del PUA 6.3

Indagini geognostica e sismica L'area era già stata oggetto di una campagna di indagini geognostiche negli anni 1999-2002, nella fattispecie un sondaggio a carotaggio continuo (S1, gennaio 1999) e n. 5 prove penetrometriche (PS1-PS5, maggio 2002). I punti d'indagine erano stati a suo tempo attrezzati con canna piezometrica per la rilevazione dell'eventuale falda acquifera.

Nel gennaio 2017 è stato eseguito un ulteriore sondaggio a carotaggio continuo spintosi fino a 30 m di profondità e nel perforo del sondaggio è stata condotta una prova down-hole per la caratterizzazione sismo-stratigrafica dei terreni ed il calcolo del parametro Vs30.

Nella sottostante Fig. 2 si riporta una planimetria della PUA 6.3 con l'ubicazione delle indagini svolte.



Inquadramento legislativo L'analisi geologica comprendente la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e la redazione della presente relazione sono stati svolti in conformità alle Normative vigenti in materia ed in particolare si è fatto riferimento alle seguenti Norme Tecniche:

- **D.M. Min. LL.PP. 14 settembre 2005:** Testo Unico – Norme tecniche per le costruzioni.
- **D.M. Min. LL.PP. 11 marzo 1988:** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Circolare Min. LL.PP. 24 settembre 1988 n.30483:** Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- **Delibera G.R. n.431 del 19/06/2006:** Riclassificazione sismica del territorio regionale: Attuazione del D.M. 14.09.2005 e Ord. P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006.
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519/2006:** Classificazione sismica nazionale.

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003:** Classificazione sismica nazionale.
- **Regolamento n. 5/R** – Disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.
- Nel definire la **pericolosità ed il rischio idraulico dell'area** si fa riferimento alla cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno ed in particolare alla Pericolosità da alluvioni fluviali del PGRA ed alla Variante al Regolamento Urbanistico per interventi puntuali all'interno del territorio urbanizzato individuati ai sensi dell'art. 224 della L.R. 65/2014 del Comune di Empoli (novembre 2019) .

VALUTAZIONE DELLE PERICOLOSITA'

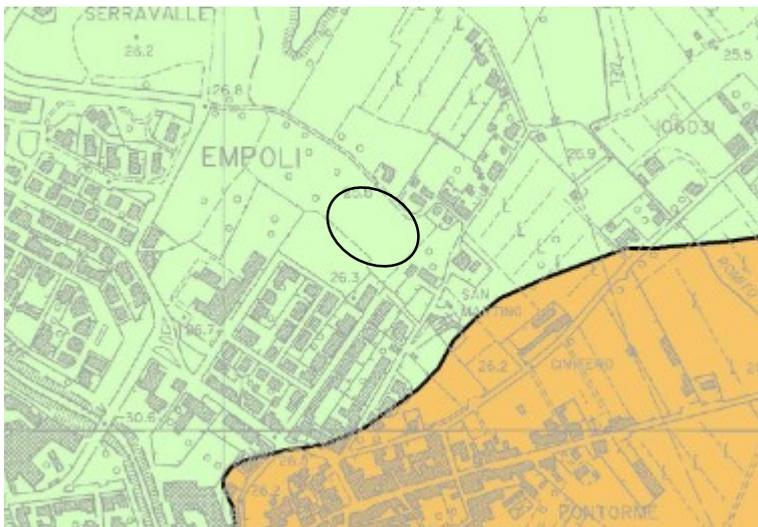


Fig. 3 Pericolosità geologica (da P.S. Comune di Empoli)

Pericolosità geologica L'area d'intervento, secondo la Carta della Pericolosità Geologica del P.S., è classificata con pericolosità geologica complessiva Pg = 2 – pericolosità media - con scarsa propensione al dissesto.

Tuttavia dall'esame della situazione in loco si può affermare che non si hanno situazioni stratigrafiche e geotecniche con propensione al dissesto.

Pericolosità idraulica



Fig. 4 Stralcio pericolosità idraulica da PGRA

Nel definire la pericolosità idraulica dell'area si fa riferimento alla cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno ed in particolare al PGRA. In tale carta l'area in studio risulta in P.I.=1 (ovvero pericolosità da alluvioni fluviali bassa). In tale classe la Normativa prevista nel PGRA non prescrive alcuna misura di prevenzione.

PERICOLOSITÀ IDRAULICA ai sensi del DPGR 53/R 2011 per le schede n 6.2,

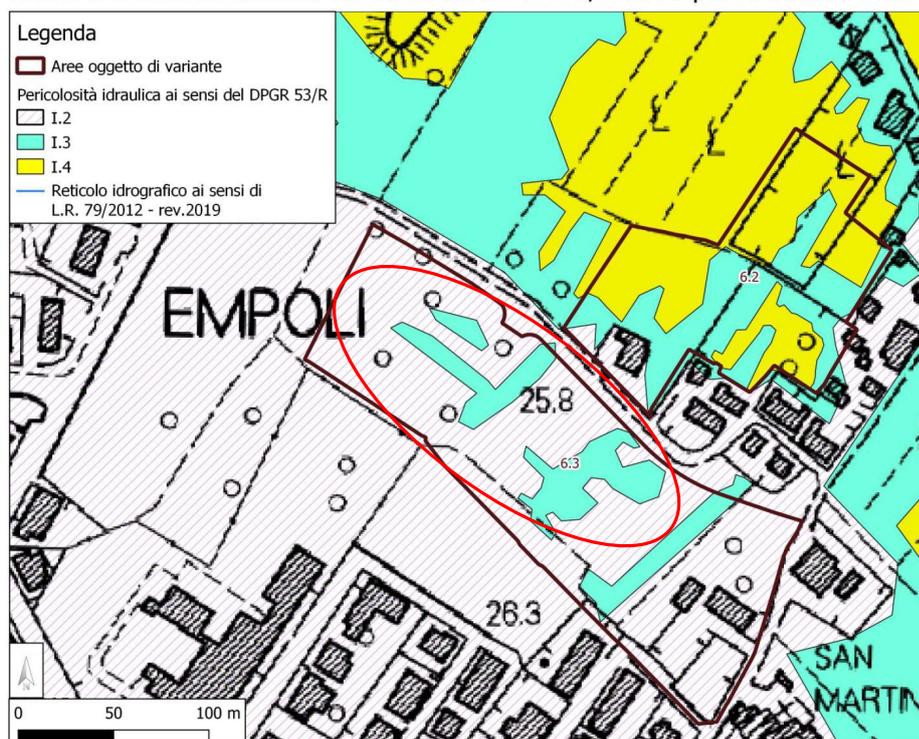
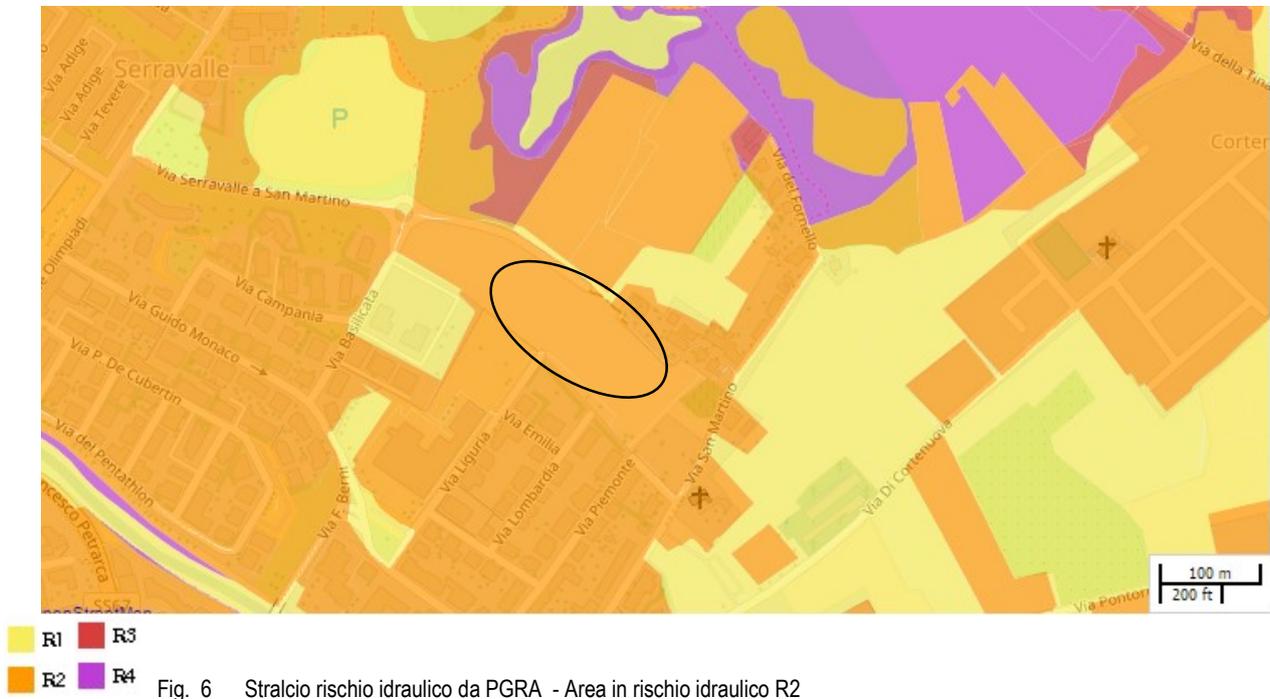


Fig. 5

Nella "Variante al Regolamento urbanistico per interventi puntuali..." del Novembre 2019, lo studio idrologico idraulico che definisce la pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n. 53 R/2011 per le schede 6.2 e 6.3, inserisce l'area in studio (PUA 6.3) in gran parte in I2 ed in subordine in I3 (vedasi soprastante Fig. 5.).

Rischio idraulico



Per quanto riguarda il rischio idraulico, così come definito nel PGRA, l'area è inserita in R.I. 2.

GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

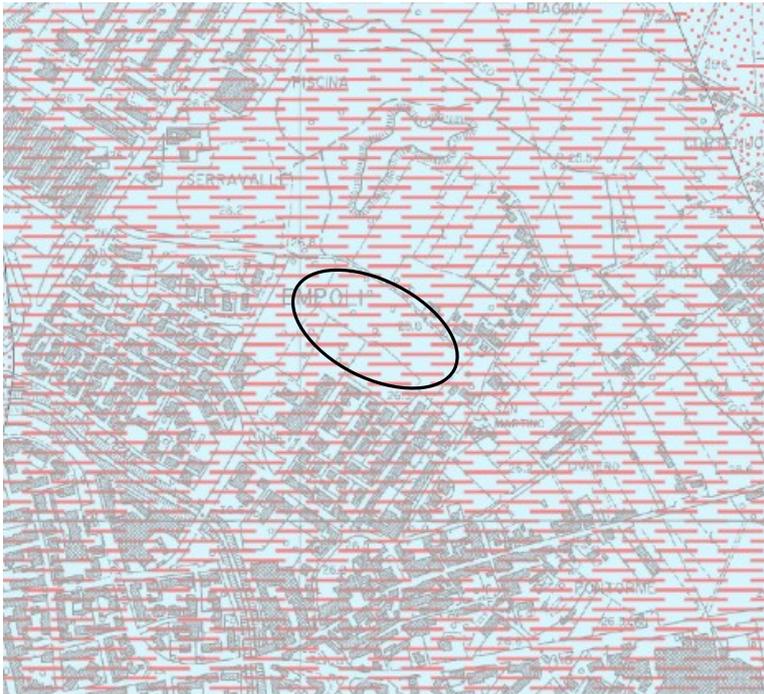


Fig. 7 Estratto da carta geologica della Variante al Piano strutturale 2013 del Comune di Empoli

	Alluvioni: Ghiaie Sabbie		(bc)
	Alluvioni: Sabbie Limi	OLOCENE	(be)
	Alluvioni: Limi Argille		(bf)

Morfologia

L'area del PUA 6.3 fa parte dell'ampia pianura alluvionale che si estende a sud del corso dell'Arno dal quale dista circa 900 m.

Il terreno è pressoché pianeggiante, con quote variabili fra 25,4 m e 25,7 m, quindi mediamente più basso delle adiacenti vie asfaltate (Via Lombardia- Via Piemonte) di 0,7 m - 0,9 m.

Geologia

Nella zona in esame si rinvengono esclusivamente depositi alluvionali recenti depositi dal F. Arno e dai suoi affluenti.

Come potuto stabilire grazie ai due sondaggi a carotaggio continuo ed alle prove penetrometriche (vedi Tav. 8 e Tav.9 per le correlazioni stratigrafiche indicative), la sedimentazione nella zona è costituita da alternanze di strati limo – argillosi con strati di sabbie limose e limi sabbiosi.

Al di sotto dei -20 m si ha prima uno strato di sabbie argillose e poi, dai -23 m fino a -30 m, si rinvengono ghiaie sabbiose.

Idrogeologia

I depositi alluvionali che si depositano in questa zona, come in tutta la pianura empoiese, costituiscono dal punto di vista idrogeologico un acquifero multistrato in cui si individuano falde acquifere più o meno interconnesse, localizzate a vari livelli di profondità.

Nell'area di lottizzazione, sulla base delle misure effettuate nei perfori delle prove penetro-

metriche e dei sondaggi eseguiti, la falda più superficiale, di tipo freatico, si rinviene a profondità variabili fra -4 m e -5 m nella zona adiacente a via di Serravalle a S. Martino (PS2,PS1,S1), fra -5 m e -8 m sul lato opposto (PS5,S2,PS4,PS3).

STRATIGRAFIA DELL'AREA

Come già detto in Premessa, per la caratterizzazione stratigrafica dell'area di lottizzazione si sono utilizzati i dati di un sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel Gennaio 1999, un sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel gennaio 2017 e n° 5 prove penetrometriche statiche realizzate nel maggio 2002.

In Tav. 1 si riporta la descrizione litologica dei terreni attraversati nel S. 1, in Tav. 2 si ha analoga descrizione del S. 2. Per l'interpretazione stratigrafica e geotecnica della prove penetrometriche statiche si vedano le Tavole da 3 a 7.

Il S. 1 è caratterizzato da limi sabbiosi mediamente addensati fino a -1,6 m, seguono limi argillosi ed argillo - sabbiosi mediamente compatti fino a -4,0 m. Da -4 m a -9,1 m si ha un potente strato limo argilloso ed argillo-limoso di consistenza media e localmente bassa, che lascia il posto a fine sondaggio ad una sabbia limosa abbastanza addensata ed umida. Il livello statico della falda si trova a -4 m dal p. di c., alla stessa profondità misurata in un vicino pozzo a sterro al di là di via Serravalle a San Martino.

Il S. 2 è caratterizzato da limi sabbiosi asciutti fino a -1,8 m dal p. c., seguiti da limi argillosi (con interstrato più limo-sabbioso) da mediamente a scarsamente compatti fino a -5,8 m. Da -5,8 m a -10 m si hanno poi limi sabbiosi mediocrementemente addensati e successivamente argille limose poco compatte fra -10 m e -12 m. Fra -12 e -14 m si rinvencono limi sabbiosi fini, poco addensati ed umidi, poi un potente strato argillo-limoso debolmente sabbioso fra -14 e -20 m.

Da -20 m a -23 m si hanno quindi sabbie argillose poco addensate ed umide ed al di sotto di -23 m e fino a fine sondaggio (-30 m) si trovano ghiaie sabbiose sciolte molto umide.

Il livello statico si attesta a -7,4 m dal piano di campagna.

Le Tav. 8 e 9, riportanti le correlazioni stratigrafiche fra i due sondaggi S. 1 ed S. 2 e le 5 prove penetrometriche, rendono conto della variabilità orizzontale e verticale dei terreni alluvionali presenti nell'area.

Nella parte più vicina alla via di Serravalle a S. Martino (Tav. 8: PS2-PS1-S. 1), la parte superficiale fino a -1,5 m / -2 m è limo sabbiosa. Fino a -9 m seguono limi argillosi passanti ad

argille limose andando dal sondaggio alla PS1 ed alla PS2.

Al di sotto dei -9 m si incontrano sabbie limose ed argillose addensate ed umide.

Dalla parte opposta (Tav. 9: PS5-S. 2-PS4-PS3) i limi sabbiosi superficiali sono limitati alla PS3 ed al S.2, rispettivamente fino a -2,4 m e -1,8 m di profondità. Nelle altre due prove penetrometriche si hanno fin dalla superficie limi argillosi ed argille limose che si spingono sostanzialmente fino a circa -8/9 m, con rare intercalazioni più limo-sabbiose. Nel S.2 si ha invece uno spesso strato limo-sabbioso fra i -6 m ed i -10 m dal p.c.

Come si può visivamente osservare nelle Tavv. 8 e 9, si ha una notevole variabilità anche nella profondità del livello statico misurato nei perfori delle indagini eseguite.

Nella parte vicina a via di Serravalle a S. Martino la profondità varia fra -4 e -5 m. Da parte opposta si passa da -5 m della P.P. 3 a -8 m della P.P. 5.

Riguardo alle escursioni del livello freatico il Sig. Sani, proprietario del pozzo indicato in Fig. 2, ci ha riferito che oscillano fra i -3,5 m d'inverno - primavera (falda in piena) ed i -5,5 m di estate - primo autunno (falda in magra). Stando a tali dati possiamo affermare che la falda non dovrebbe interferire con le fondazioni dei costruendi edifici.

PARAMETRI GEOTECNICI E CONSIDERAZIONI SULLE FONDAZIONI

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area si sono utilizzate le analisi di laboratorio a cui sono stati sottoposti i campioni prelevati nei due sondaggi a carotaggio continuo ed i dati ottenuti dalle prove penetrometriche.

Di seguito descriviamo la loro interpretazione iniziando con i dati ottenuti dai sondaggi e dalle analisi di laboratorio.

Analisi di laboratorio Sui due campioni prelevati nel sondaggio a carotaggio continuo del 1999, furono eseguite una prova di espansione laterale libera ed una prova edometrica.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei parametri geotecnici ottenuti:

Sondaggio 1- Anno 1999

Campione	Profondità	γ (g/cmc)	ϕ (°)	C (kg/cm ²)	W %	e_0	Descrizione
S1 - C1	3,3-3,8	1,89	11	0,49	20,11	0,63	Limo debil. argilloso e sabbioso
S1 - C2	6,3-6,8	1,91	14	0,39	26,29	0,75	Limo debil. sabbioso marrone

Legenda: γ = peso di volume, ϕ = angolo di attrito interno, C= coesione non drenata, W%= umidità percentuale del campione, e_0 =indice dei vuoti. S1-C2= sondaggio n° 1, campione n° 2.

Nel campione prelevato nel sondaggio S2 (eseguito nel gennaio 2017) sono stati eseguite le seguenti prove (vedasi Allegato n. 1 per la relazione completa sulle prove eseguite):

- 1 - Contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1)
- 2 - Peso di volume (UNI CEN ISO/TS 17892-2)
- 3 - Limiti di Atterberg (UNI CEN ISO/TS 17892-12)
- 4 - Analisi granulometrica per setacciatura: per via umida (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 5 - Analisi granulometrica della frazione fine: metodo del densimetro (UNI CEN ISO/TS 17892-4)
- 6 - Classificazione delle terre (UNI 10006)
- 7 - Prova edometrica a gradini di carico costante (UNI CEN ISO/TS 17892-5)
- 8 - Prova di taglio (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Sondaggio 2- Anno 2017

Campione	Profondità	γ (g/cm ³)	ϕ' °	C' (kg/cm ²)	W %	Descrizione
S2 - C1	3,2- 3,7	1,84	30	0,0316	29,81	Limo argillo-sabbioso

Legenda: γ = peso di volume, ϕ' = angolo di resistenza al taglio drenato, C'= coesione drenata, W%= umidità percentuale del campione, S2-C1= sondaggio n° 2, campione n° 1.

Dati ricavati dalle prove penetrometriche statiche

Dai dati delle prove penetrometriche, elaborati con il metodo di De Beer, si è ottenuto l'angolo di attrito ϕ , mentre la coesione non drenata C_u ed il carico ammissibile σ -amm si sono ottenuti con la formula di Brinch-Hansen (Terzaghi modificato : coeff. di sicurezza F=3), come riportato nei tabulati allegati.

Per quanto riguarda la capacità portante σ -amm si fa riferimento alle sezioni geomeccaniche di Tav. 10 e Tav. 11.

Nella Tav. 11 (PS 1 e PS 2) si vede come la capacità portante scenda al di sotto di 1,0 kg/cm² fra -4,4 m e -5,4 m nella PS 2 e a -8,6 m nella PS 1.

Altrove essa è sempre maggiore di 1 kg/cm² e spesso anche di 1,5 kg/cm².

Al di sotto di -9,4 m, in corrispondenza delle sabbie, si hanno valori di σ -amm maggiori di 4 kg/cm².

Per quanto riguarda l'altra sezione geomeccanica (Tav. 10: PS 3-4-5) non si hanno strati con σ -amm inferiore all'unità e nel complesso il terreno mostra capacità portanti mediamente superiori alle altre 2 prove penetrometriche.

Anche qui le capacità portanti sono sempre maggiori di 2 kg/cm² al di sotto di -9 m (sabbie), eccetto che nella PS 3 dove tale litotipo non è stato incontrato.

Per quanto riguarda la coesione non drenata C_u , si hanno valori variabili fra 0,4- 0,5 kg/cm² ed 1,0/1,1 kg/cm². Si tratta quindi di un terreno da sufficientemente a mediamente coesivo.

L'angolo d'attrito ϕ invece risente molto delle condizioni di umidità del terreno, con valori più alti nei primi 3-4 m di profondità (asciutti) che si abbassano sensibilmente al di sotto dei -4/-5 m, quando si incontrano terreni più umidi o immersi in falda.

Riassumendo possiamo pertanto dire che siamo di fronte ad un terreno dalle caratteristiche geotecniche abbastanza soddisfacenti, sicuramente in grado di sostenere il peso degli edifici in progetto nell'ambito della lottizzazione.

Fondazioni – Calcolo indicativo capacità portante

Gli edifici in progetto, dotati di seminterrati, avranno indicativamente un piano di posa delle fondazioni attorno a -3,4 m dal p. di c. attuale.

Calcolo carico limite della fondazione

Il calcolo di R_d per fondazioni di tipo superficiale con il metodo degli Stati Limite Ultimi (SLU) viene eseguito applicando al calcolo della capacità portante i coefficienti parziali elencati nelle Tabelle 6.2.II e 6.4.I. del Decreto Ministeriale 14/01/08, considerando entrambi gli approcci previsti dal citato D.M. :

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

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

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Si è proceduto al calcolo del R_d in condizioni statiche, effettuando il calcolo del R_d per una platea di 20 x 15 m impostata a -3,4 m dal piano di campagna.

Calcolo Rd in condizioni statiche con il criterio di Terzaghi adattato al D.M. 14/1/08					
Dati caratteristici			App.1, C1 (A1+M1+R1)	App.1, C2 (A2+M2+R2)	App.2, C1 (A1+M1+R3)
Quota imposta (m)	3,40	Quota imposta (m)	3,40	3,40	3,40
ϕ	15,00	ϕ	15,00	15,00	15,00
Cu (t/mq)	1,00	Cu (t/mq)	1,00	0,71	1,00
γ (t/mc)	1,84	γ (t/mq)	1,84	1,84	1,84
B (m)	15,00	B (m)	15,00	15,00	15,00
L(m)	20,00	L(m)	20,00	20,00	20,00
Nq	3,93	Nq	3,93	3,32	3,93
Nc	10,94	Nc	10,94	8,67	10,94
N γ	1,57	N γ	1,57	1,25	1,57
		γ_R	1,00	1,80	2,30
		Rd platea (kg/cmq)	4,00	1,54	1,74

Calcolo condizioni statiche
platea 15 x 20 m

Si ottiene un valore di **Rd min = 1, 54 kg/cmq.**

CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA DEI TERRENI E CALCOLO DEL PARAMETRO Vs30

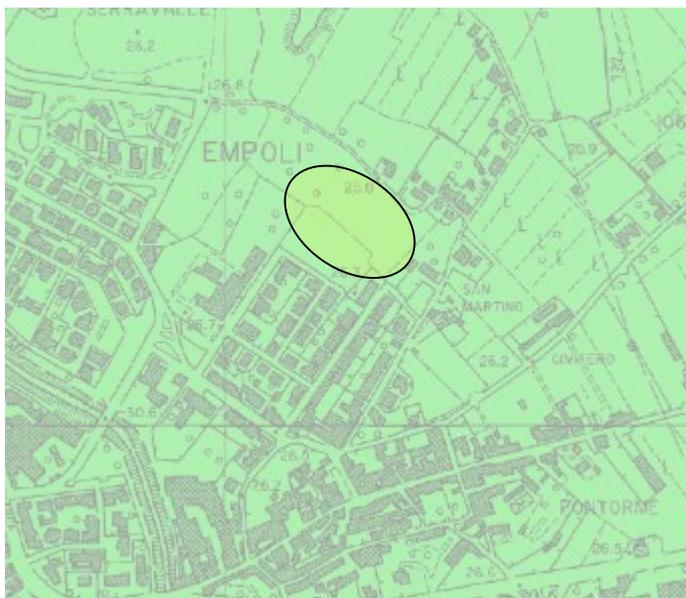


Fig.8

S2 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE MEDIA

(da Pericolosità sismica – Comune di Empoli Gennaio 2013)

Il territorio di Empoli, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 ed aggiornato con la Deliberazione della Giunta Regionale Toscana n. 421 del 26 maggio 2014, è inserito in Zona sismica 3.

Secondo la carta della Pericolosità Sismica redatta dal Comune di Empoli, la zona in esame ha grado di pericolosità sismica S2 e risulta stabile, anche se suscettibile di amplificazioni locali ma senza possibilità di liquefazione (vedi Fig. 5).

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismostratigrafico il sottosuolo dell'area e pervenire al

calcolo del parametro Vs30 richiesto dalla Ordinanza P.C.M. n. 3274/03, è stata eseguita, dalla Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino, una prova Down Hole con onde P e SH, all'interno del sondaggio S. 2 spinto fino alla profondità di 30 m (vedasi Allegato 2 per la relazione completa della prova). Per la registrazione delle onde di compressione e delle onde di taglio in profondità viene utilizzato un geofono da pozzo munito di un ricevitore costituito da tre sensori sensibili alle componenti del moto lungo tre direzioni: uno verticale e due orizzontali ortogonali fra loro.

Il geofono da pozzo, munito di un sistema teleguidato di orientazione azimutale e di ancoraggio meccanico alle pareti del rivestimento, viene calato all'interno del foro di sondaggio, preventivamente attrezzato con un tubo di rivestimento, e ad intervalli determinati vengono registrati i treni d'onda prodotti dalle energizzazioni poste in superficie. L'orientazione è garantita da una bussola posta all'interno del geofono che posiziona la terna con il 1° sensore orizzontale disposto secondo il Nord.

Energizzando su una piastra posta a diretto contatto con il terreno vengono generate predominanti onde P di compressione, mentre per le onde SH di taglio si utilizza una trave di legno posta a diretto contatto col terreno, gravata dal peso di un automezzo, che viene colpita lateralmente: le battute destra e sinistra vengono sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata in senso orizzontale che viene generata; orientando la sorgente di energizzazione in superficie a 45° rispetto ad punto cardinale, si può così avere un completo controllo nell'analisi del treno d'onda che attraversa i terreni da investigare. In questo modo per ogni punto di energizzazione si hanno due treni d'onda diversi: uno per le onde P e l'altro per le onde SH.

Un'unità esterna di controllo gestisce le fasi di ancoraggio e registrazione del geofono da pozzo, mentre le tracce sismiche relative ad ogni intervallo di profondità vengono registrate mediante un sismografo digitale per la loro successiva elaborazione. La distanza sorgente-boccaforo è stata fissata in 2.0 m e il passo delle registrazioni è stato di 1 m.

Z	Tp	Ts	Tp	Ts	VP	VS			G	E	K
m	ms	ms	Corr. ms	Corr. ms	m/sec.	m/sec.	t / m^3	-	MPa	MPa	MPa
1	7.37	11.41	3.30	5.10	303	196	1.80	0.14	69	158	74
2	7.85	13.69	5.55	9.68	443	218	1.80	0.34	86	230	240
3	8.40	19.22	6.99	15.99	695	158	1.85	0.47	46	137	832
4	9.58	23.40	8.57	20.93	633	203	1.90	0.44	78	225	658
5	10.88	27.57	10.10	25.60	652	214	1.90	0.44	87	251	692
6	12.06	32.26	11.44	30.60	747	200	1.90	0.46	76	222	958
7	13.07	36.09	12.57	34.70	888	244	1.90	0.46	113	330	1348
8	14.06	40.40	13.64	39.19	932	223	1.90	0.47	94	277	1524
9	14.87	43.97	14.52	42.92	1142	268	1.90	0.47	137	402	2296
10	15.62	49.27	15.32	48.31	1249	186	1.90	0.49	65	195	2876
11	16.39	55.72	16.13	54.82	1236	154	1.90	0.49	45	134	2844
12	17.14	58.94	16.91	58.14	1280	301	1.90	0.47	173	508	2883
13	18.10	62.75	17.89	62.02	1018	258	1.90	0.47	126	370	1799
14	19.42	68.19	19.22	67.50	749	182	1.90	0.47	63	186	981
15	20.79	72.31	20.61	71.68	723	240	1.90	0.44	109	314	848
16	22.17	76.53	22.00	75.94	719	235	1.90	0.44	105	301	842
17	23.30	80.57	23.14	80.02	876	245	1.90	0.46	114	333	1306
18	24.29	84.85	24.14	84.33	999	232	1.90	0.47	102	301	1760
19	25.10	89.34	24.96	88.85	1219	221	1.90	0.48	93	276	2697
20	25.91	93.19	25.78	92.73	1221	258	1.90	0.48	126	373	2662
21	26.66	97.68	26.54	97.24	1318	222	1.90	0.49	93	277	3178
22	27.47	101.49	27.36	101.07	1224	261	1.90	0.48	129	382	2672
23	28.22	105.29	28.11	104.89	1321	262	1.90	0.48	130	385	3145
24	28.97	109.33	28.87	108.95	1323	246	1.90	0.48	115	342	3170
25	29.63	113.07	29.54	112.71	1502	266	1.90	0.48	135	399	4108
26	30.26	116.44	30.17	116.10	1574	295	1.90	0.48	166	491	4488
27	30.90	118.76	30.82	118.44	1551	428	1.90	0.46	347	1014	4108
28	31.47	120.67	31.39	120.36	1741	519	1.90	0.45	511	1484	5076
29	32.05	122.87	31.97	122.58	1712	451	1.90	0.46	387	1132	5054
30	32.62	124.81	32.55	124.53	1743	512	1.90	0.45	497	1445	5110

Fig. 9 Sintesi risultati Down-hole

Z	Profondità	Densità
Tp	Tempo di arrivo onde di compressione	Modulo di Poisson
Ts	Tempo di arrivo onde di taglio	Modulo taglio
Tp Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di compressione	E
Ts Corr.	Tempo di arrivo corretto onde di taglio	K
Modulo di Young		
Modulo di rigidità volumetrica		
Distanza sorgente-boccaforo: 2.0 m		

La categoria di sottosuolo del sito in esame è risultata in classe C, con un valore medio calcolato Vs30 pari a 241 m/sec.

Liquefacibilità del terreno Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati ed immersi in falda. Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende dal grado di addensamento, dalla granulometria e forma dei granuli, dalle condizioni di drenaggio, dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata, dall'età del deposito, dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie). Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze: terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5.5 Richter, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g, al di sopra dei 15 metri di profondità (oltre questa

profondità non sono state osservate liquefazioni), la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore ai 3 m). Nel caso in esame avendo a disposizione la stratigrafia dei due sondaggi e delle prove penetrometriche abbiamo litotipi sabbioso-limosi in falda al di sotto di - 6 m del S. 2 ed al di sotto di -8/-9 m altrove. Pertanto si è proceduto all'analisi della potenzialità liquefattiva mediante uso di un apposito software i cui risultati si riportano qui di seguito.

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
(da prove sismiche a rifrazione)				
Metodo semplificato				
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato				
PARAMETRI:				
γ	=	1,85	g/cm ³	
σ_{vo}	=	1,11	kg/cm ²	
σ'_{vo}	=	1,01	kg/cm ²	
profondità della prova	=	600	cm	
profondità falda	=	500	cm	
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³	
Pressione neutra	=	0,1	kg/cm ²	
z	=	6	m	
V_s	=	241	m/s	
V_{s1c}	=	200	FC<5%	FC=20%
			220	210
V_{s1}	=	240,40		
M	=	6,5		
MSF	=	1,60	se M<7.5	
		1,44	se M>7.5	
FORMULE:				
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$	240,40	
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	0,14660172	
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$	se M<7.5	0,084351377
			se M>7.5	0,093807695
a_{max}/g	=	0,35		
r_d	=	0,541		
Fs=R/T	>	1	se M<7.5	1,737988451
			se M>7.5	1,562789919
"Software freeware distribuito da geologi.it"				
Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco				

Fig.10 Verifica del potenziale di liquefazione – **Terreno non suscettibile di liquefazione**

Da tale analisi risulta che i terreni non sono suscettibili alla liquefazione in quanto il fattore di sicurezza minimo è pari a **Fs=1,56**.

Anche lo studio sulla pericolosità sismica del Comune di Empoli, che classifica l'area in S2, esclude la possibilità di liquefazione nella zona in studio.

CONCLUSIONI E PARERE DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA PER IL PUA 6.3

Riassumendo possiamo dire che il terreno nell'area in studio è costituito da alternanze di strati limo-sabbiosi ed argillo-limosi fino a -14 m, da -14 a -20 si hanno argille limose, poi circa 3 m di sabbie argillose e quindi, sotto i -23 m dal p.c., ghiaie sabbiose.

Nella parte vicina a via di Serravalle a S. Martino la profondità del livello statico della falda freatica varia fra -4 e -5 m. Dalla parte opposta (quella verso Via Lombardia-Via Piemonte) si passa da -5 m della PS 3 a -8 m della PS 5.

Dal punto di vista geotecnico, il terreno ha caratteristiche geomeccaniche soddisfacenti ed in grado di sostenere i fabbricati previsti nel PUA andando incontro a cedimenti limitati .

L'indagine geofisica condotta nel perforo del sondaggio S 2 ha permesso di stabilire che la categoria di sottosuolo del sito in esame è in classe C secondo la tabella 3.2.11 delle NTC 2008, mentre sulla base della stratigrafia individuata e delle velocità sismiche determinate si può escludere che il terreno sia soggetto a liquefazione in caso di sisma con magnitudo M=6,5 Richter o superiore.

La stabilità geomorfologica dell'area è buona (terreno pianeggiante) e la zona ha un rischio idraulico basso.

Concludendo possiamo dire che non esistono limitazioni di carattere morfologico, geologico ed idrogeologico per la fattibilità degli interventi in progetto nell'area del PUA 6.3.

Il parere di fattibilità geologica, sismica ed idraulica dell'intervento è pertanto del tutto positivo.

Empoli, li 04/11/21

Dott. Geol. Luca Gambacciani

Committente : Edilfutura S.r.l.
Impresa esecutrice: Ichnoeco s.a.s.

Ubicazione sondaggio: San Martino - Empoli
Data esecuzione: 04/01/1999
Quota terreno: 25,6 m

Sondaggio 1	DESCRIZIONE	Livello piez.	Camp.Ind.	Pocket penetrometer su carota (kg/cmq)
0,4	YYYYYY			
0,6	YYYYYY			
0,8	-----			
1,0	-----			2,8
1,2	-----			
1,4	-----			
1,6	-----			
1,8	-----			
2,0	-----			1,1
2,2	-----			
2,4	-----			
2,6	-----			
2,8	-----			
3,0	-----			
3,2	-----			
3,4	-----			
3,6	-----			
3,8	-----			
4,0	-----	L.S.	Campione 1	
4,2	-----			
4,4	-----			
4,6	-----			
4,8	-----			
5,0	-----			
5,2	-----			2,2
5,4	-----			
5,6	-----			
5,8	-----			
6,0	-----			
6,2	-----			
6,4	-----			
6,6	-----			
6,8	-----			
7,0	-----			
7,2	-----			
7,4	-----			
7,6	-----			
7,8	-----			
8,0	-----			
8,2	-----			
8,4	-----			
8,6	-----			
8,8	-----			
9,0	-----			
9,2	-----			1,5
9,4	-----			
9,6	-----			
9,8	-----			
10,0	-----			
10,2	-----			
10,4	-----			
10,6	-----			
10,8	-----			
11,0	-----			

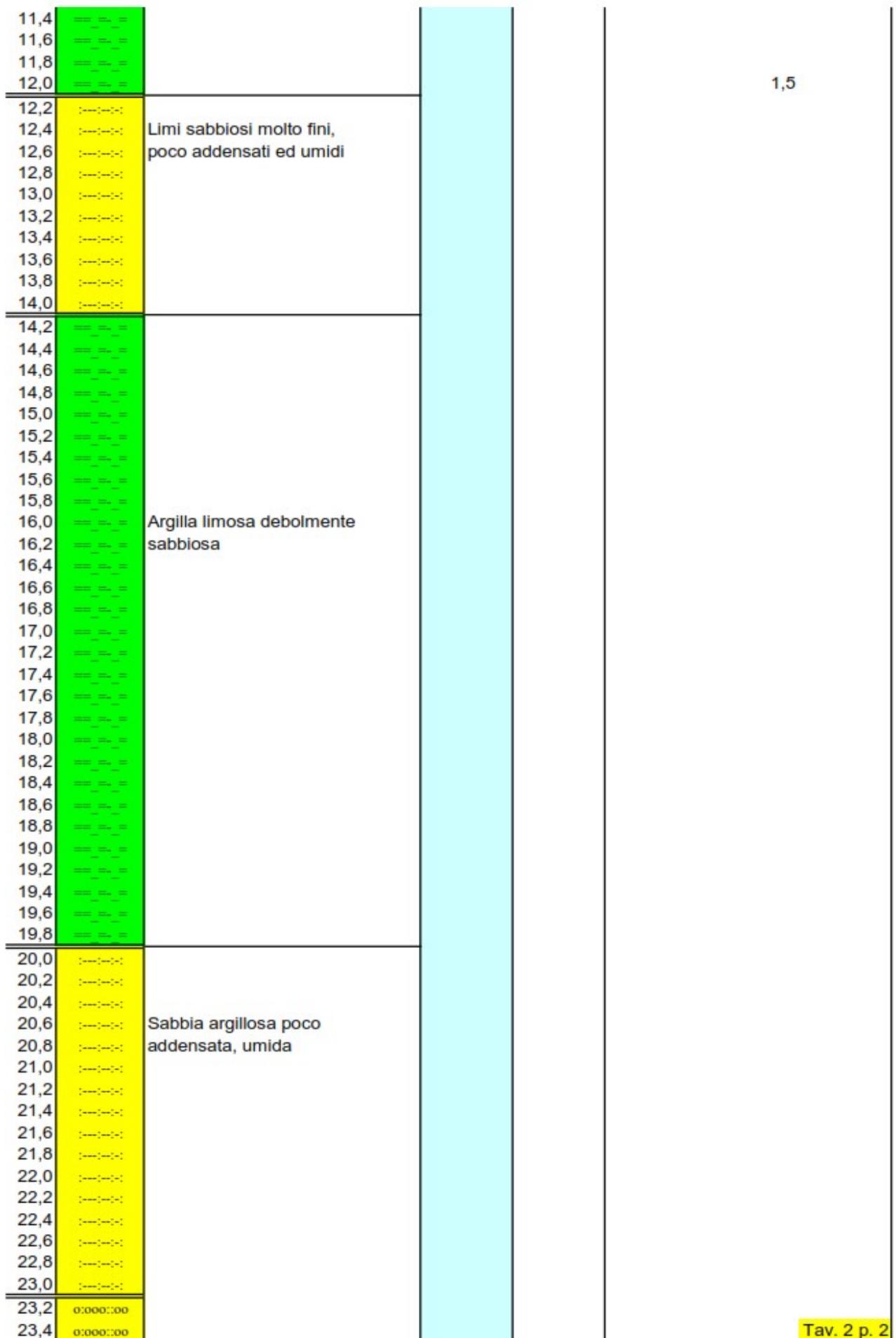
Tav. 1

Committente : Edilfutura S.r.l.
Impresa esecutrice: Igetecma S.a.s.

Ubicazione sondaggio: San Martino - Empoli
Data esecuzione: 3-5 gennaio 2017
Quota terreno: 25,6 m

Sondaggio 1	DESCRIZIONE	Livello piez.	Camp.Ind.	Pocket penetrometer su carota (kg/cmq)			
0,4 YYYYYY	Terreno agrario	L.S.					
0,6 YYYYYY							
0,8	Limo sabbioso asciutto mediamente addensato						5,05
1,0							
1,2							
1,4							
1,6							
1,8							
2,0	Limo argilloso-sabbioso mediamente addensato					Campione 1	3,05
2,2							
2,4							
2,6							
2,8							
3,0							
3,2							
3,4	Limo sabbioso scarsamente addensato			2			
3,6							
3,8							
4,0	Limo argilloso non molto consistente			2			
4,2							
4,4							
4,6							
4,8							
5,0							
5,2							
5,4							
5,6	Limo sabbioso mediocrementemente addensato	L.S.		1			
5,8							
6,0							
6,2							
6,4							
6,6							
6,8							
7,0							
7,2							
7,4							
7,6	Argilla limosa poco compatta			1,5			
7,8							
8,0							
8,2							
8,4							
8,6							
8,8							
9,0							
9,2							
9,4					1,6		
9,6							
9,8							
10,0							
10,2							
10,4							
10,6							
10,8							
11,0							
11,2							

Tav. 2 p. 1



Tav. 2 p. 2



PROVA PENETROMETRICA N° 1											
Committente: Edilfutura				Località: Empoli - Via di San Martino							
Data: 01/06/2002				Profondità falda: -4 m dal p.c.							
Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu (kg/cmq)	σ-amm (kg/cmq)	Φ (gradi)	Mv	* Strati scadenti
0,40	15	21	0,40	25,0	-----	Ls	0,79	1,52	21	0,039	
0,60	10	19	0,60	18,8	-----	La	0,50	0,99	16	0,057	
0,80	17	25	0,53	25,5	-----	Ls	0,89	1,75	21	0,034	
1,00	38	48	0,67	35,6	-----	Sl	2,24	3,80	28	0,016	
1,20	44	60	1,07	19,4	-----	La	2,20	4,25	18	0,016	
1,40	50	84	2,27	28,8	-----	Ls	2,63	5,08	24	0,016	
1,60	32	58	1,73	17,1	-----	La	1,60	3,13	17	0,016	
1,80	26	54	1,87	14,4	-----	Al	1,24	2,46	15	0,023	
2,00	22	49	1,80	12,7	-----	Al	1,05	2,11	14	0,027	
2,20	20	46	1,73	20,0	-----	La	1,00	2,03	17	0,029	
2,40	18	33	1,00	19,3	-----	La	0,90	1,85	16	0,033	
2,60	15	29	0,93	25,0	-----	Ls	0,79	1,65	21	0,039	
2,80	14	23	0,60	19,1	-----	La	0,70	1,49	16	0,041	
3,00	14	25	0,73	26,3	-----	Ls	0,74	1,58	21	0,041	
3,20	16	24	0,53	34,3	-----	Sl	0,94	1,60	26	0,036	
3,40	15	22	0,47	25,0	-----	Ls	0,79	1,70	21	0,039	
3,60	13	22	0,60	16,3	-----	Al	0,62	1,39	14	0,044	
3,80	12	24	0,80	12,9	-----	Al	0,57	1,31	14	0,048	
4,00	14	28	0,93	14,0	-----	Al	0,67	1,50	14	0,041	
4,20	13	28	1,00	15,0	-----	Al	0,62	1,42	14	0,044	
4,40	12	25	0,87	13,8	-----	Al	0,57	1,34	14	0,048	
4,60	16	29	0,87	24,0	-----	Ls	0,84	1,87	21	0,036	
4,80	14	24	0,67	16,2	-----	Al	0,67	1,55	14	0,041	
5,00	15	28	0,87	16,1	-----	Al	0,71	1,65	14	0,039	
5,20	12	26	0,93	13,8	-----	Al	0,57	1,39	14	0,048	
5,40	11	24	0,87	12,7	-----	Al	0,52	1,31	14	0,052	
5,60	11	24	0,87	12,7	-----	Al	0,52	1,32	14	0,052	
5,80	10	23	0,87	11,5	-----	A	0,43	1,16	14	0,057	
6,00	16	29	0,87	18,5	-----	La	0,80	1,87	16	0,036	
6,20	12	25	0,87	12,0	-----	A	0,52	1,35	14	0,048	
6,40	14	29	1,00	11,1	-----	A	0,61	1,53	14	0,041	
6,60	13	32	1,27	10,3	-----	A	0,57	1,46	14	0,044	
6,80	15	34	1,27	14,1	-----	Al	0,71	1,75	14	0,039	
7,00	22	38	1,07	16,5	-----	Al	1,05	2,40	14	0,027	
7,20	11	31	1,33	13,8	-----	Al	0,52	1,42	14	0,052	
7,40	9	21	0,80	13,5	-----	Al	0,43	1,25	14	0,063	xxxxxx
7,60	8	18	0,67	10,0	-----	A	0,35	1,10	14	0,070	xxxxxx
7,80	11	23	0,80	10,3	-----	A	0,48	1,36	14	0,052	
8,00	11	27	1,07	16,5	-----	Al	0,52	1,46	14	0,052	
8,20	13	23	0,67	21,7	-----	La	0,65	1,71	16	0,044	
8,40	7	16	0,60	11,7	-----	A	0,30	1,07	13	0,080	xxxxxx
8,60	6	15	0,60	10,0	-----	A	0,26	1,00	13	0,092	xxxxxx
8,80	8	17	0,60	10,0	-----	A	0,35	1,17	14	0,070	xxxxxx
9,00	12	24	0,80	22,5	-----	La	0,60	1,67	16	0,048	
9,20	18	26	0,53	33,8	-----	Sl	1,06	1,80	26	0,033	
9,40	20	28	0,53	25,0	-----	Ls	1,05	2,55	22	0,029	
9,60	39	51	0,80	36,6	-----	Sl	2,29	3,90	28	0,016	
9,80	36	52	1,07	38,6	-----	Sl	2,12	3,60	28	0,016	
10,00	34	48	0,93	36,4	-----	Sl	2,00	3,40	27	0,016	
* Si definiscono "strati scadenti" quelli con Rp < 10 kg/cmq										TAV.	3

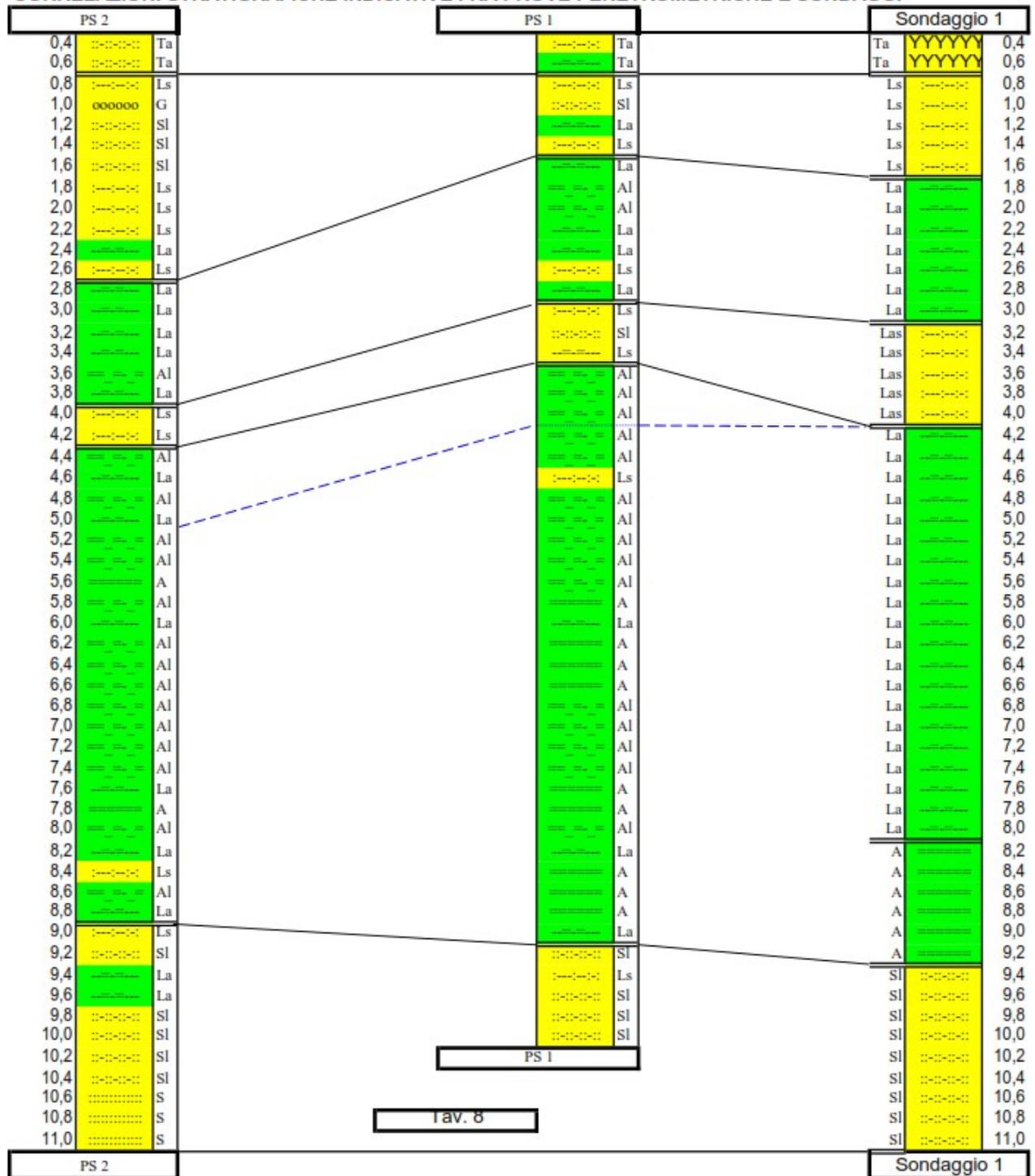
PROVA PENETROMETRICA N° 2											
Committente: Edilfutura						Località: Empoli - Via di San Martino					
Data: 01/06/2002						Profondità falda: -5 m dal p.c.					
Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu (kg/cmq)	σ-amm (kg/cmq)	Φ (gradi)	Mv	* Strati scadenti
0,40	16	19	0,20	60,0	-----	SI	1,00	1,60	26	0,036	
0,60	10	14	0,27	37,5	-----	SI	0,59	1,00	25	0,057	
0,80	7	11	0,27	26,3	-----	Ls	0,37	0,75	21	0,080	XXXXXX
1,00	14	18	0,27	105,0	oooooo	G	0,00	1,40	25	0,041	
1,20	18	20	0,13	33,8	-----	SI	1,06	1,80	26	0,033	
1,40	14	22	0,53	35,0	-----	SI	0,82	1,40	25	0,041	
1,60	17	23	0,40	36,4	-----	SI	1,00	1,70	26	0,034	
1,80	15	22	0,47	25,0	-----	Ls	0,79	1,61	21	0,039	
2,00	16	25	0,60	26,7	-----	Ls	0,84	1,72	21	0,036	
2,20	13	22	0,60	24,4	-----	Ls	0,68	1,43	21	0,044	
2,40	10	18	0,53	18,8	-----	La	0,50	1,09	16	0,057	
2,60	9	17	0,53	27,0	-----	Ls	0,47	1,05	21	0,063	XXXXXX
2,80	9	14	0,33	19,3	-----	La	0,45	1,02	16	0,063	XXXXXX
3,00	10	17	0,47	21,4	-----	La	0,50	1,13	16	0,057	
3,20	10	17	0,47	21,4	-----	La	0,50	1,14	16	0,057	
3,40	10	17	0,47	21,4	-----	La	0,50	1,15	16	0,057	
3,60	10	17	0,47	16,7	-----	Al	0,48	1,11	14	0,057	
3,80	16	25	0,60	18,5	-----	La	0,80	1,74	16	0,036	
4,00	18	31	0,87	27,0	-----	Ls	0,95	2,03	22	0,033	
4,20	20	30	0,67	27,3	-----	Ls	1,05	2,25	22	0,029	
4,40	8	19	0,73	15,0	-----	Al	0,38	0,98	14	0,070	XXXXXX
4,60	8	16	0,53	17,1	-----	La	0,40	1,03	16	0,070	XXXXXX
4,80	7	14	0,47	15,0	-----	Al	0,33	0,91	13	0,080	XXXXXX
5,00	9	16	0,47	19,3	-----	La	0,45	1,15	16	0,063	XXXXXX
5,20	8	15	0,47	13,3	-----	Al	0,38	1,03	14	0,070	XXXXXX
5,40	8	17	0,60	12,0	-----	Al	0,35	0,98	14	0,070	XXXXXX
5,60	8	18	0,67	10,9	-----	A	0,35	0,99	14	0,070	XXXXXX
5,80	8	19	0,73	13,3	-----	Al	0,38	1,06	14	0,070	XXXXXX
6,00	13	22	0,60	17,7	-----	La	0,65	1,59	16	0,044	
6,20	13	24	0,73	15,0	-----	Al	0,62	1,54	14	0,044	
6,40	14	27	0,87	14,0	-----	Al	0,67	1,64	14	0,041	
6,60	15	30	1,00	15,0	-----	Al	0,71	1,74	14	0,039	
6,80	15	30	1,00	14,1	-----	Al	0,71	1,75	14	0,039	
7,00	18	34	1,07	16,9	-----	Al	0,86	2,04	14	0,033	
7,20	16	32	1,07	16,0	-----	Al	0,76	1,87	14	0,036	
7,40	14	29	1,00	14,0	-----	Al	0,67	1,70	14	0,041	
7,60	14	29	1,00	17,5	-----	La	0,70	1,77	16	0,041	
7,80	10	22	0,80	11,5	-----	A	0,43	1,28	14	0,057	
8,00	10	23	0,87	16,7	-----	Al	0,48	1,37	14	0,057	
8,20	11	20	0,60	20,6	-----	La	0,55	1,52	16	0,052	
8,40	14	22	0,53	23,3	-----	Ls	0,74	1,89	21	0,041	
8,60	8	17	0,60	13,3	-----	Al	0,38	1,23	14	0,070	XXXXXX
8,80	8	17	0,60	20,0	-----	La	0,40	1,27	16	0,070	XXXXXX
9,00	20	26	0,40	25,0	-----	Ls	1,05	2,53	22	0,029	
9,20	10	22	0,80	50,0	-----	SI	0,63	1,00	25	0,057	
9,40	9	12	0,20	22,5	-----	La	0,45	1,40	16	0,063	XXXXXX
9,60	9	15	0,40	22,5	-----	La	0,45	1,42	16	0,063	XXXXXX
9,80	15	21	0,40	56,3	-----	SI	0,94	1,50	26	0,039	
10,00	60	64	0,27	56,3	-----	SI	3,75	6,00	30	0,016	
10,20	40	56	1,07	46,2	-----	SI	2,50	4,00	28	0,016	
10,40	45	58	0,87	42,2	-----	SI	2,65	4,50	29	0,016	
10,60	44	60	1,07	66,0	-----	S	0,00	4,40	28	0,016	
10,80	50	60	0,67	75,0	-----	S	0,00	5,00	29	0,016	
11,00	52	62	0,67	78,0	-----	S	0,00	5,20	29	0,016	
* Si definiscono "strati scadenti" quelli con Rp < 10 kg/cmq										TAV.	4

PROVA PENETROMETRICA N° 3											
Committente: Edilfutura						Località: Empoli - Via di San Martino					
Data: 01/06/2002						Profondità falda: -5 m dal p.c.					
Prof. (m)	Kp (kg/cmq)	RI (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu kg/cmq	σ-amm kg/cmq	Φ gradi	Mv	* Strati scadenti
0,40	12	15	0,20	45,0	Sl		0,75	1,20	25	0,048	
0,60	14	18	0,27	17,5	La		0,70	1,37	16	0,041	
0,80	10	22	0,80	25,0	La		0,53	1,05	21	0,057	
1,00	22	28	0,40	25,4	La		1,16	2,26	22	0,027	
1,20	19	32	0,87	23,8	La		1,00	1,97	22	0,031	
1,40	20	32	0,80	42,9	Sl		1,18	2,00	26	0,029	
1,60	23	30	0,47	34,5	Sl		1,35	2,30	26	0,026	
1,80	17	27	0,67	42,5	Sl		1,00	1,70	26	0,034	
2,00	19	25	0,40	31,7	La		1,00	2,02	22	0,031	
2,20	17	26	0,60	25,5	La		0,89	1,83	21	0,034	
2,40	14	24	0,67	23,3	La		0,74	1,54	21	0,041	
2,60	12	21	0,60	20,0	La		0,60	1,29	16	0,048	
2,80	10	19	0,60	15,0	Al		0,48	1,07	14	0,057	
3,00	13	23	0,67	19,5	La		0,65	1,41	16	0,044	
3,20	14	24	0,67	19,1	La		0,70	1,52	16	0,041	
3,40	13	24	0,73	32,5	La		0,68	1,50	21	0,044	
3,60	12	18	0,40	20,0	La		0,60	1,35	16	0,048	
3,80	17	26	0,60	21,3	La		0,85	1,84	16	0,034	
4,00	13	25	0,80	19,5	La		0,65	1,47	16	0,044	
4,20	11	21	0,67	23,6	La		0,58	1,35	21	0,052	
4,40	8	15	0,47	17,1	La		0,40	1,02	16	0,070	XXXXXX
4,60	10	17	0,47	21,4	La		0,50	1,22	16	0,057	
4,80	10	17	0,47	21,4	La		0,50	1,23	16	0,057	
5,00	14	21	0,47	21,0	La		0,70	1,62	16	0,041	
5,20	13	23	0,67	21,7	La		0,65	1,54	16	0,044	
5,40	21	30	0,60	31,5	Al		1,11	2,42	22	0,028	
5,60	14	24	0,67	30,0	La		0,74	1,73	21	0,041	
5,80	12	19	0,47	15,0	Al		0,57	1,42	14	0,048	
6,00	17	29	0,80	18,2	La		0,85	1,97	16	0,034	
6,20	14	28	0,93	21,0	La		0,70	1,69	16	0,041	
6,40	11	21	0,67	13,8	Al		0,52	1,37	14	0,052	
6,60	12	24	0,80	12,9	Al		0,57	1,47	14	0,048	
6,80	11	25	0,93	13,8	Al		0,52	1,39	14	0,052	
7,00	14	26	0,80	17,5	La		0,70	1,74	16	0,041	
7,20	12	24	0,80	16,4	Al		0,57	1,51	14	0,048	
7,40	9	20	0,73	11,3	A		0,39	1,18	14	0,063	XXXXXX
7,60	8	20	0,80	10,9	A		0,35	1,10	14	0,070	XXXXXX
7,80	11	22	0,73	13,8	Al		0,52	1,45	14	0,052	
8,00	15	27	0,80	25,0	La		0,79	1,97	21	0,039	
8,20	16	25	0,60	26,7	La		0,84	2,08	21	0,036	
8,40	12	21	0,60	22,5	La		0,60	1,63	16	0,048	
8,60	10	18	0,53	18,8	La		0,50	1,45	16	0,057	
8,80	8	16	0,53	13,3	Al		0,38	1,24	14	0,070	XXXXXX
9,00	14	23	0,60	21,0	La		0,70	1,86	16	0,041	
9,20	30	40	0,67	56,3	Sl		1,88	3,00	27	0,020	
9,40	14	22	0,53	19,1	La		0,70	1,88	16	0,041	
9,60	7	18	0,73	9,5	A		0,30	1,14	13	0,080	XXXXXX
9,80	8	19	0,73	10,9	A		0,35	1,23	14	0,070	XXXXXX
10,00	8	19	0,73	10,9	A		0,35	1,24	14	0,070	XXXXXX
* Si definiscono "strati scadenti" quelli con Rp < 10 kg/cmq										TAV.	5

PROVA PENETROMETRICA N° 4											
Committente: Edilfutura				Località: Empoli - Via di San Martino							
Data: 01/06/2002				Profondità falda: -7,4 m dal p.c.							
Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Rl (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu kg/cmq	σ-amm kg/cmq	Φ gradi	Mv	* Strati scadenti
0,40	13	24	0,73	17,7	La		0,65	1,26	16	0,044	
0,60	14	25	0,73	14,0	Al		0,67	1,30	14	0,041	
0,80	20	35	1,00	15,0	Al		0,95	1,86	14	0,029	
1,00	22	42	1,33	13,2	Al		1,05	2,05	14	0,027	
1,20	24	49	1,67	14,4	Al		1,14	2,24	15	0,025	
1,40	22	47	1,67	14,3	Al		1,05	2,07	14	0,027	
1,60	18	41	1,53	11,7	A		0,78	1,58	14	0,033	
1,80	17	40	1,53	12,8	Al		0,81	1,64	14	0,034	
2,00	16	36	1,33	10,4	A		0,70	1,44	14	0,036	
2,20	18	41	1,53	12,3	Al		0,86	1,76	14	0,033	
2,40	12	34	1,47	9,5	A		0,52	1,13	14	0,048	
2,60	17	36	1,27	12,8	Al		0,81	1,69	14	0,034	
2,80	16	36	1,33	12,6	Al		0,76	1,61	14	0,036	
3,00	15	34	1,27	15,0	Al		0,71	1,53	14	0,039	
3,20	13	28	1,00	13,9	Al		0,62	1,36	14	0,044	
3,40	12	26	0,93	18,0	La		0,60	1,34	16	0,048	
3,60	12	22	0,67	15,0	Al		0,57	1,30	14	0,048	
3,80	12	24	0,80	13,8	Al		0,57	1,31	14	0,048	
4,00	16	29	0,87	17,1	La		0,80	1,75	16	0,036	
4,20	15	29	0,93	14,1	Al		0,71	1,60	14	0,039	
4,40	22	38	1,07	17,4	La		1,10	2,35	17	0,027	
4,60	18	37	1,27	15,0	Al		0,86	1,90	14	0,033	
4,80	14	32	1,20	13,1	Al		0,67	1,55	14	0,041	
5,00	16	32	1,07	34,3	SI		0,94	1,60	26	0,036	
5,20	29	36	0,47	25,6	Ls		1,53	3,20	22	0,021	
5,40	24	41	1,13	22,5	Al		1,20	2,60	17	0,025	
5,60	12	28	1,07	10,6	A		0,52	1,32	14	0,048	
5,80	15	32	1,13	11,3	A		0,65	1,58	14	0,039	
6,00	15	35	1,33	16,1	Al		0,71	1,71	14	0,039	
6,20	16	30	0,93	14,1	Al		0,76	1,81	14	0,036	
6,40	17	34	1,13	13,4	Al		0,81	1,91	14	0,034	
6,60	15	34	1,27	11,3	A		0,65	1,62	14	0,039	
6,80	20	40	1,33	16,7	Al		0,95	2,21	14	0,029	
7,00	18	36	1,20	16,9	Al		0,86	2,04	14	0,033	
7,20	16	32	1,07	16,0	Al		0,76	1,87	14	0,036	
7,40	11	26	1,00	11,8	A		0,48	1,34	14	0,052	
7,60	16	30	0,93	17,1	La		0,80	1,96	16	0,036	
7,80	11	25	0,93	9,2	A		0,48	1,36	14	0,052	
8,00	16	34	1,20	12,0	A		0,70	1,79	14	0,036	
8,20	18	38	1,33	18,0	La		0,90	2,19	16	0,033	
8,40	15	30	1,00	18,8	La		0,75	1,92	16	0,039	
8,60	13	25	0,80	17,7	La		0,65	1,74	16	0,044	
8,80	8	19	0,73	9,2	A		0,35	1,17	14	0,070	xxxxxx
9,00	10	23	0,87	12,5	Al		0,48	1,43	14	0,057	
9,20	18	30	0,80	24,5	Ls		0,95	2,34	22	0,033	
9,40	12	23	0,73	15,0	Al		0,57	1,63	14	0,048	
9,60	36	48	0,80	67,5	S		0,00	3,60	28	0,016	
9,80	36	44	0,53	67,5	S		0,00	3,60	28	0,016	
10,00	22	30	0,53	41,3	SI		1,29	2,20	26	0,027	
* Si definiscono "strati scadenti" quelli con Rp < 10 kg/cmq										IAV.	6

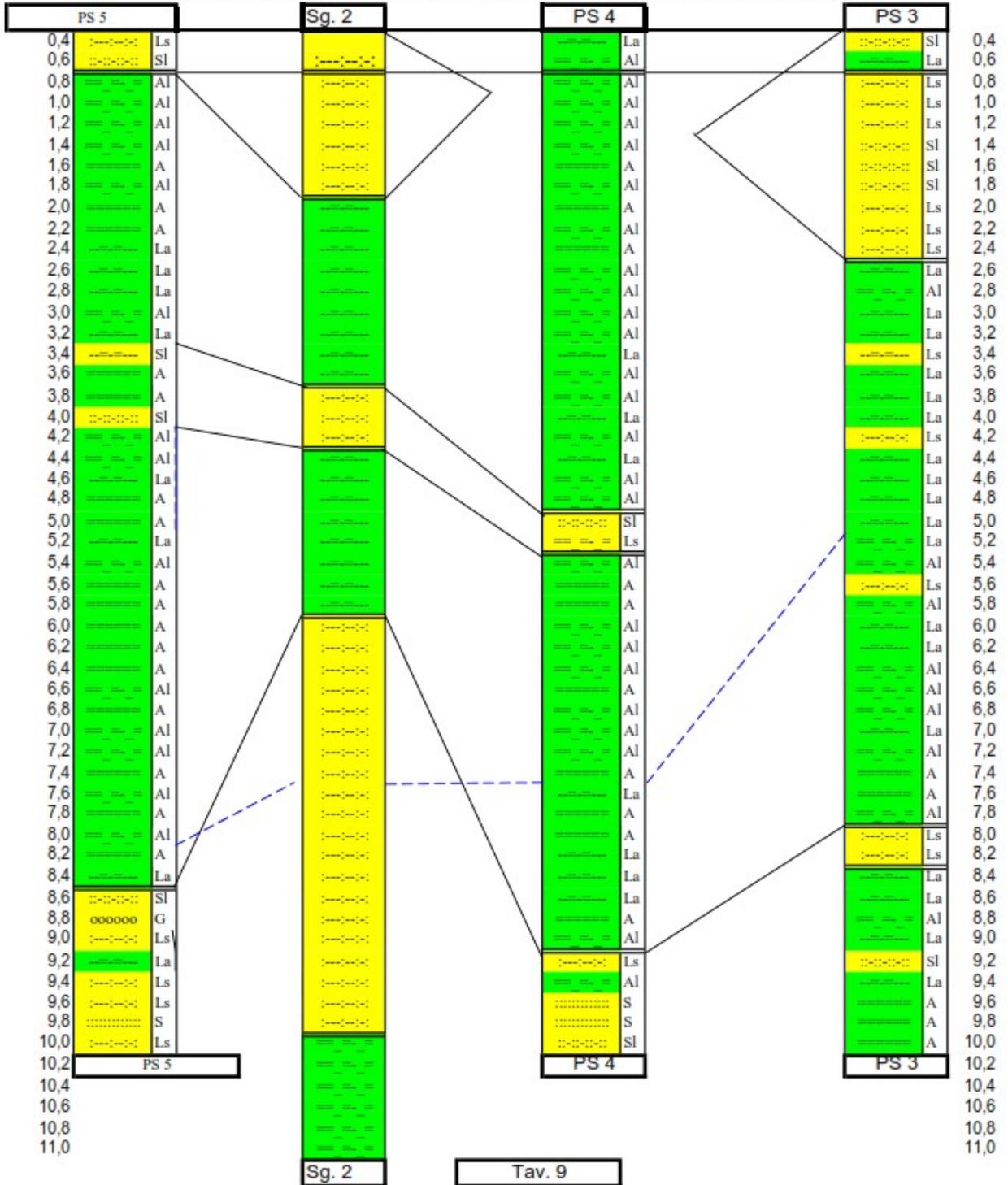
PROVA PENETROMETRICA N° 5											
Committente: Edilfutura				Località: Empoli - Via di San Martino							
Data: 01/06/2002				Profondità falda: -8 m dal p.c.							
Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Rl (kg/cmq)	Ral	Rp/Ral	Litologia	Falda	Cu kg/cmq	σ-amm kg/cmq	Φ gradi	Mv	* Strati scadenti
0,40	8	14	0,40	24,0	-----:--	Ls	0,42	0,82	21	0,070	xxxxxx
0,60	13	18	0,33	48,8	-----:--	Sl	0,81	1,30	25	0,044	
0,80	16	20	0,27	15,0	=====	Al	0,76	1,49	14	0,036	
1,00	22	38	1,07	15,0	=====	Al	1,05	2,05	14	0,027	
1,20	26	48	1,47	14,4	=====	Al	1,24	2,42	15	0,023	
1,40	21	48	1,80	13,7	=====	Al	1,00	1,98	14	0,028	
1,60	14	37	1,53	8,8	=====	A	0,61	1,25	14	0,041	
1,80	18	42	1,60	12,3	=====	Al	0,86	1,73	14	0,033	
2,00	17	39	1,47	11,1	=====	A	0,74	1,52	14	0,034	
2,20	17	40	1,53	11,1	=====	A	0,74	1,53	14	0,034	
2,40	19	42	1,53	19,0	=====	La	0,95	1,95	16	0,031	
2,60	23	38	1,00	19,2	=====	La	1,15	2,34	17	0,026	
2,80	26	44	1,20	17,7	=====	La	1,30	2,63	17	0,023	
3,00	26	48	1,47	15,0	=====	Al	1,24	2,53	15	0,023	
3,20	18	44	1,73	18,0	=====	La	0,90	1,90	16	0,033	
3,40	17	32	1,00	36,4	-----:--	Sl	1,00	1,70	26	0,034	
3,60	15	22	0,47	11,8	=====	A	0,65	1,45	14	0,039	
3,80	12	31	1,27	9,0	=====	A	0,52	1,21	14	0,048	
4,00	19	39	1,33	47,5	-----:--	Sl	1,19	1,90	26	0,031	
4,20	26	32	0,40	15,0	=====	Al	1,24	2,60	15	0,023	
4,40	28	54	1,73	16,2	=====	Al	1,33	2,79	15	0,021	
4,60	28	54	1,73	19,1	=====	La	1,40	2,93	17	0,021	
4,80	26	48	1,47	10,8	=====	A	1,13	2,43	15	0,023	
5,00	18	54	2,40	10,4	=====	A	0,78	1,78	14	0,033	
5,20	22	48	1,73	20,6	=====	La	1,10	2,39	17	0,027	
5,40	14	30	1,07	15,0	=====	Al	0,67	1,58	14	0,041	
5,60	14	28	0,93	11,1	=====	A	0,61	1,48	14	0,041	
5,80	15	34	1,27	11,3	=====	A	0,65	1,58	14	0,039	
6,00	15	35	1,33	11,3	=====	A	0,65	1,59	14	0,039	
6,20	16	36	1,33	11,4	=====	A	0,70	1,68	14	0,036	
6,40	20	41	1,40	11,5	=====	A	0,87	2,03	14	0,029	
6,60	26	52	1,73	13,0	=====	Al	1,24	2,74	15	0,023	
6,80	22	52	2,00	8,9	=====	A	0,96	2,21	14	0,027	
7,00	25	62	2,47	15,0	=====	Al	1,19	2,67	15	0,024	
7,20	27	52	1,67	16,9	=====	Al	1,29	2,86	15	0,022	
7,40	21	45	1,60	11,7	=====	A	0,91	2,17	14	0,028	
7,60	23	50	1,80	16,4	=====	Al	1,10	2,52	15	0,026	
7,80	12	33	1,40	10,6	=====	A	0,52	1,45	14	0,048	
8,00	12	29	1,13	15,0	=====	Al	0,57	1,55	14	0,048	
8,20	11	23	0,80	8,3	=====	A	0,48	1,39	14	0,052	
8,40	24	44	1,33	21,2	=====	La	1,20	2,77	17	0,025	
8,60	32	49	1,13	48,0	-----:--	Sl	2,00	3,20	27	0,016	
8,80	50	60	0,67	93,8	oooooooo	G	0,00	5,00	29	0,016	
9,00	32	40	0,53	24,0	-----:--	Ls	1,68	3,73	23	0,016	
9,20	32	52	1,33	17,1	-----:--	La	1,60	3,58	17	0,016	
9,40	22	50	1,87	27,5	-----:--	Ls	1,16	2,75	22	0,027	
9,60	40	52	0,80	25,0	-----:--	Ls	2,11	4,56	23	0,016	
9,80	44	68	1,60	66,0	-----:--	S	0,00	4,40	28	0,016	
10,00	22	32	0,67	33,0	-----:--	Ls	1,16	2,78	22	0,027	
* Si definiscono "strati scadenti" quelli con Rp < 10 kg/cmq										TAV.	/

CORRELAZIONI STRATIGRAFICHE INDICATIVE FRA PROVE PENETROMETRICHE E SONDAGGI

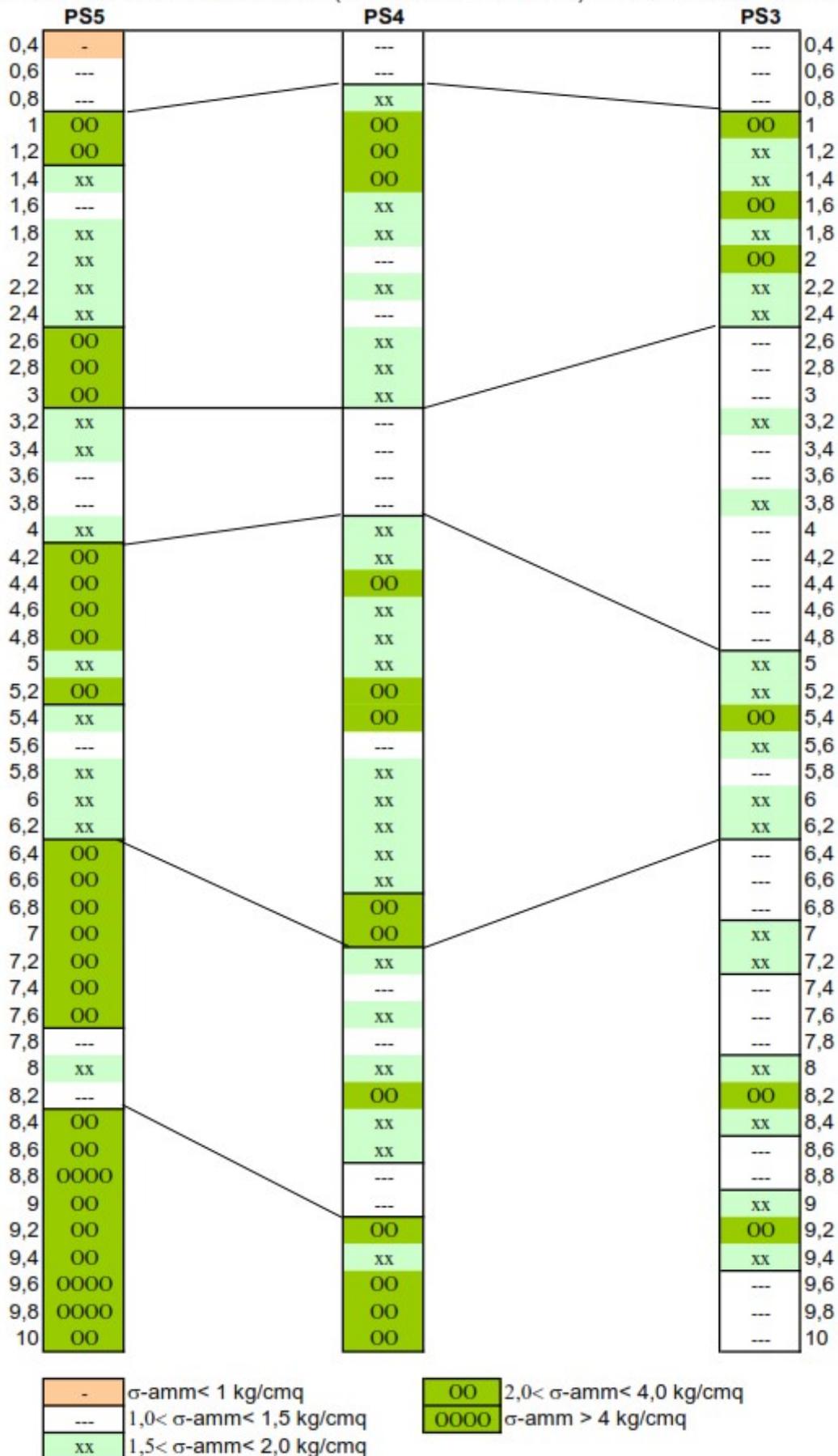


Tav. 8

CORRELAZIONI STRATIGRAFICHE INDICATIVE FRA PROVE PENETROMETRICHE E SONDAGGI

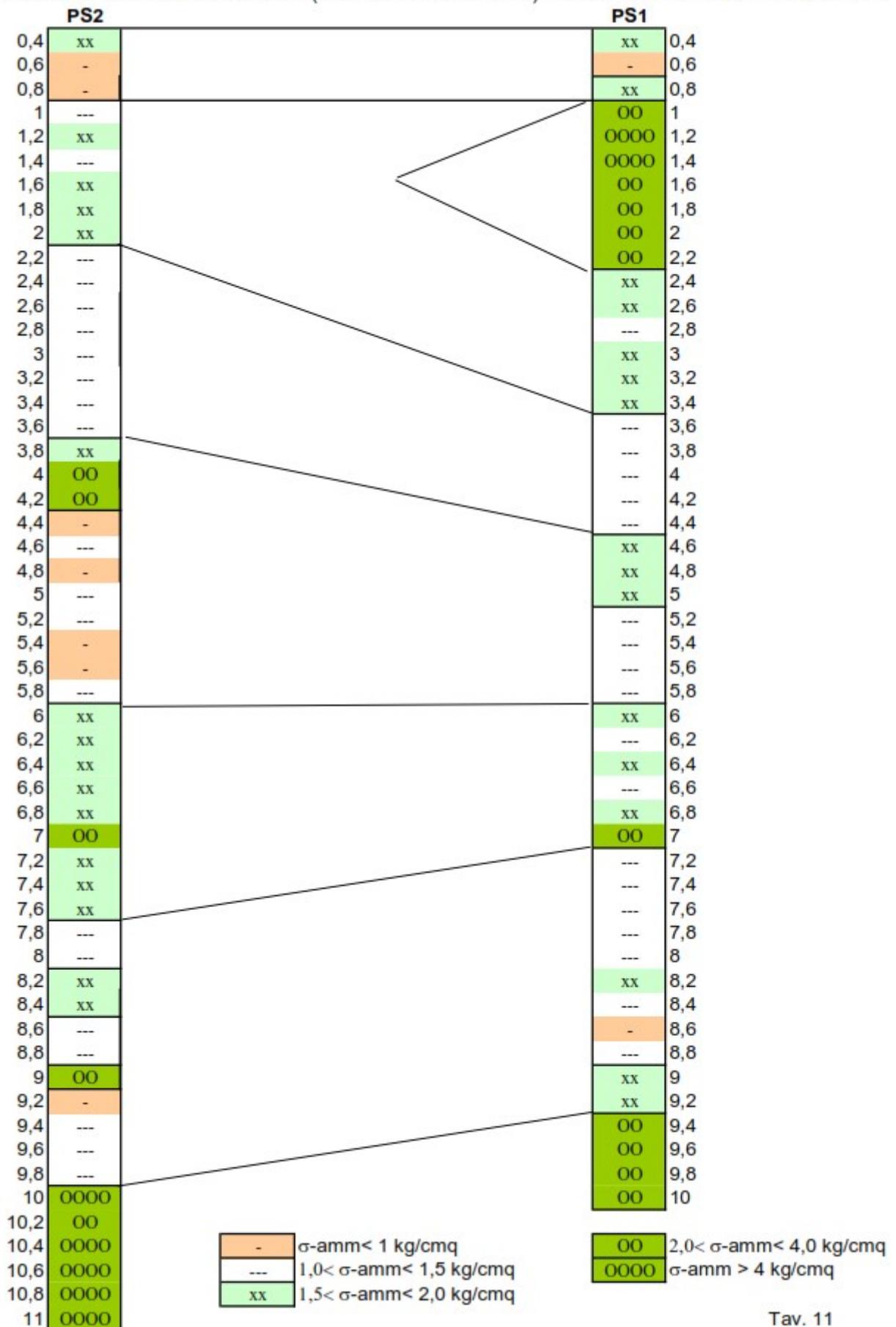


CORRELAZIONE GEOMECCANICA (CAPACITA' PORTANTE) FRA LE PROVE PENETROMETRICHE



Tav. 10

CORRELAZIONE GEOMECCANICA (CAPACITA' PORTANTE) FRA LE PROVE PENETROMETRICHE



Tav. 11