

Oggetto dell'incarico (INCLUSA LA CERTIFICAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA L.R. 1/2015)

**STUDIO
GEOLOGICO**

**MODELLAZIONE
GEOLOGICA**

**MODELLAZIONE
SISMICA**

Committente

COMUNE DI DERUTA

Titolo dell'incarico

Realizzazione nuovi loculi

Località

Cimitero di DERUTA

Mappale

FOGLIO 21

PARTICELLA 399

Spazio timbro professionista

Emissione/revisione



Agosto 2020

Spazio timbri

PREMESSA

L'incarico in oggetto è stato commissionato dal Comune di Deruta e riguarda lo studio geologico per la realizzazione di nuovi loculi nel cimitero di Deruta.

Il quadro normativo di riferimento comprende principalmente il D.M. 17/01/2018.

L'opera in progetto è di modesta entità e consiste in una struttura edilizia di limitata altezza (circa 5-6 m).

L'area in esame è posta sui rilievi orientali della Val Tiberina, ad est del centro storico di Deruta, nella C.T.R. dell'Umbria - Elemento 323024 - in scala 1:5.000 ed è distinta in planimetria catastale al foglio n°21 particella n°399.

Le coordinate geografiche del sito sono: lat.= 42.982013° long.= 12.424912° (datum ED50).

Non ci sono vincoli che riguardano gli aspetti geologici riferiti alle carte PAI, IFFI, PTCP, PUT, PRG e geologia regionale.

STUDIO GEOLOGICO

Il presente studio intende caratterizzare dal punto di vista geologico e sismico l'area interessata dall'intervento descritto in premessa.

Al reperimento degli elaborati progettuali e della cartografia tematica del sito, sono seguiti i sopralluoghi e la raccolta delle notizie reperite in zona; successivamente sono state effettuate le opportune indagini in sito, valutate quelle di riferimento, ed è stata redatta la presente relazione sulla base delle osservazioni compiute e dei risultati ottenuti.

Il sottosuolo dell'area appartiene ai depositi fluvio/lacustri Plio/Pleistocenici che bordano la piana del F.Tevere e per diverse decine di metri in profondità dal p.c..

Si tratta di sedimenti di origine fluvio/lacustre costituiti in generale da facies argilloso-limose e sabbioso-ghiaiose alternate in strati e banchi di variabile spessore e granulometria.

Il terreno in esame è posto in posizione sommitale, lungo la piccola dorsale che fa da spartiacque tra due fossi, tra cui il Fosso del Piscinello a sud, entrambi affluenti di sinistra del F.Tevere; in generale la piccola parte di territorio di studio è aspro con ripide e profonde scarpate collinari generate da morfoselezione.

Non sono presenti dati sulla franosità storica dell'area direttamente interessata dall'intervento.

La circolazione idrica del sottosuolo si sviluppa all'interno dei livelli sabbioso-ghiaiosi più permeabili presenti all'interno della successione fluvio/lacustre e forma falde acquifere sospese a diverse altezze stratigrafiche.

Per quanto riguarda lo studio di dettaglio, il terreno di edificazione è posto ad una quota di circa 205 m s.l.m.; l'area del cimitero interessata dalla costruzione assume una pendenza lieve verso nord/ovest lungo l'asse della dorsale, mentre i versanti della stessa dorsale che scendono verso il fondovalle, esternamente a quanto in progetto, assumono pendenze intorno al 30% (poggio collinare rialzato di circa 15/20 m dal fondovalle).

Non sono presenti attualmente movimenti gravitativi in atto o latenti in grado di interferire con quanto in progetto, né lo stesso per la sua modesta entità può ledere a tale stabilità globale.

Il reticolo idrografico è costituito dai fossi e condotte urbane che scendono dal rilievo collinare e che si gettano nei corsi d'acqua di fondovalle, senza interessare negativamente con la zona di edificazione rialzata in questione.

Sulla base del rilievo idrogeologico dell'area, la circolazione idrica sotterranea più superficiale può essere posizionata ad una profondità di circa 10 m dal p.c. e comunque tale, anche considerando le risalite nei periodi di morbida, da non interessare la struttura in progetto.

Non è escluso, comunque, l'instaurarsi di deboli circolazioni idriche nel primo sottosuolo a quote superficiali soprattutto a seguito degli eventi meteorici e successivi, per cui si consiglia la realizzazione di opere drenanti almeno superficiali (scoline) che allontanino le acque dalla struttura facendole recapitare a debita distanza.

La cartografia sulla propensione ai dissesti (carta PAI, IFFI, PTCP, PUT, PRG e geologia regionale) non riporta zone franose che interessano direttamente il sito di progetto.

Terre e rocce da scavo

È previsto il riutilizzo integrale delle terre e rocce da scavo nel medesimo sito; in particolare si tratta di suolo non contaminato e di altro materiale allo stato naturale escavato nel corso dell'attività di costruzione, ed è certo che il materiale sarà utilizzato a fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato escavato.

MODELLAZIONE GEOLOGICA

Le caratteristiche geotecniche dei terreni del sottosuolo interessati dai carichi progettuali sono state ricavate da n°2 prove penetrometriche dinamiche; si fa riferimento inoltre a n°1 prospezione sismica MASW ed altre indagini geognostiche/sismiche eseguite nelle vicinanze in occasione di precedenti interventi ed in terreni geologicamente analoghi.

L'ubicazione, la tipologia e la descrizione delle indagini in sito e di riferimento sono riportate nelle tavole in appendice, insieme ai risultati dell'elaborazione dei rispettivi programmi specifici.

Per quanto riguarda l'indagine penetrometrica la strumentazione utilizzata è costituita da un penetrometro dinamico prodotto dalla Ditta Compac. Per la prospezione sismica MASW l'unità di acquisizione è della Sara Elettronic Instruments 24 canali – 24 bit, i sensori sono GS11D 4.5 Hz, l'energizzazione è data da una mazza da 5 kg su piastra metallica.

Da tali indagini è stato possibile, oltre che definire la modellazione sismica, ricostruire il seguente profilo stratigrafico-geotecnico del sottosuolo (modello geologico-geotecnico), a partire dalla quota attuale del p.c. ed escludendo la copertura rimaneggiata superficiale non adatta come terreno fondale:

da 1.0 a >8.0 m limo sabbioso/argilloso medio consistente

(comportamento prevalentemente incoerente)

Parametro	simb.	Unità	valore rilev.	M1 v. carat.	M2 v. prog.
peso di volume naturale	γ	kN/m ³	19	19	19
peso di volume saturo	γ_{sat}	kN/m ³	20	20	20
coesione non drenata - tensioni totali	c_u	kN/m ²	0	0	0
coesione efficace - tensioni effettive	c'	kN/m ²	-	-	-
angolo attrito non drenato - tensioni totali	ϕ_u	gradi ses. (°)	>28	28	23
angolo attrito interno efficace - ten. effettive	ϕ'	gradi ses. (°)	>28	28	23
coefficiente sottofondo (cost. di Winkler)	K_0	kg/cm ³	2/4	2	2
grado di sovraconsolidazione	OCR	-	>1	>1	>1
modulo di Poisson	ν	-	0.35	0.35	0.35
modulo elastico	E	kg/cm ²	>100	100	100

Verifiche di stabilità

Il terreno ricade in posizione sommitale, del tutto stabile, e non necessita, in relazione anche alla tipologia di intervento in progetto, di verifiche di stabilità specifiche sia del complesso opera/versante sia del fronte di scavo, limitato all'ipotesi delle fondazioni superficiali.

Scarichi delle acque reflue

Non sono previste acque reflue.

MODELLAZIONE SISMICA

La presente modellazione ha lo scopo di definire, in relazione alla tipologia dell'opera, l'azione sismica di progetto sulla base delle valutazioni geologiche-geomorfologiche del sito, derivanti anche dallo studio e modellazione geologica precedentemente illustrati e dai risultati della prospezione sismica di riferimento.

L'intervento ricade in zona sismica di 2a categoria (grado di sismicità pari a 9), come individuato nella D.G.R. del 18 settembre 2012 n. 1111 "Aggiornamento classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" seguita alla D.G.R. del 18 giugno 2003 n. 852 "Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell'Umbria" ed alle disposizioni dell'Ordinanza del P.C.M. n°3274 del 20/03/2003.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto è stata stabilita la vita nominale della struttura, la classe d'uso ed il periodo di riferimento; sulla base di ciò è stato stabilito il periodo di ritorno associato a ciascuno stato limite per la struttura in esame ed è stata definita la pericolosità sismica di base (caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse) per una prefissata P_{VR} (probabilità di superamento associata ad ogni stato limite), in merito allo studio dell'Istituto Nazionale e di Geofisica e Vulcanologia (INGV); alla pericolosità sismica di base è stata associata l'amplificazione sismica locale, dovuta alla litostratigrafia e topografia.

L'azione sismica di riferimento è stata rappresentata in termini di spettri di risposta elastici in spostamento, da cui, per mezzo del coefficiente di struttura di default, sono stati derivati i corrispondenti spettri di progetto.

In alternativa a quanto effettuato, l'azione sismica di progetto poteva essere definita per mezzo di accelerogrammi reali, artificiali o generati da simulazioni numeriche, dove nelle analisi di risposta sismica locale, l'azione sismica è descritta in termini di storia temporale di accelerazione su un sito di riferimento roccioso affiorante, con superficie topografica orizzontale.

Il ricorso a metodi semplificati è giustificato dalle NTC18 perché, come nel caso specifico, non si tratta di sito caratterizzato da terreni a bassa consistenza o suscettibili alla liquefazione e da morfologia complessa superficiale o sepolta, neppure dalla presenza di eterogeneità laterali o di variabilità plano-altimetriche pronunciate del tetto del substrato; per l'applicabilità dei metodi devono infatti essere escluse tutte quelle situazioni dove sono possibili effetti bi- o tri-dimensionali, effetti di bacino e di focalizzazione dell'energia sismica per cui bisogna ricorrere a specifiche analisi di risposta sismica locale.

Il base alla tipologia dell'intervento in progetto, possono essere definiti:

- vita nominale $V_N \geq 50$ anni;
- classe d'uso II ($C_U = 1$);
- periodo di riferimento $V_R \geq 50$ ($V_N \times C_U$).

Di supporto alla modellazione è stata considerata una prospezione geofisica MASW effettuata nelle vicinanze del sito e con la quale è stato possibile definire la **categoria B** di sottosuolo, ossia "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi

tra 360 m/s e 800 m/s" (per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$).

Per quanto riguarda la categoria topografica si può assegnare al sito in esame la **categoria T1** ossia "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", visto la semplice morfologia superficiale/sepolta e l'altezza del rilievo rispetto al fondo valle (15/20 m).

Nell'ambito della zona in esame non sono inoltre superficialmente rilevabili evidenti lineazioni morfologiche di faglie sismogenetiche in grado di testimoniare fenomeni tettonici attivi.

Per quanto riguarda l'amplificazione si indicano:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s compreso tra $1 \leq 1.4-0.4F_0a_g/g \leq 1.2$;
- coefficiente C_c pari a $1.1 (T_c)^{-0.2}$;
- coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

L'esclusione della verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle circostanze indicate nel punto 7.11.3.4 del DM 17.01.2018:

1. accelerazioni massime attese al p. c. in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna ...;
3. depositi costituiti da sabbie pulite ...;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

La valutazione in oggetto è stata effettuata con il metodo semplificato di Andrus e Stokoe (1997) modificato che si basa sulle velocità delle onde sismiche V_s del sottosuolo.

Per la verifica alla liquefazione si sono considerate la circolazione idrica sotterranea alla quota cautelativamente ipotizzata ed i parametri sismici caratteristici della zona, escludendo in definitiva la liquefazione del terreno in fase sismica.

CONCLUSIONI

Da un punto di vista geologico, si può concludere che non esistono controindicazioni all'intervento da realizzare in relazione alla sua tipologia ed, in particolare:

- i terreni del sottosuolo sono di natura fluvio/lacustre ed hanno idonee caratteristiche geotecniche, non sono suscettibili di liquefazione in fase di sisma e non hanno una disposizione eteropica significativa;
- il sito non è interessato attualmente da movimenti gravitativi in atto o latenti e da azioni morfogenetiche delle acque superficiali, né tale stabilità può essere alterata dall'opera stessa;
- la falda idrica sotterranea non interferisce;
- non esistono altre problematiche ambientali che possano essere di rilevante pericolosità.

Visto il modello geologico e le caratteristiche geotecniche dei terreni e considerando la tipologia della struttura, si può ritenere idoneo l'utilizzo di fondazioni superficiali di tipo platea da attestare a circa 1 m di profondità dal p.c., nel terreno limoso medio consistente.

In fase di scavo si dovrà verificare la natura e consistenza del terreno idoneo sopraindicato.

La scelta della tipologia, dimensione ed incasso delle fondazioni, insieme alla verifica degli stati limite, sarà comunque valutata e definita dal progettista strutturale, sulla base di quanto riportato.

Non è escluso l'instaurarsi di deboli circolazioni idriche nel primo sottosuolo soprattutto a seguito degli eventi meteorici, per cui si rende necessario la realizzazione di opere drenanti almeno superficiali (scoline) che allontanino le acque dalla struttura, facendole recapitare a debita distanza.

Eventuali discordanze tra quanto esposto in tale sede e quanto direttamente rilevato in fase di realizzazione degli interventi, dovranno essere tempestivamente comunicate allo scrivente al fine di valutare correttamente la reale incidenza delle stesse su quanto in progetto.

TAVOLE:

- corografia topografica, planimetria catastale, cartografia vincoli, cartografia geologica tematica, planimetria progettuale, sezione geologica, documentazione fotografica.

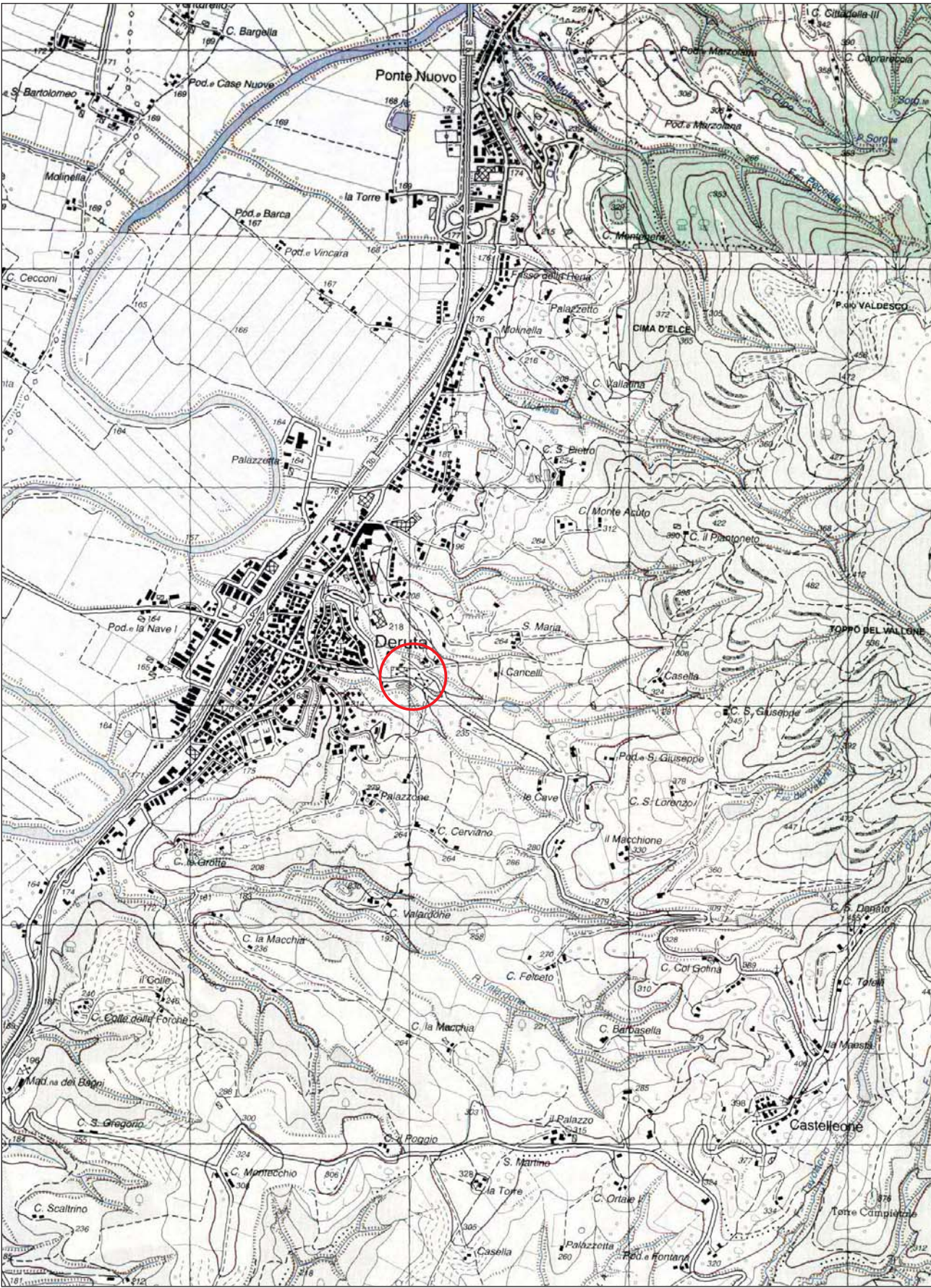
ALLEGATI:

- indagini geognostiche e geofisiche in sito e di riferimento;
- verifica alla liquefazione.

Marsciano, agosto 2020



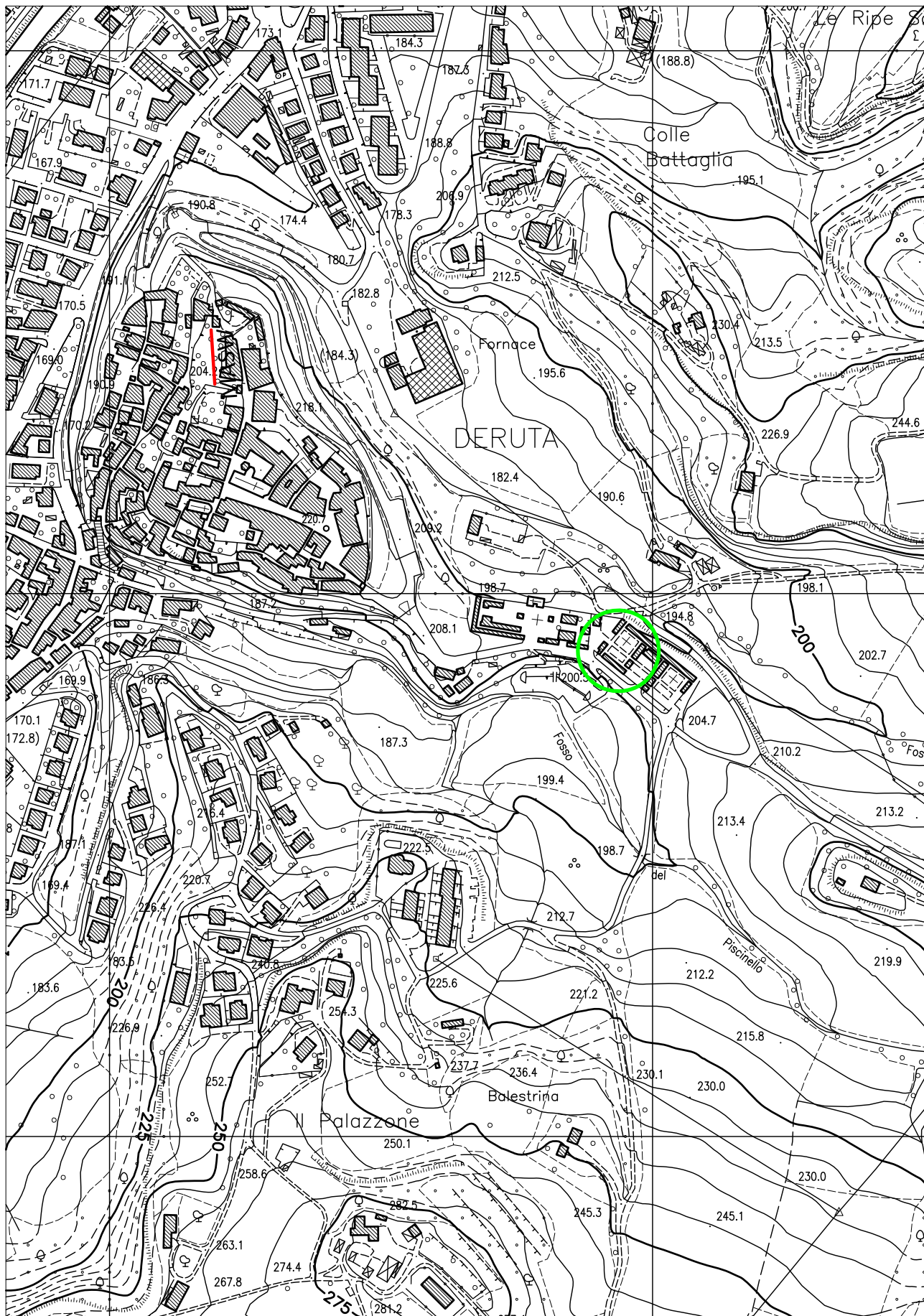
Corografia I.G.M. - scala 1:25.000



Area in oggetto

Corografia C.T.R. - scala 1:5.000

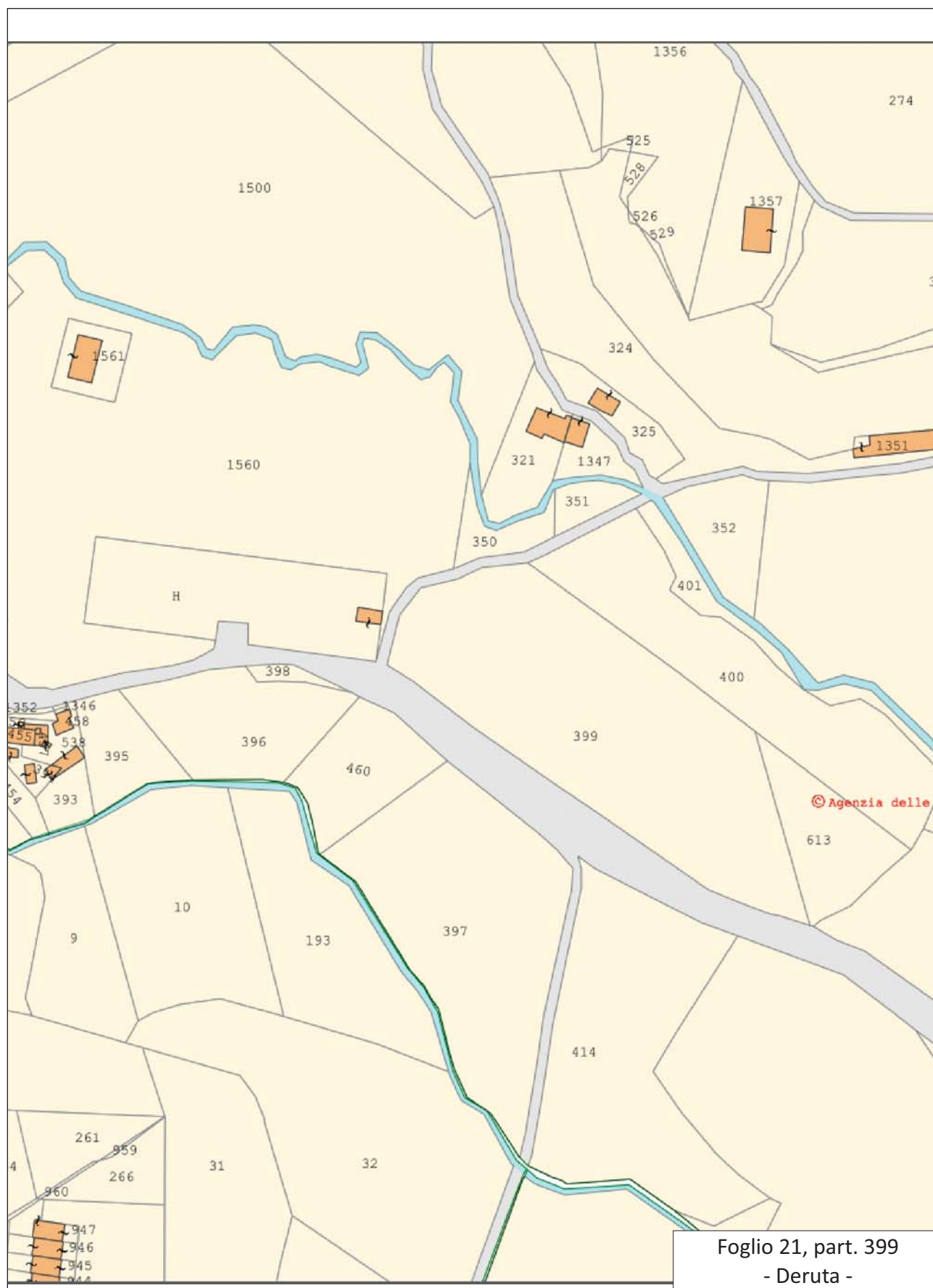
Elemento n°323024



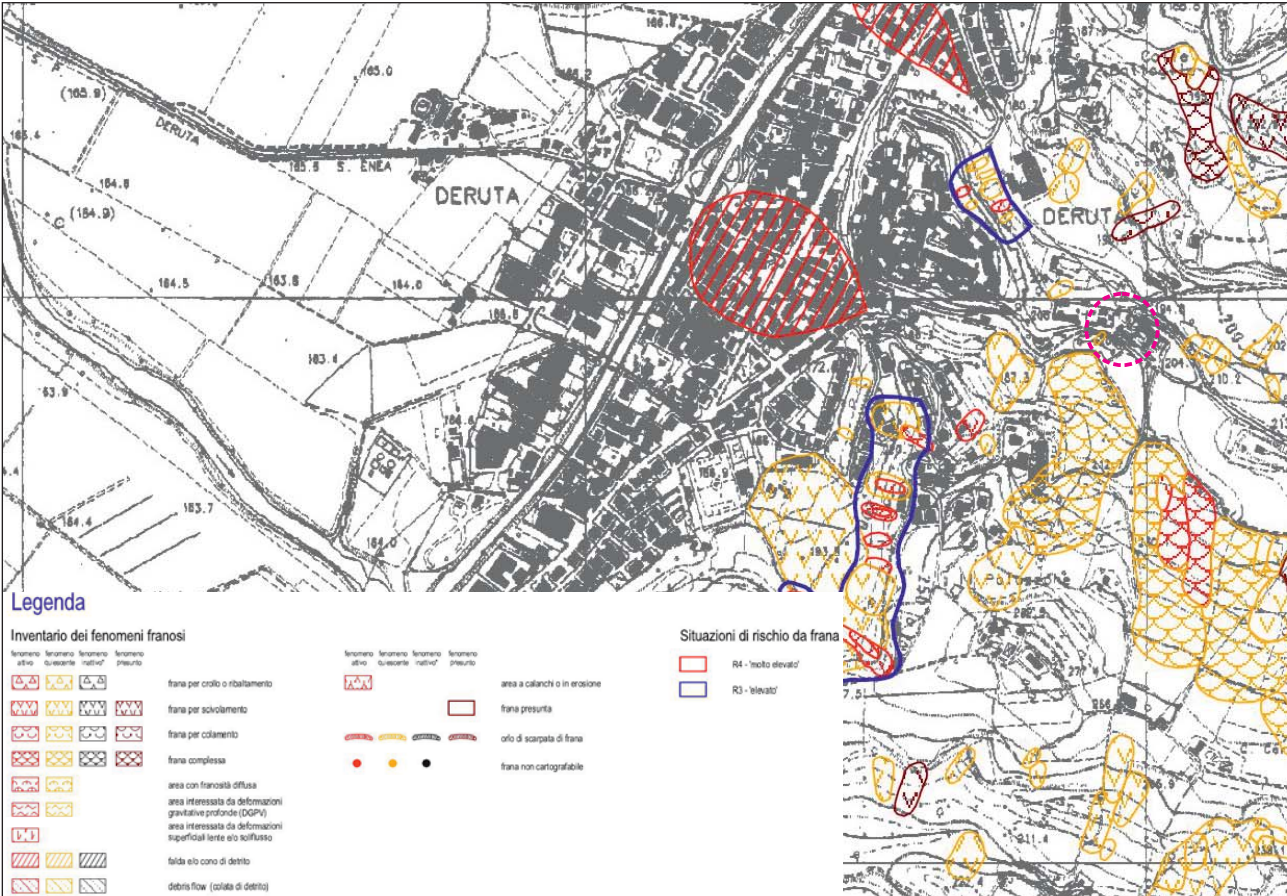
○ Edificio in oggetto

Prospezione di riferimento

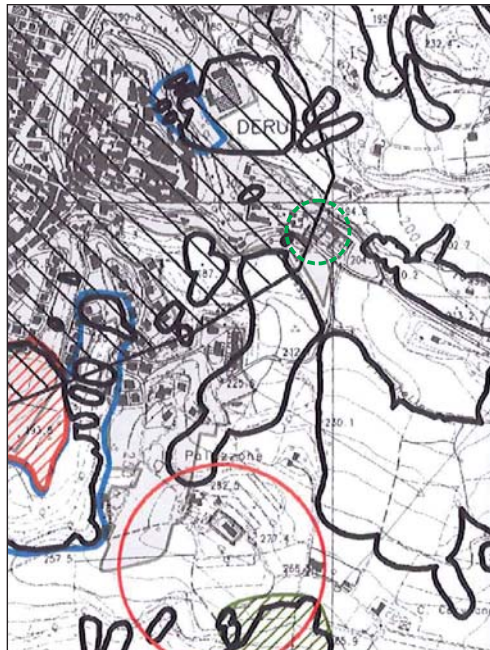
Planimetria catastale - scala 1:2.000



Cartografia PAI / IFFI - non in scala



Cartografia PRG - non in scala



AREE AD ALTA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

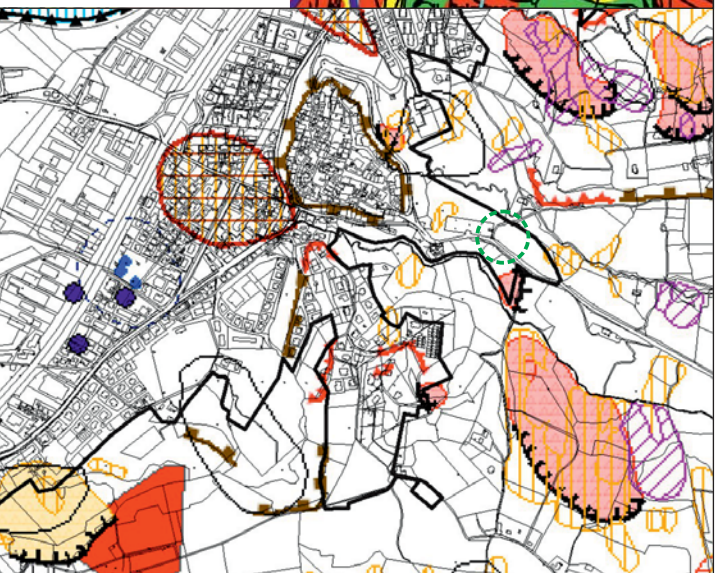
- Aree a rischio frana elevato R3 (fonte PAI)
- Inventario movimenti franosi attivi e quiescenti
- Fascia A (Tr=50)
- Fascia B (Tr=200)
- Zone di rispetto dei punti di captazione idropotabile

AREE A MEDIA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

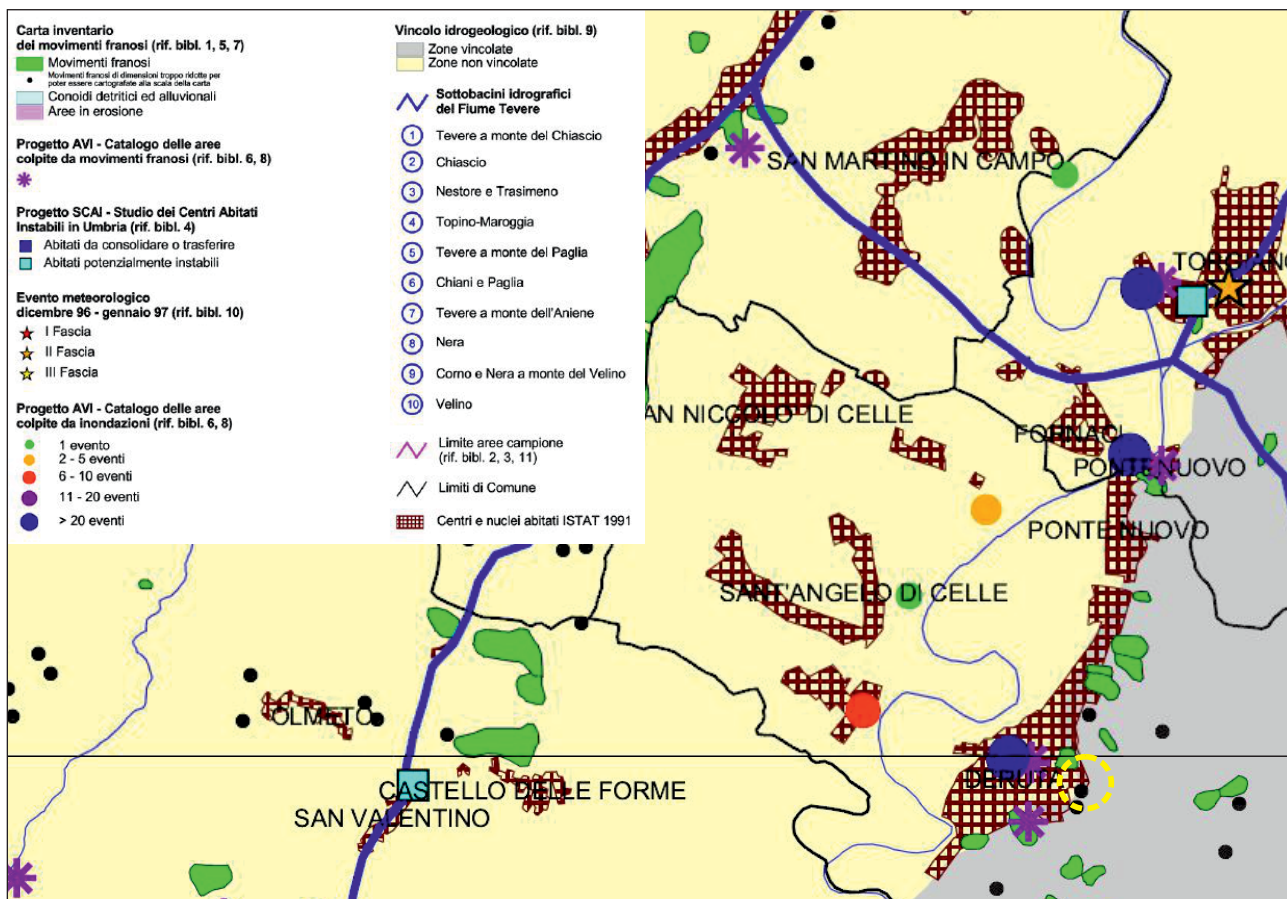
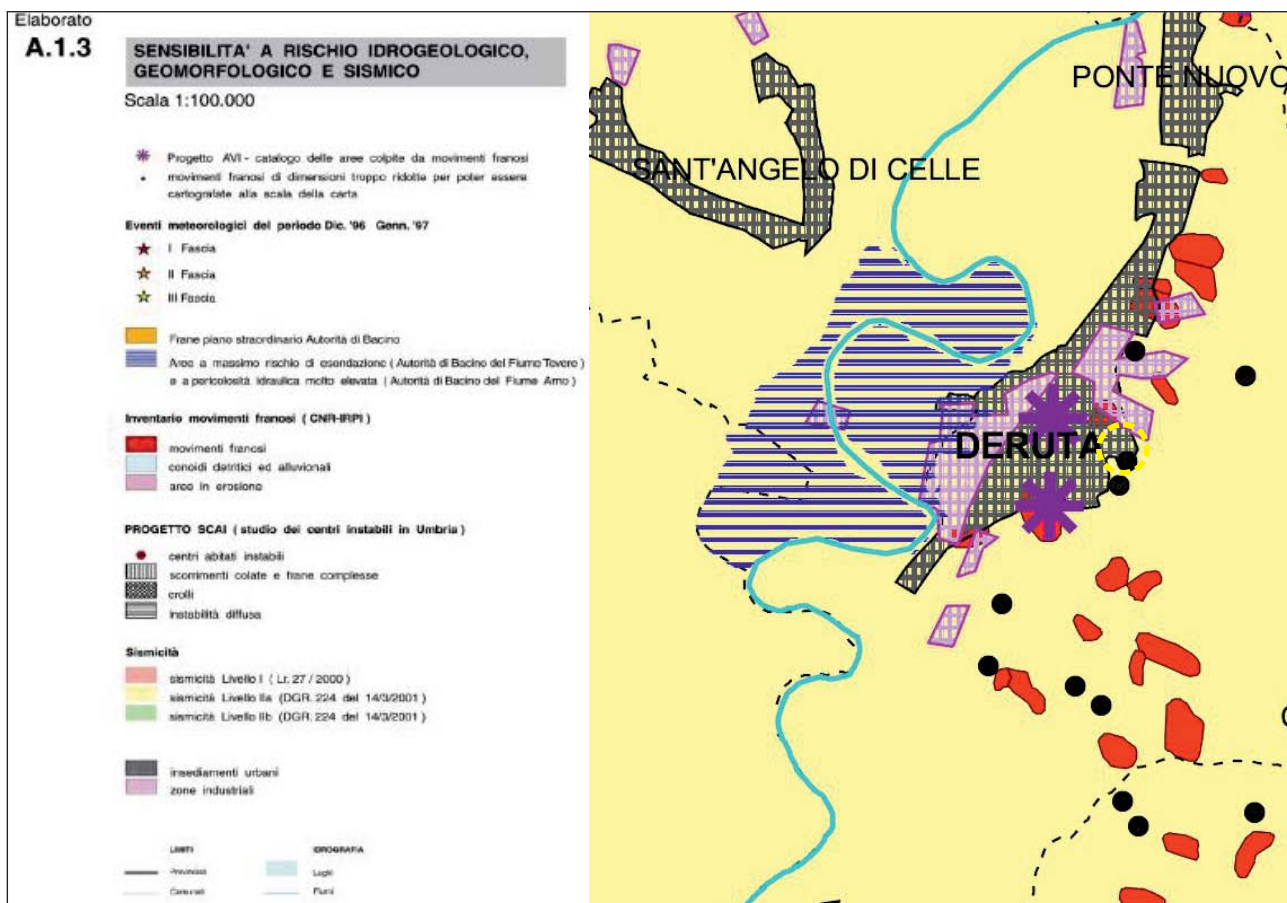
- Inventario movimenti franosi inattivi
- Aree a rischio frana medio R2 (fonte PAI)
- Aree esposte a rischio frana o in erosione
- Acquiferi alluvionali di interesse regionale (fonte PTA)

AREE A BASSA PERICOLOSITA' GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

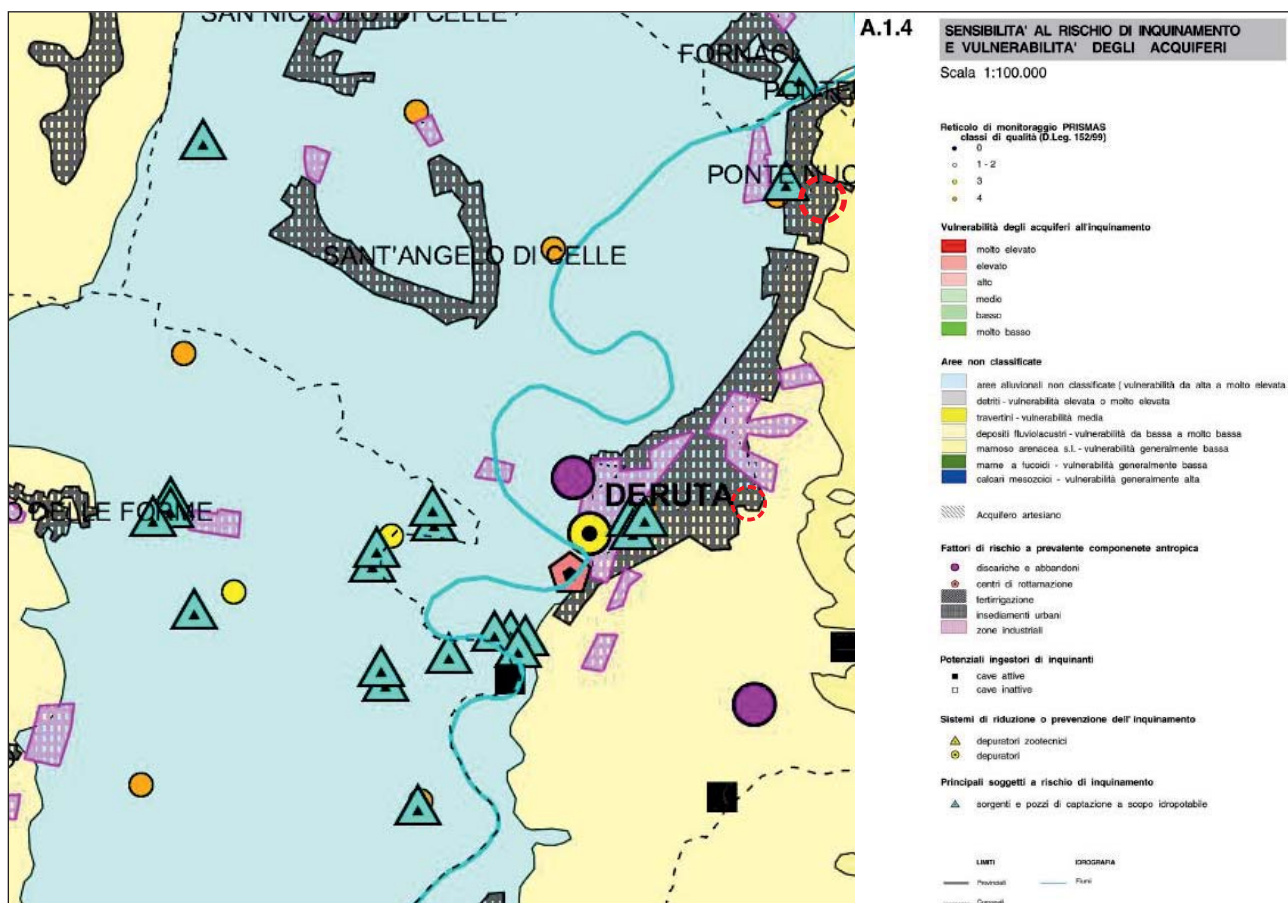
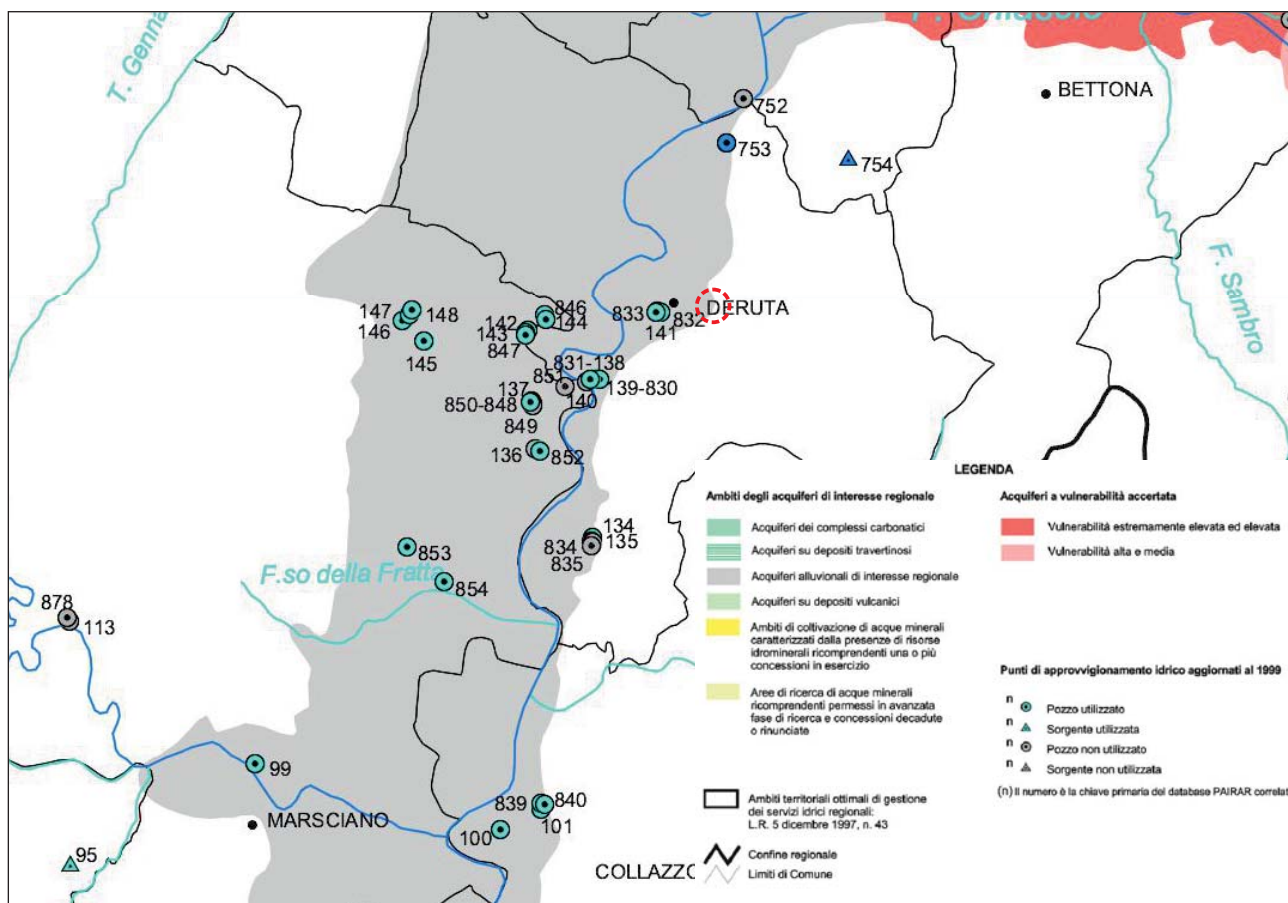
- Fascia C (Tr=500)
- Macroaree
- Confine comunale



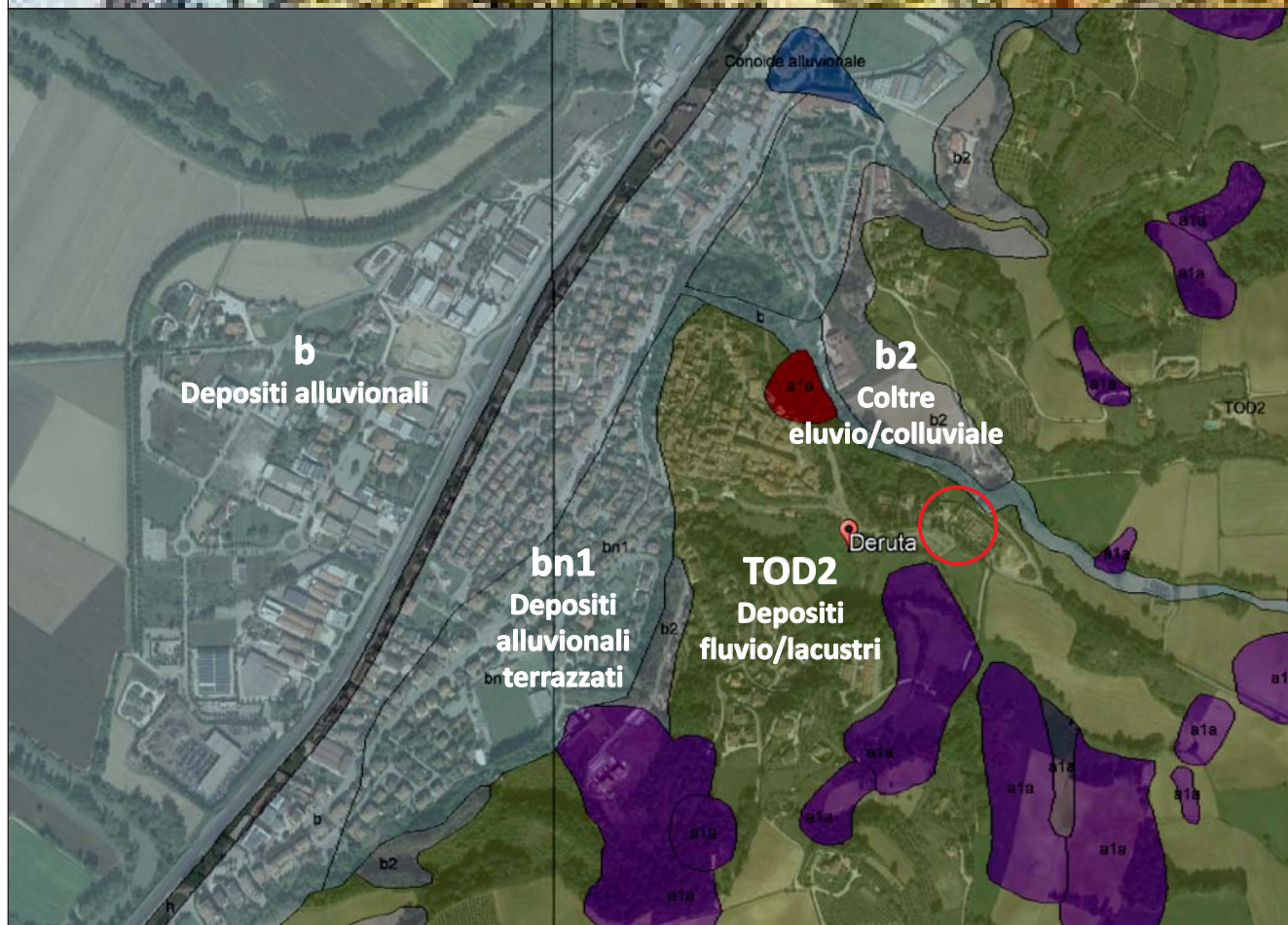
Cartografia PTCP / PUT (franosità) - non in scala



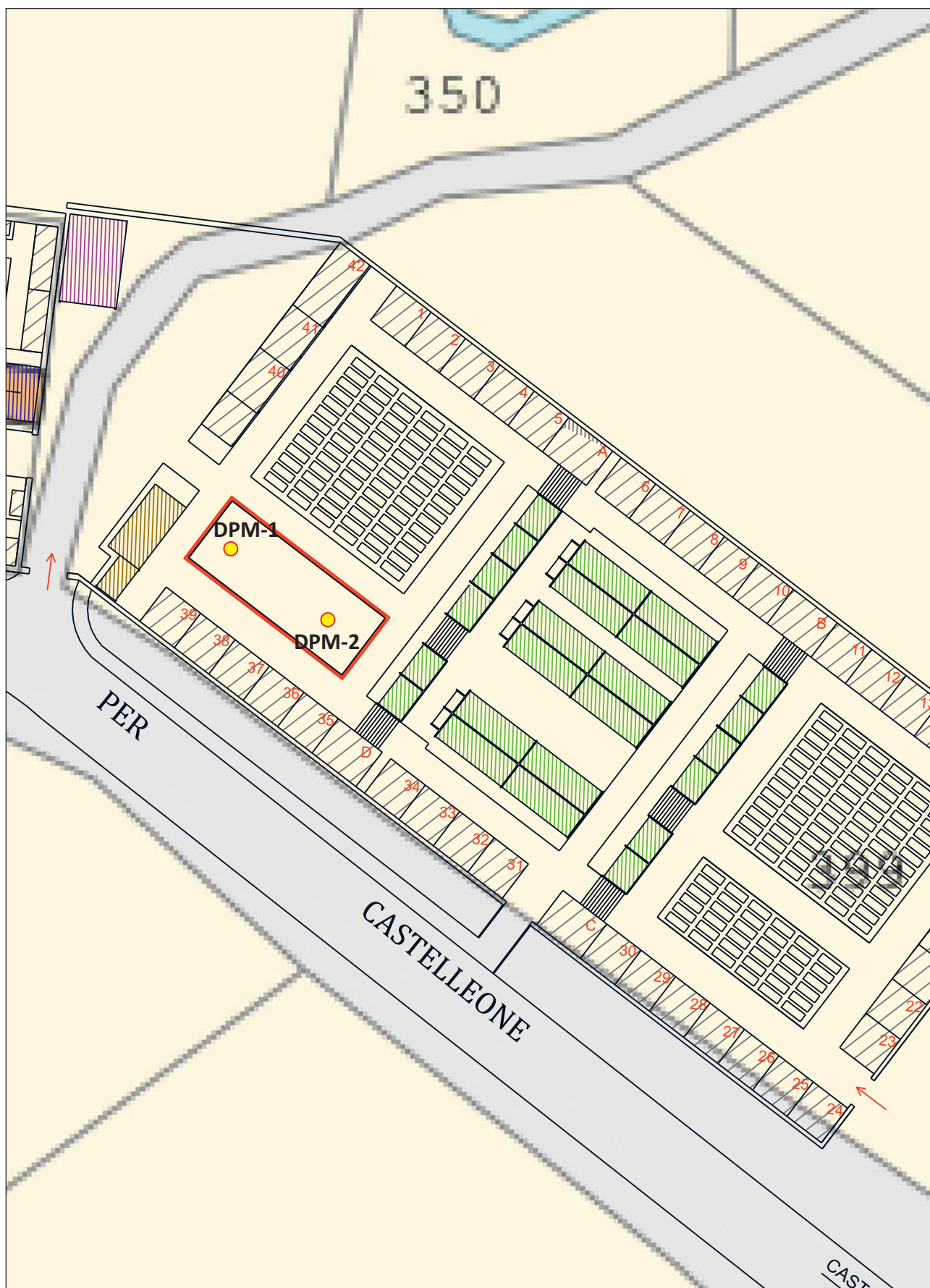
Cartografia PUT/PTCP (vulnerabilità acquiferi) - non in scala



Carta geologica (vecchia e nuova cartografia) - non in scala

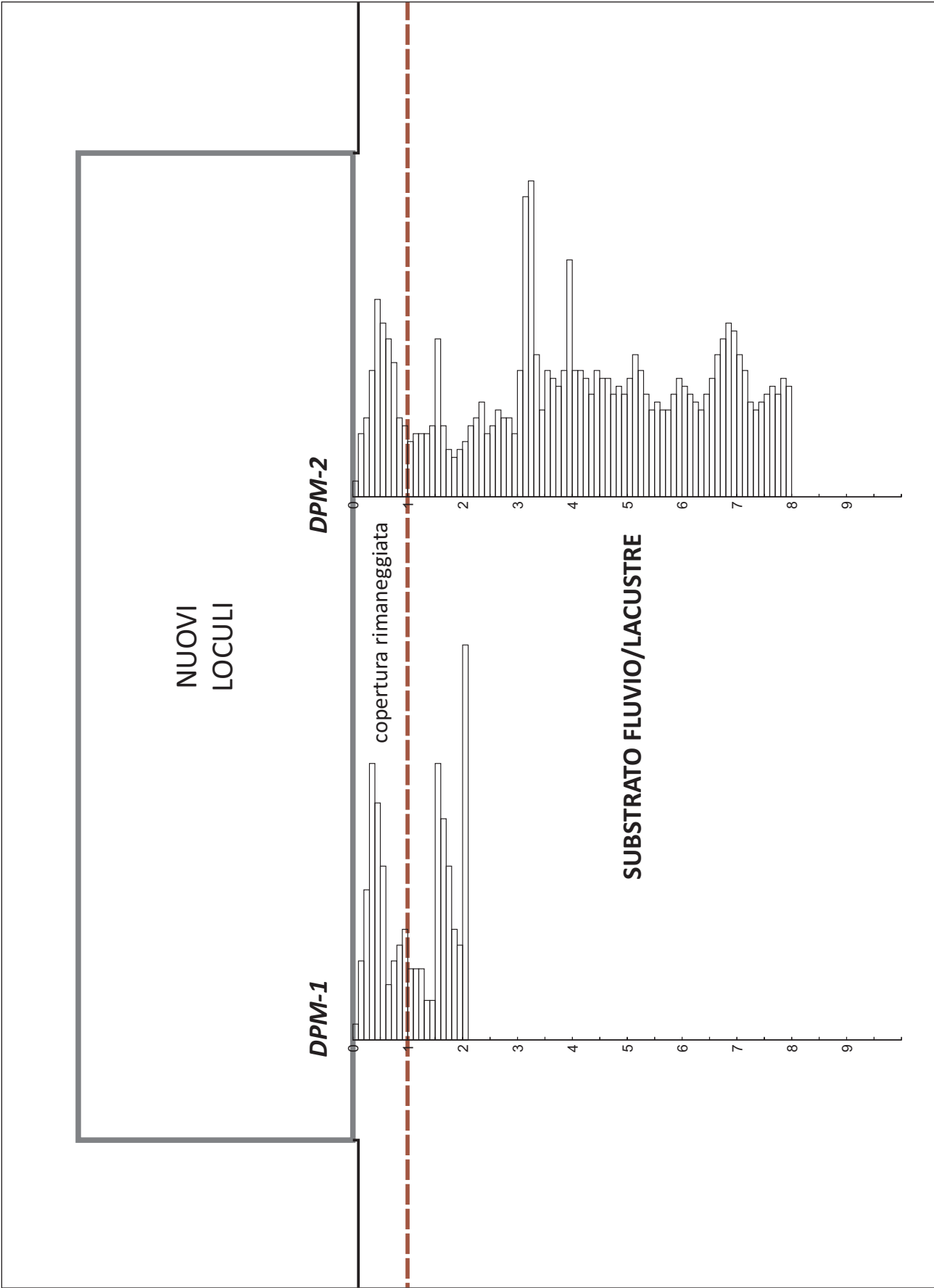


Planimetria generale - scala 1:500



● Prova penetrometrica dinamica

Sezione litotecnica schematica - scala 1:100



Documentazione fotografica indagini

prova penetrometrica DPM-1



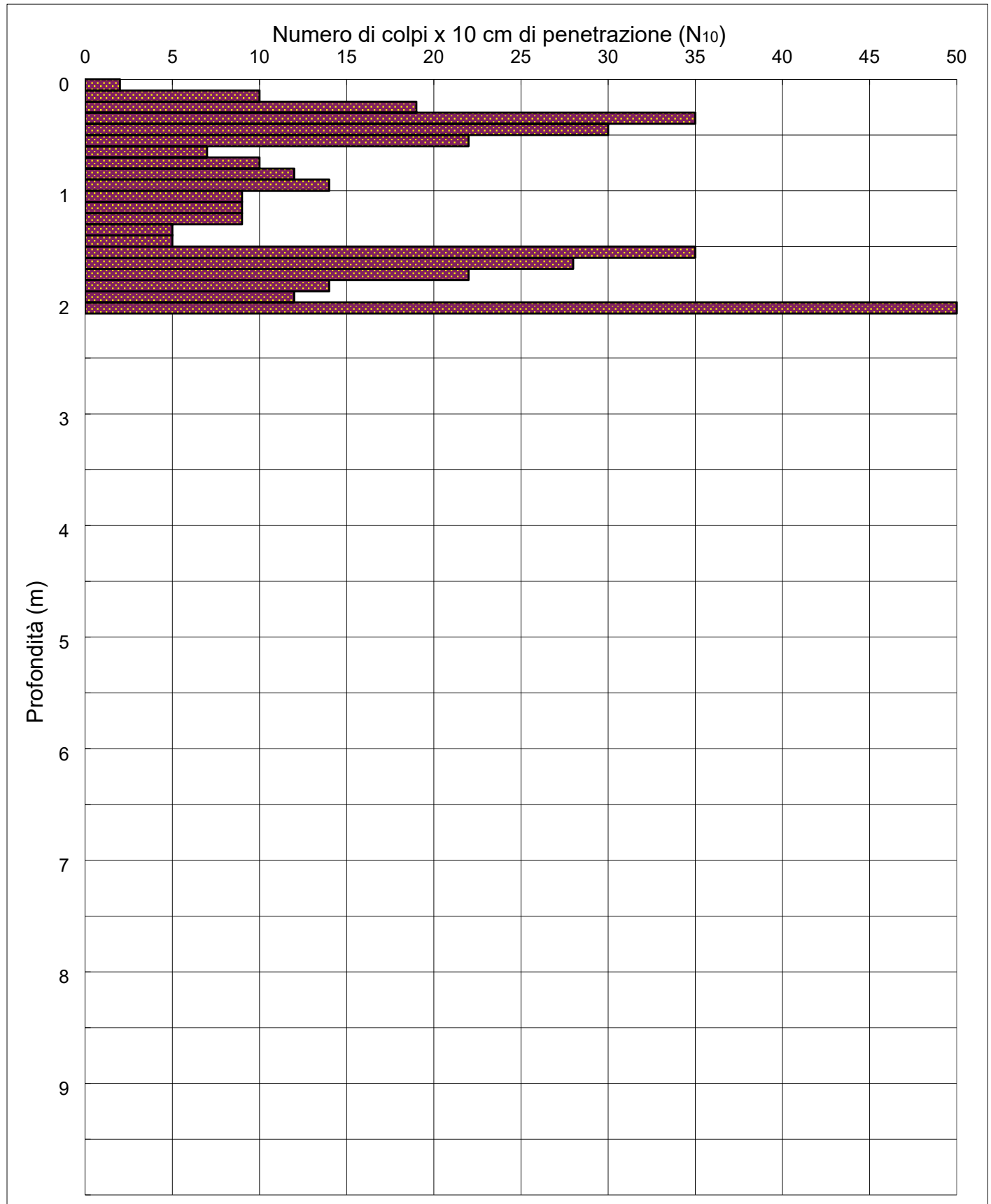
prova penetrometrica DPM-2



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM**N° 1**

Foglio "A"

Penetrometro Dinamico Medio	Committ.: Comune di Deruta	Data: 12/08/20
Maglio: peso M=30,0 kg, altezza di caduta H=0,20 m	Località: Cimitero di Deruta	Oper.:
Punta conica: area A=10 cm ² (ϕ =35,7 mm) vertice 60°	Quota piano camp.: m s.l.m.	Prof. falda da Q.i.:
Aste: lunghezza 1,00 m (ϕ =22 mm) e peso P=2,9 kg	Quota inizio prova: m s.l.m.	Prof. di stab. falda:

DIAGRAMMA DI RESISTENZA

Penetrometro Dinamico Medio	Committ.: Comune di Deruta	Data: 12/08/20
Maglio: peso M=30,0 kg, altezza di caduta H=0,20 m	Località: Cimitero di Deruta	Oper.:
Punta conica: area A=10 cm ² (φ=35,7 mm) vertice 60°	Quota piano camp.: m s.l.m.	Prof. falda da Q.i.:
Aste: lunghezza 1,00 m (φ=22 mm) e peso P=2,9 kg	Quota inizio prova: m s.l.m.	Prof. stab. falda:

LETTURE VALORI DI RESISTENZA TENSIONI TERRENO

PARAMETRI GEOTECNICI

Prof. N10	rd	qd	k	Nspt	γ	γw	σ '	OCR	Terreni incoerenti							Terreni coerenti				
									U	Dr	Gd	E'	Ic	ϕ ¹	ϕ ²	ϕ ¹³	c _u	c _u /σ'	Eu	
m	MPa	MPa	-		kN/m³	kN/m³	kPa	-	-	%	Pa	MPa	-	°	°	°	kPa	-	MPa	
0,1	2	1,2	0,8	0,76	1,5	19,0		1,9	1,0	4	27	19	5,3	0,949	32	35	40	18	9,6	4,8
0,2	10	5,9	3,9	0,76	7,6	19,0		3,8	2,0	4	36	56	10,2	0,100	33	36	41	91	24,0	17,0
0,3	19	11,2	7,5	0,76	14,4	19,0		5,7	2,0	4	50	87	13,3	0,041	35	37	42	173	30,4	21,5
0,4	35	20,6	13,8	0,76	26,6	19,0		7,6	2,0	4	66	132	18,8	0,017	37	39	43	319	42,0	29,7
0,5	30	17,7	11,8	0,76	22,8	19,0		9,5	2,0	4	62	118	17,1	0,021	37	39	43	274	28,8	20,4
0,6	22	12,9	8,7	0,76	16,7	19,0		11,4	2,0	4	53	96	14,4	0,033	35	38	42	201	17,6	12,4
0,7	7	4,1	2,8	0,76	5,3	19,0		13,3	2,0	4	28	44	9,2	0,164	32	35	40	64	4,8	3,4
0,8	10	5,9	3,9	0,76	7,6	19,0		15,2	2,0	4	35	56	10,2	0,100	33	36	41	91	6,0	4,2
0,9	12	7,1	4,7	0,76	9,1	19,0		17,1	2,0	4	39	64	10,9	0,077	33	36	41	109	6,4	4,5
1,0	14	8,2	5,5	0,76	10,6	19,0		19,0	2,0	4	42	71	11,6	0,062	34	36	41	128	6,7	4,8
1,1	9	5,3	3,3	0,76	6,8	19,0		20,9	2,0	4	33	52	9,9	0,116	33	35	41	82	3,9	2,8
1,2	9	5,3	3,3	0,76	6,8	19,0		22,8	2,0	4	32	52	9,9	0,116	33	35	41	82	3,6	2,5
1,3	9	5,3	3,3	0,76	6,8	19,0		24,7	2,0	4	32	52	9,9	0,116	33	35	41	82	3,3	2,3
1,4	5	2,9	1,8	0,76	3,8	19,0		26,6	2,0	4	16	35	8,5	0,263	30	33	39	46	1,7	1,2
1,5	5	2,9	1,8	0,76	3,8	19,0		28,5	2,0	4	14	35	8,5	0,263	30	33	39	46	1,6	1,1
1,6	35	20,6	12,9	0,76	26,6	19,0		30,4	3,0	4	62	132	23,1	0,017	37	39	43	319	10,5	9,1
1,7	28	16,5	10,3	0,76	21,3	19,0		32,3	3,0	4	54	113	20,1	0,024	36	38	42	255	7,9	6,8
1,8	22	12,9	8,1	0,76	16,7	19,0		34,2	3,0	4	47	96	17,6	0,033	35	37	42	201	5,9	5,1
1,9	14	8,2	5,2	0,76	10,6	19,0		36,1	3,0	4	33	71	14,2	0,062	33	35	41	128	3,5	3,1
2,0	12	7,1	4,4	0,76	9,1	19,0		38,0	3,0	4	27	64	13,4	0,077	32	35	40	109	2,9	2,5
2,1	50	29,4	17,4	0,76	38,0	19,0		39,9	4,0	4	71	168	33,9	0,010	38	40	44	456	11,4	11,4

Le prove sono state eseguite secondo le procedure di riferimento standard internazionali (ISSMFE, 1988).

I risultati comprendono, per ogni prova dinamica DPM:

 fig. A) il grafico dell'andamento del numero di colpi per ogni 10 cm di infissione (N₁₀) contro la profondità in metri;

 fig. B) la tabella delle letture dei valori di N₁₀, dei corrispondenti valori di resistenza penetrometrica dinamica **r_d** e **q_d** e della conversione in valori di resistenza penetrometrica standard N_{spt} tramite il fattore K;

 sono inoltre riportati in tabella i corrispondenti *parametri geotecnici* del terreno ricavati, in base alle assunzioni fatte sullo stato delle tensioni nel sottosuolo, con le più diffuse relazioni sperimentali, ed in particolare:

per terreni incoerenti:

- Densità relativa

$$D_r = 12.2 + 0.75(222N_{spt} + 1600 - 711OCR - 7.54\sigma'_{vo} - 50U^2)^{0.5}$$

(Marcuson e Bieganski, 1977);

- Modulo di Taglio dinamico

$$G_d = (144N_{spt}^{0.68})/9.8$$

(Imai e Tonouchi, 1982);

- Modulo di Deformazione drenato

$$E' = C_1(N_{spt} + C_2) \text{ con } C_1=300 \div 1200 \text{ e } C_2=6 \text{ o } 15$$

(Mitchell e Gardner, 1975);

- Indice di compressibilità

$$I_c = 1.706/N_{spt}$$

(Burland e Burbidge, 1984);

- Angolo d'attrito interno effettivo (limi)

$$\phi'^1 = 28 + 0.14D_r$$

- Angolo d'attrito interno effettivo (sabbie)

$$\phi'^2 = 31,5 + 0,115D_r$$

(Schmertmann, 1977);

 - Angolo d'attrito interno effettivo (ghiaie) $\phi'^3 = 38 + 0.08D_r$

e per terreni coerenti:

- Coesione non drenata

$$c_u = 12N_{spt}$$

(Bowles, 1988);

- Modulo di Deformazione non drenato

$$E_u = 500c_u OCR^{0.5}$$

(Ladde et Al., 1977).

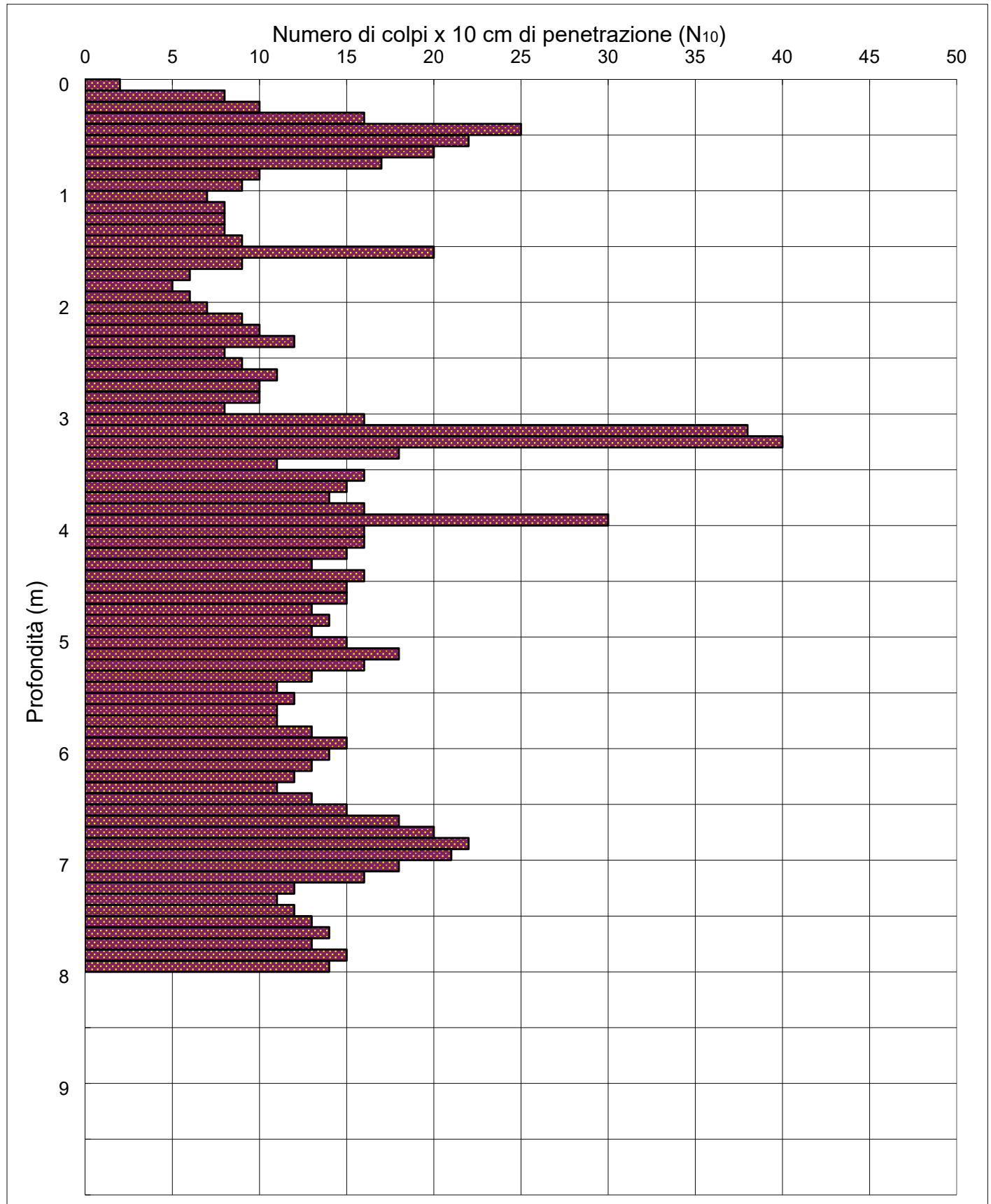
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM

N° 2

Foglio "A"

Penetrometro Dinamico Medio	Committ.: Comune di Deruta	Data: 12/08/20
Maglio: peso M=30,0 kg, altezza di caduta H=0,20 m	Località: Cimitero di Deruta	Oper.:
Punta conica: area A=10 cm ² (ϕ =35,7 mm) vertice 60°	Quota piano camp.: m s.l.m.	Prof. falda da Q.i.:
Aste: lunghezza 1,00 m (ϕ =22 mm) e peso P=2,9 kg	Quota inizio prova: m s.l.m.	Prof. di stab. falda:

DIAGRAMMA DI RESISTENZA



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPM

N° 2

Foglio "B"

Penetrometro Dinamico Medio	Committ.: Comune di Deruta	Data: 12/08/20
Maglio: peso M=30,0 kg, altezza di caduta H=0,20 m	Località: Cimitero di Deruta	Oper.:
Punta conica: area A=10 cm ² (φ=35,7 mm) vertice 60°	Quota piano camp.: m s.l.m.	Prof. falda da Q.i.:
Aste: lunghezza 1,00 m (φ=22 mm) e peso P=2,9 kg	Quota inizio prova: m s.l.m.	Prof. stab. falda:

LETTURE VALORI DI RESISTENZA TENSIONI TERRENO

PARAMETRI GEOTECNICI

									Terreni incoerenti							Terreni coerenti				
Prof. N10	rd	qd	k	Nspt	γ	γw	σ'	OCR	U	Dr	Gd	E'	Ic	φ ¹	φ ²	φ ¹³	c _u	c _u /σ'	Eu	
m	MPa	MPa	-		kN/m³	kN/m³	kPa	-	-	%	Pa	MPa	-	°	°	°	kPa	-	MPa	
0,1	2	1,2	0,8	0,76	1,5	19,0		1,9	1,0	4	27	19	5,3	0,949	32	35	40	18	9,6	4,8
0,2	8	4,7	3,1	0,76	6,1	19,0		3,8	2,0	4	32	48	9,5	0,136	32	35	41	73	19,2	13,6
0,3	10	5,9	3,9	0,76	7,6	19,0		5,7	2,0	4	36	56	10,2	0,100	33	36	41	91	16,0	11,3
0,4	16	9,4	6,3	0,76	12,2	19,0		7,6	2,0	4	46	77	12,3	0,052	34	37	42	146	19,2	13,6
0,5	25	14,7	9,8	0,76	19,0	19,0		9,5	2,0	4	57	105	15,4	0,028	36	38	43	228	24,0	17,0
0,6	22	12,9	8,7	0,76	16,7	19,0		11,4	2,0	4	53	96	14,4	0,033	35	38	42	201	17,6	12,4
0,7	20	11,8	7,9	0,76	15,2	19,0		13,3	2,0	4	51	90	13,7	0,038	35	37	42	182	13,7	9,7
0,8	17	10,0	6,7	0,76	12,9	19,0		15,2	2,0	4	47	80	12,6	0,047	35	37	42	155	10,2	7,2
0,9	10	5,9	3,9	0,76	7,6	19,0		17,1	2,0	4	35	56	10,2	0,100	33	36	41	91	5,3	3,8
1,0	9	5,3	3,5	0,76	6,8	19,0		19,0	2,0	4	33	52	9,9	0,116	33	35	41	82	4,3	3,1
1,1	7	4,1	2,6	0,76	5,3	19,0		20,9	2,0	4	27	44	9,2	0,164	32	35	40	64	3,1	2,2
1,2	8	4,7	3,0	0,76	6,1	19,0		22,8	2,0	4	30	48	9,5	0,136	32	35	40	73	3,2	2,3
1,3	8	4,7	3,0	0,76	6,1	19,0		24,7	2,0	4	30	48	9,5	0,136	32	35	40	73	3,0	2,1
1,4	8	4,7	3,0	0,76	6,1	19,0		26,6	2,0	4	29	48	9,5	0,136	32	35	40	73	2,7	1,9
1,5	9	5,3	3,3	0,76	6,8	19,0		28,5	2,0	4	32	52	9,9	0,116	32	35	41	82	2,9	2,0
1,6	20	11,8	7,4	0,76	15,2	19,0		30,4	2,0	4	50	90	13,7	0,038	35	37	42	182	6,0	4,2
1,7	9	5,3	3,3	0,76	6,8	19,0		32,3	2,0	4	31	52	9,9	0,116	32	35	41	82	2,5	1,8
1,8	6	3,5	2,2	0,76	4,6	19,0		34,2	2,0	4	21	40	8,9	0,204	31	34	40	55	1,6	1,1
1,9	5	2,9	1,8	0,76	3,8	19,0		36,1	1,0	4	31	35	6,0	0,263	32	35	41	46	1,3	0,6
2,0	6	3,5	2,2	0,76	4,6	19,0		38,0	2,0	4	20	40	8,9	0,204	31	34	40	55	1,4	1,0
2,1	7	4,1	2,4	0,76	5,3	19,0		39,9	2,0	4	24	44	9,2	0,164	31	34	40	64	1,6	1,1
2,2	9	5,3	3,1	0,76	6,8	19,0		41,8	2,0	4	30	52	9,9	0,116	32	35	40	82	2,0	1,4
2,3	10	5,9	3,5	0,76	7,6	19,0		43,7	3,0	4	16	56	12,5	0,100	30	33	39	91	2,1	1,8
2,4	12	7,1	4,2	0,76	9,1	19,0		45,6	3,0	4	26	64	13,4	0,077	32	35	40	109	2,4	2,1
2,5	8	4,7	2,8	0,76	6,1	19,0		47,5	2,0	4	27	48	9,5	0,136	32	35	40	73	1,5	1,1
2,6	9	5,3	3,1	0,76	6,8	19,0		49,4	2,0	4	29	52	9,9	0,116	32	35	40	82	1,7	1,2
2,7	11	6,5	3,8	0,76	8,4	19,0		51,3	3,0	4	21	60	12,9	0,087	31	34	40	100	2,0	1,7
2,8	10	5,9	3,5	0,76	7,6	19,0		53,2	2,0	4	32	56	10,2	0,100	32	35	41	91	1,7	1,2
2,9	10	5,9	3,5	0,76	7,6	19,0		55,1	2,0	4	31	56	10,2	0,100	32	35	41	91	1,7	1,2
3,0	8	4,7	2,8	0,76	6,1	19,0		57,0	2,0	4	25	48	9,5	0,136	32	34	40	73	1,3	0,9
3,1	16	9,4	5,3	0,76	12,2	19,0		58,9	4,0	4	23	77	17,4	0,052	31	34	40	146	2,5	2,5
3,2	38	22,4	12,5	0,76	28,9	19,0		60,8	4,0	4	59	139	28,1	0,015	36	38	43	347	5,7	5,7
3,3	40	23,5	13,2	0,76	30,4	19,0		62,7	4,0	4	61	144	29,1	0,014	37	39	43	365	5,8	5,8
3,4	18	10,6	5,9	0,76	13,7	19,0		64,6	4,0	4	29	84	18,4	0,044	32	35	40	164	2,5	2,5
3,5	11	6,5	3,6	0,76	8,4	19,0		66,5	3,0	4	16	60	12,9	0,087	30	33	39	100	1,5	1,3
3,6	16	9,4	5,3	0,76	12,2	19,0		68,4	4,0	4	21	77	17,4	0,052	31	34	40	146	2,1	2,1
3,7	15	8,8	4,9	0,76	11,4	19,0		70,3	3,0	4	32	74	14,6	0,057	32	35	41	137	1,9	1,7
3,8	14	8,2	4,6	0,76	10,6	19,0		72,2	3,0	4	29	71	14,2	0,062	32	35	40	128	1,8	1,5
3,9	16	9,4	5,3	0,76	12,2	19,0		74,1	4,0	4	20	77	17,4	0,052	31	34	40	146	2,0	2,0
4,0	30	17,7	9,9	0,76	22,8	19,0		76,0	4,0	4	49	118	24,2	0,021	35	37	42	274	3,6	3,6
4,1	16	9,4	5,0	0,76	12,2	19,0		77,9	4,0	4	18	77	17,4	0,052	31	34	39	146	1,9	1,9
4,2	16	9,4	5,0	0,76	12,2	19,0		79,8	4,0	4	18	77	17,4	0,052	30	34	39	146	1,8	1,8
4,3	15	8,8	4,7	0,76	11,4	19,0		81,7	3,0	4	30	74	14,6	0,057	32	35	40	137	1,7	1,5
4,4	13	7,7	4,1	0,76	9,9	19,0		83,6	3,0	4	24	67	13,8	0,069	31	34	40	119	1,4	1,2
4,5	16	9,4	5,0	0,76	12,2	19,0		85,5	4,0	4	15	77	17,4	0,052	30	33	39	146	1,7	1,7
4,6	15	8,8	4,7	0,76	11,4	19,0		87,4	3,0	4	30	74	14,6	0,057	32	35	40	137	1,6	1,4
4,7	15	8,8	4,7	0,76	11,4	19,0		89,3	3,0	4	29	74	14,6	0,057	32	35	40	137	1,5	1,3
4,8	13	7,7	4,1	0,76	9,9	19,0		91,2	3,0	4	22	67	13,8	0,069	31	34	40	119	1,3	1,1
4,9	14	8,2	4,4	0,76	10,6	19,0		93,1	3,0	4	26	71	14,2	0,062	32	34	40	128	1,4	1,2
5,0	13	7,7	4,1	0,76	9,9	19,0		95,0	3,0	4	21	67	13,8	0,069	31	34	40	119	1,2	1,1
5,1	15	8,8	4,5	0,76	11,4	19,0		96,9	3,0	4	28	74	14,6	0,057	32	35	40	137	1,4	1,2
5,2	18	10,6	5,4	0,76	13,7	19,0		98,8	3,0	4	35	84	15,9	0,044	33	36	41	164	1,7	1,4
5,3	16	9,4	4,8	0,76	12,2	19,0		100,7	3,0	4	31	77	15,1	0,052	32	35	40	146	1,4	1,3
5,4	13	7,7	3,9	0,76	9,9	19,0		102,6	3,0	4	19	67	13,8	0,069	31	34	40	119	1,2	1,0
5,5	11	6,5	3,3	0,76	8,4	19,0		104,5	2,0	4	28	60	10,6	0,087	32	35	40	100	1,0	0,7
5,6	12	7,1	3,6	0,76	9,1	19,0		106,4	2,0	4	31	64	10,9	0,077	32	35	40	109	1,0	0,7
5,7	11	6,5	3,3	0,76	8,4	19,0		108,3	2,0	4	28	60	10,6	0,087	32	35	40	100	0,9	0,7
5,8	11	6,5	3,3	0,76	8,4	19,0		110,2	2,0	4	27	60	10,6	0,087	32	35	40	100	0,9	0,6
5,9	13	7,7	3,9	0,76	9,9	19,0		112,1	3,0	4	15	67	13,8	0,069	30	33	39	119	1,1	0,9
6,0	15	8,8	4,5	0,76	11,4	19,0		114,0	3,0	4	26	74	14,6	0,057	32	34	40	137	1,2	1,0

6,1	14	8,2	4,0	0,76	10,6	19,0	115,9	3,0	4	22	71	14,2	0,062	31	34	40	128	1,1	1,0
6,2	13	7,7	3,7	0,76	9,9	19,0	117,8	2,0	4	32	67	11,3	0,069	32	35	41	119	1,0	0,7
6,3	12	7,1	3,4	0,76	9,1	19,0	119,7	2,0	4	29	64	10,9	0,077	32	35	40	109	0,9	0,6
6,4	11	6,5	3,1	0,76	8,4	19,0	121,6	2,0	4	26	60	10,6	0,087	32	34	40	100	0,8	0,6
6,5	13	7,7	3,7	0,76	9,9	19,0	123,5	2,0	4	31	67	11,3	0,069	32	35	40	119	1,0	0,7
6,6	15	8,8	4,3	0,76	11,4	19,0	125,4	3,0	4	24	74	14,6	0,057	31	34	40	137	1,1	0,9
6,7	18	10,6	5,1	0,76	13,7	19,0	127,3	4,0	4	17	84	18,4	0,044	30	33	39	164	1,3	1,3
6,8	20	11,8	5,7	0,76	15,2	19,0	129,2	4,0	4	26	90	19,3	0,038	32	35	40	182	1,4	1,4
6,9	22	12,9	6,2	0,76	16,7	19,0	131,1	4,0	4	32	96	20,3	0,033	32	35	41	201	1,5	1,5
7,0	21	12,4	6,0	0,76	16,0	19,0	133,0	4,0	4	29	93	19,8	0,035	32	35	40	192	1,4	1,4
7,1	18	10,6	4,9	0,76	13,7	19,0	134,9	3,0	4	32	84	15,9	0,044	32	35	41	164	1,2	1,1
7,2	16	9,4	4,3	0,76	12,2	19,0	136,8	3,0	4	26	77	15,1	0,052	32	34	40	146	1,1	0,9
7,3	12	7,1	3,2	0,76	9,1	19,0	138,7	2,0	4	26	64	10,9	0,077	32	35	40	109	0,8	0,6
7,4	11	6,5	3,0	0,76	8,4	19,0	140,6	2,0	4	22	60	10,6	0,087	31	34	40	100	0,7	0,5
7,5	12	7,1	3,2	0,76	9,1	19,0	142,5	2,0	4	26	64	10,9	0,077	32	34	40	109	0,8	0,5
7,6	13	7,7	3,5	0,76	9,9	19,0	144,4	2,0	4	29	67	11,3	0,069	32	35	40	119	0,8	0,6
7,7	14	8,2	3,8	0,76	10,6	19,0	146,3	2,0	4	31	71	11,6	0,062	32	35	40	128	0,9	0,6
7,8	13	7,7	3,5	0,76	9,9	19,0	148,2	2,0	4	28	67	11,3	0,069	32	35	40	119	0,8	0,6
7,9	15	8,8	4,1	0,76	11,4	19,0	150,1	2,0	4	33	74	11,9	0,057	33	35	41	137	0,9	0,6
8,0	14	8,2	3,8	0,76	10,6	19,0	152,0	2,0	4	30	71	11,6	0,062	32	35	40	128	0,8	0,6

Le prove sono state eseguite secondo le procedure di riferimento standard internazionali (ISSMFE, 1988).

I risultati comprendono, per ogni prova dinamica DPM:

fig. A) il grafico dell'andamento del numero di colpi per ogni 10 cm di infissione (N_{10}) contro la profondità in metri;

fig. B) la tabella delle letture dei valori di N_{10} , dei corrispondenti valori di resistenza penetrometrica dinamica r_d e q_d e della conversione in valori di resistenza penetrometrica standard N_{spt} tramite il fattore K;
sono inoltre riportati in tabella i corrispondenti parametri geotecnici del terreno ricavati, in base alle assunzioni fatte sullo stato delle tensioni nel sottosuolo, con le più diffuse relazioni sperimentali, ed in particolare:

per terreni incoerenti:

- Densità relativa $D_r = 12,2 + 0,75(222N_{spt} + 1600 - 711OCR - 7,54\sigma'_{vo} - 50U^2)^{0,5}$ (Marcuson e Bieganouski, 1977);
- Modulo di Taglio dinamico $G_d = (144N_{spt}^{0,68})/9,8$ (Imai e Tonouchi, 1982);
- Modulo di Deformazione drenato $E' = C_1(N_{spt} + C_2)$ con $C_1=300 \div 1200$ e $C_2=6$ o 15 (Mitchell e Gardner, 1975);
- Indice di compressibilità $I_c = 1,706/N_{spt}$ (Burland e Burbidge, 1984);
- Angolo d'attrito interno effettivo (limi) $\phi'^1 = 28 + 0,14D_r$
- Angolo d'attrito interno effettivo (sabbie) $\phi'^2 = 31,5 + 0,115D_r$ (Schmertmann, 1977);
- Angolo d'attrito interno effettivo (ghiaie) $\phi'^3 = 38 + 0,08D_r$

e per terreni coerenti:

- Coesione non drenata $c_u = 12N_{spt}$ (Bowles, 1988);
- Modulo di Deformazione non drenato $E_u = 500c_u OCR^{0,5}$ (Ladde et Al., 1977).

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

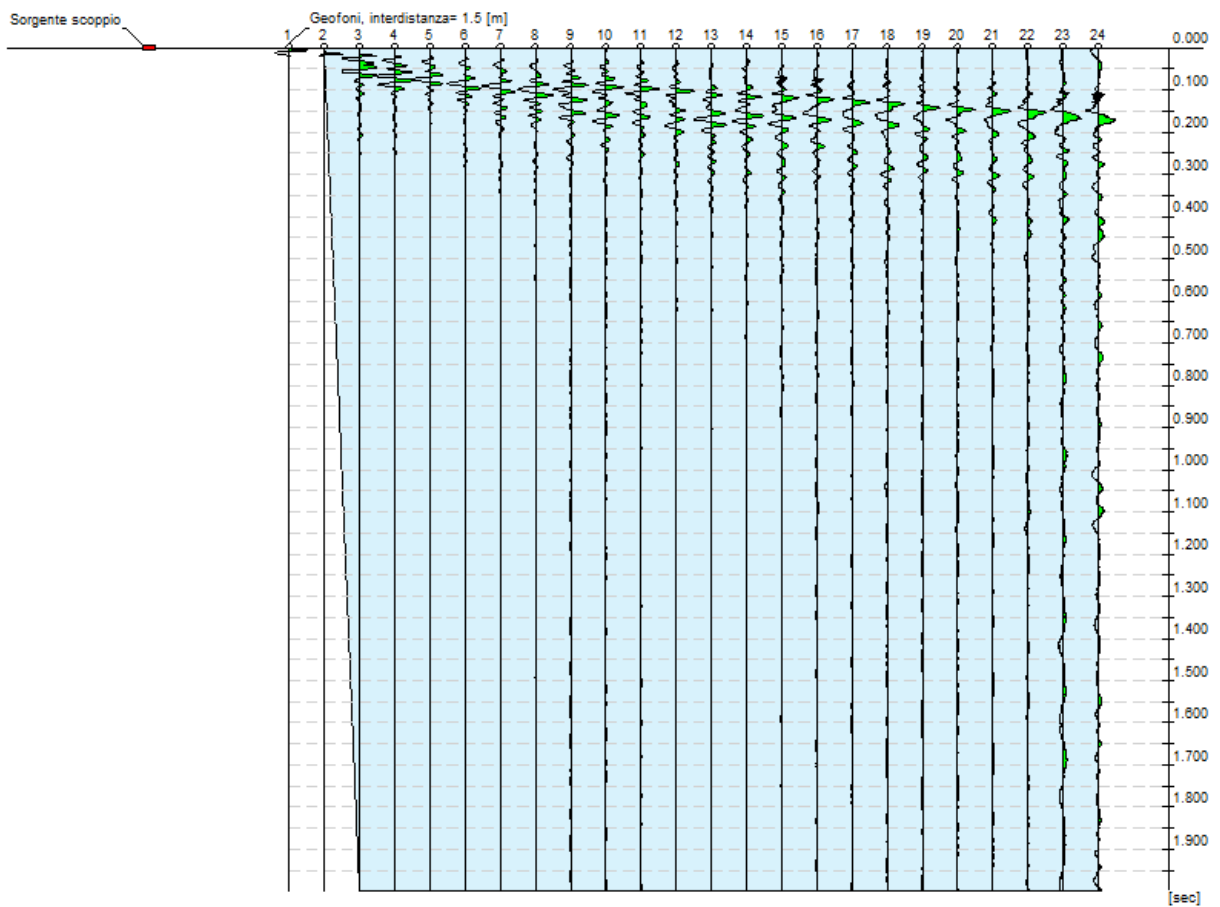
Dati generali

Committente	Ing. Piandoro Marco
Cantiere	Ristrutturazione edilizia
Località	Deruta
Operatore	Dott. Geol. Servettini Luca
Responsabile	Dott. Geol. Servettini Luca
Data	09/03/2015

Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	1.5
Periodo di campionamento [msec]	1.00

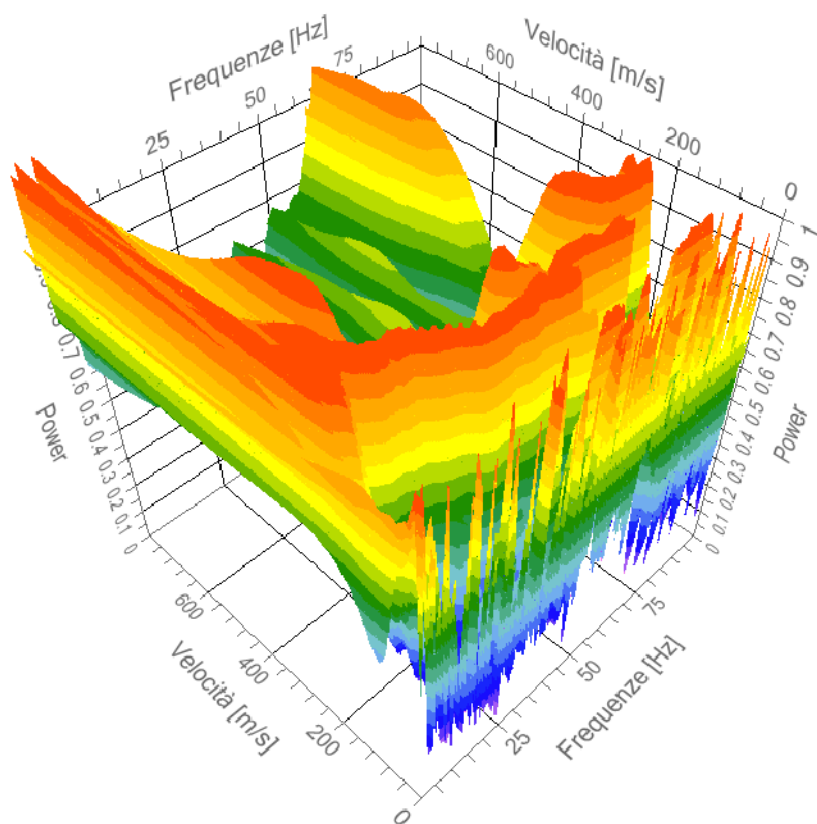
Committente: Ing. Piandoro Marco
 Cantiere: Ristrutturazione edilizia
 Località: Deruta
 Operatore: Dott. Geol. Servettini Luca
 Responsabile: Dott. Geol. Servettini Luca
 Data: 09/03/2015



Analisi spettrale

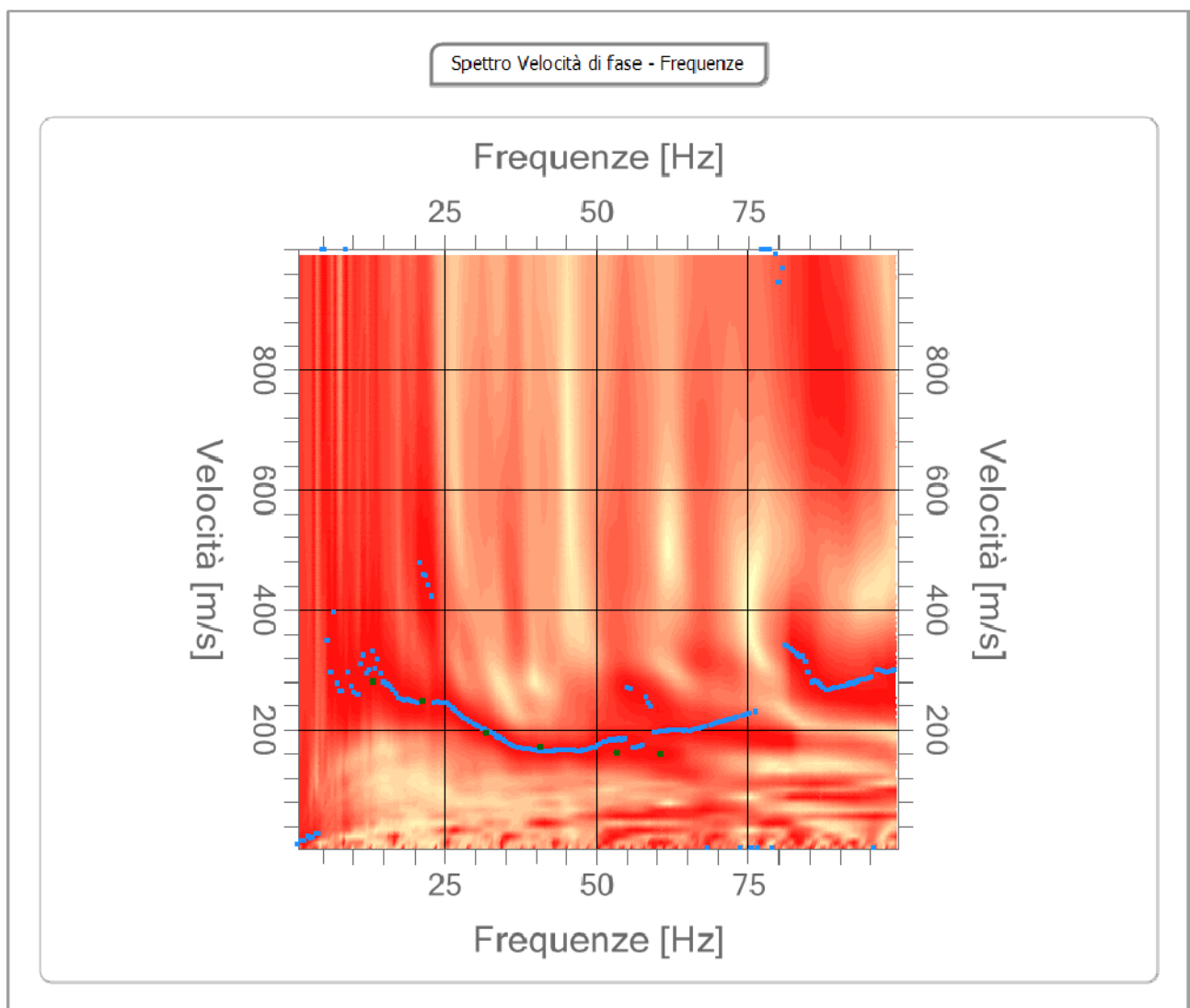
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	100
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



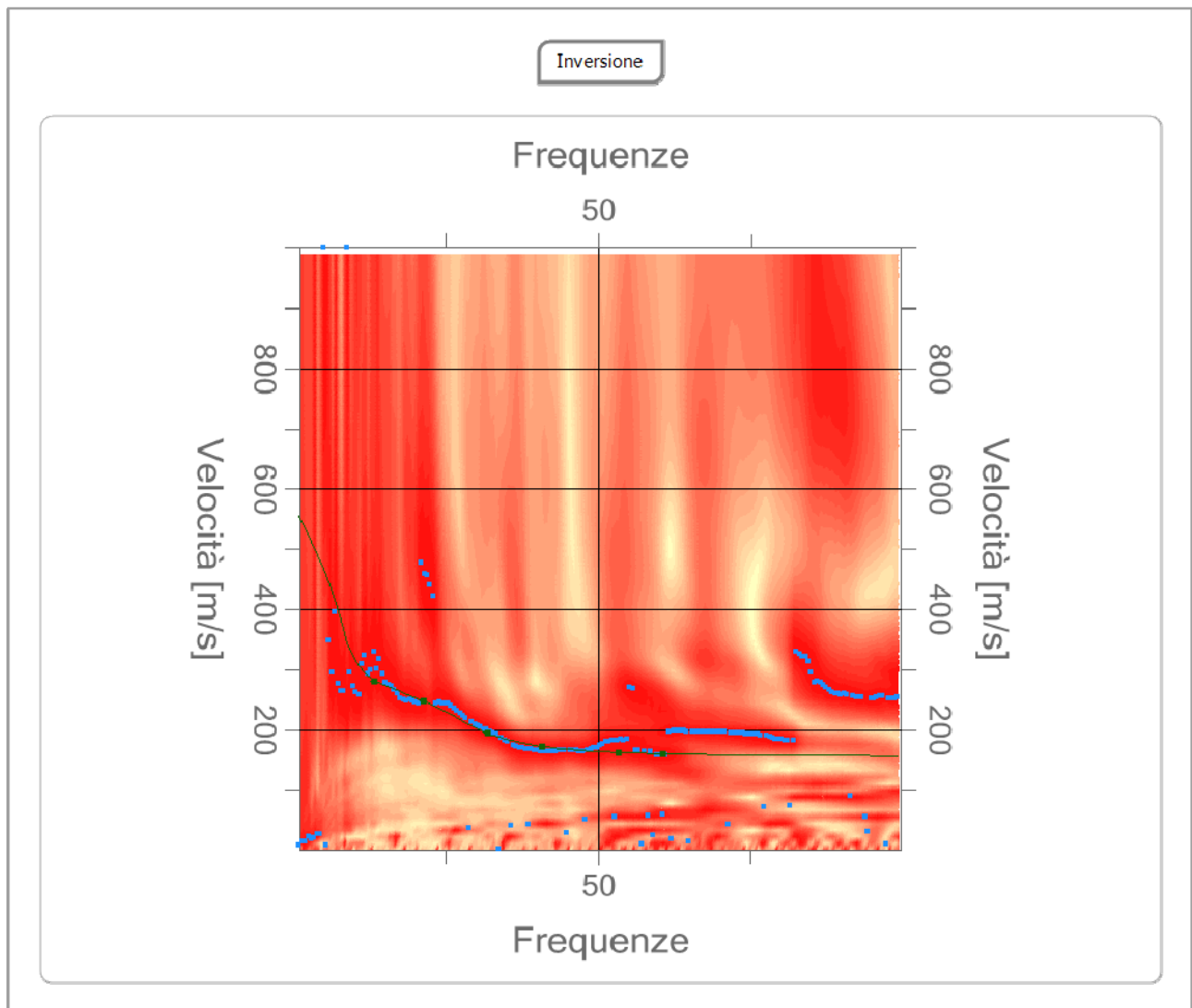
Curva di dispersione

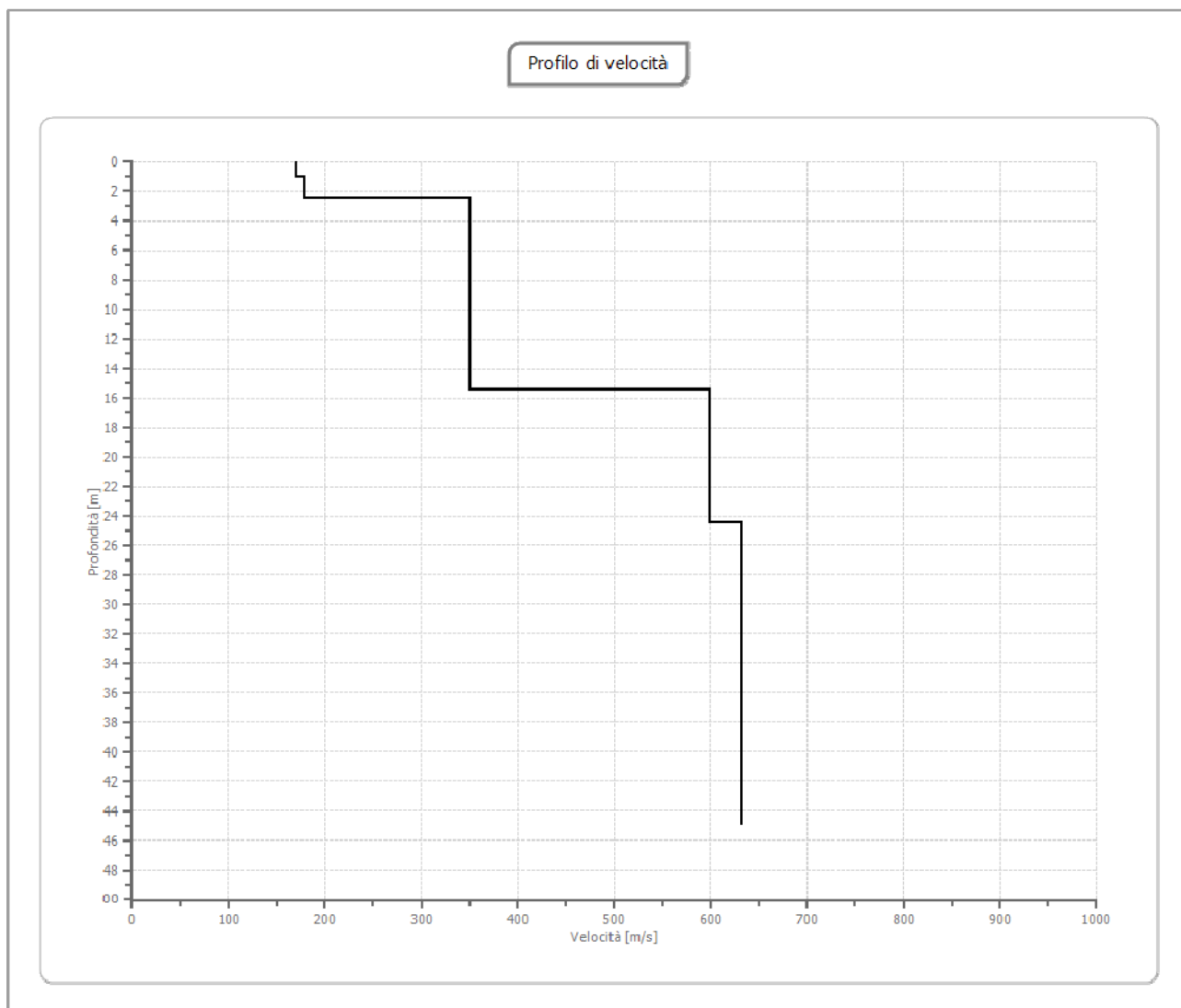
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	13.3	280.3	0
2	21.4	248.1	0
3	31.8	194.4	0
4	40.8	170.7	0
5	53.3	162.1	0
6	60.7	160.0	0



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.00	1.00	1800.0	0.2	No	277.7	170.1
2		2.38	1.38	1800.0	0.2	No	290.7	178.0
3		7.85	5.46	1800.0	0.2	No	572.8	350.7
4		15.46	7.61	1800.0	0.2	No	571.2	349.8
5		24.45	8.99	1800.0	0.2	No	977.1	598.4
6		oo	oo	1800.0	0.2	No	1031.7	631.8





Risultati

Profondità piano di posa	0.00
[m]	
Vs30 [m/sec]	401.03
Categoria del suolo	B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove sismiche a rifrazione)									
Metodo semplificato									
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato									
PARAMETRI:									
γ	=	1,9	g/cm ³						
σ_{vo}	=	1,9	kg/cm ²						
σ_{vo}'	=	1,9	kg/cm ²						
profondità della prova	=	1000	cm						
profondità falda	=	1000	cm						
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²						
z	=	10	m						
V_s	=	300							
V_{s1c}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%	FC>35%			
				220	210	200			
V_{s1}	=	255,52							
M	=	6,0							
MSF	=	2,09	se M≤7.5						
		1,77	se M>7.5						
FORMULE:				RISULTATI:					
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		255,52		V_{s1}			
R	=	$0,03 \cdot (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) \cdot (0,9/V_{s1c})$		0,166453179		R			
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}'/\sigma_{vo})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$	se M≤7.5	0,018285978		$T_{M \leq 7,5}$			
			se M>7.5	0,021576869		$T_{M > 7,5}$			
a_{max}/g	=	0,25							
r_d	=	0,235							
$F_s=R/T$	>	1	se M≤7.5	9,102777131		Verificato F_s			
			se M>7.5	7,714426859		Verificato F_s			
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820									

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S