

# **DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE**

**IMPIANTO DI TRATTAMENTO DI RIFIUTI LIQUIDI SPECIALI  
NON PERICOLOSI PER POTENZIALITA' SUPERIORI A 50  
TONNELLATE AL GIORNO  
presso la sede Wash Italia SpA zona industriale Nereto**

**Richiedente: Wash Italia S.p.A.**

## **ALLEGATO**

**A4 - Relazione geologica ed idrogeologica**



# COMUNE DI NERETO (PROVINCIA DI TERAMO)

Ubicazione

Via Gaetano Salvemini - part. lle n°926 e 975 del Fg. 7

Progetto

Contenuto

**RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA**  
**modellazione sismica, relazione geotecnica sulle indagini, ca-**  
**ratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno**

Committente

Wash Italia S.p.A.

STUDIO DI GEOLOGIA  
geol. **Massimo Piotti**  
Corropoli (Teramo)

via A. Borgognoni 23 - tel. 0861856687  
cell. 3383313883 - massimo.piotti@libero.it  
massimo.piotti@epap.sicurezzaapostale.it  
c.f. PTTMSM63C13B515B - P. IVA 00873150676

GeoMax



dott. geol. Massimo Piotti

Corropoli, novembre 2017

*Il presente documento è composto di 66 pagine*



# INDICE

<b>1. Premessa</b>	pag. 5
--------------------	--------

<b>2. Relazione geologica, caratterizzazione e modellazione geologica del sito</b>	pag. 5
--	--------

- 2.1 Inquadramento geologico
- 2.2 Inquadramento idrogeologico
- 2.3 Inquadramento geomorfologico
- 2.4 Vincoli
- 2.5 Modello geologico e descrizione degli scenari di pericolosità geologica
- 2.6 Conclusioni

Area oggetto dell'intervento	fig. n°1
Inquadramento geologico	fig. n°2
Inquadramento idrogeologico	fig. n°3
Carta del vincolo idrogeologico	fig. n°4
Sistema ambientale e insediativo (PTP)	fig. n°5
Carta della pericolosità da frane (PAI)	fig. n°6
Carta della pericolosità idraulica (PSDA)	fig. n°7

<b>3. Relazione idrogeologica</b>	pag. 13
-----------------------------------	---------

- 3.1 idrologia
- 3.2 Caratteristiche dei pozzi
- 3.3 Portate
- 3.4 Conclusioni

Ubicazione dei pozzi	fig. n°8
Prove di portate	fig. n°9 - 11



#### **4. Relazione sulla modellazione sismica**

pag. 23

- 4.1 Pericolosità sismica di base
- 4.2 MZS di I° livello
- 4.3 Rischio liquefazione delle sabbie
- 4.4 Pericolosità sismica locale
- 4.5 Conclusioni

Database of individual seismogenic sources	fig. n°12
Mappa interattiva di pericolosità sismica	fig. n°13
Sismicità storica	fig. n°14
Marta delle MOPS	fig. n°15

#### **5. Relazione geotecnica sulle indagini**

pag. 31

- 5.1 Contenuto della relazione geotecnica
- 5.2 Piano di indagini
- 5.3 Prove penetrometriche
- 5.3 Caratteristiche geomeccaniche dei terreni
- 5.4 Conclusioni

Corografia con ubicazione della masw	fig. n°16
Planimetria catastale con ubicazione delle prove	fig. n°17
Stratigrafia sondaggio	fig. n°18
Prove penetrometriche	fig. n°19 - 20

#### **6. Allegati**

pag. 41

- 6.1 Caratteristiche pozzi
- 6.2 Rapporto indagine MASW e REMI

fig. n°21 -31

pag. 52

## 1. PREMESSA

Su incarico della Ditta Wash Italia S.p.A. è stato eseguito uno studio geologico sull'area in via Gaetano Salvemini nel comune di Nereto (fig. n°1 e 12), su parte del lotto contraddistinto dalle particelle n°926 e 975 del Foglio n°13 (fig. n°13).

Tale studio si compone delle tre relazioni specialistiche previste dalla normativa (§ C10.1 della Circolare Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/09):

1. la relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (§ 6.2.1 delle NTC e § C 6.2.1 della Circolare );
2. la relazione sulla modellazione sismica concernente la “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione (§ 3.2 delle NTC e § C 3.2 della Circolare);
3. la relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno (§ 6.2.2 delle NTC e § C 6.2.2 della Circolare).

Sul contenuto e sui limiti della relazione geotecnica, che è competenza dello strutturista, si rimanda al paragrafo 4.1.

Il presente studio - basato su attento rilevamento geologico e geomorfologico della zona - è teso alla realizzazione del modello geologico, alla individuazione dei fattori di pericolosità geologica, alla modellazione sismica del sito di costruzione.

Quanto eseguito risponde al D.M. del 14/01/2008 con relativa Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti del 02/02/2009 n°617.

## 2. RELAZIONE GEOLOGICA

### 2.1 Inquadramento geologico

Il territorio del quale fa parte l'area di cui si tratta è costituito da un complesso di sedimenti marini, cronologicamente ascrivibili al **Pleistocene inferiore**, rappresentati dalle **Argille sabbiose grigio-azzurre** a vario tenore siltoso, che strutturalmente sono organizzati in una monoclinale debolmente immergente a Nord-Est, poco disturbata da elementi tettonici.



## AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO

(fonte: "Carta topografica regionale - Regione Abruzzo")

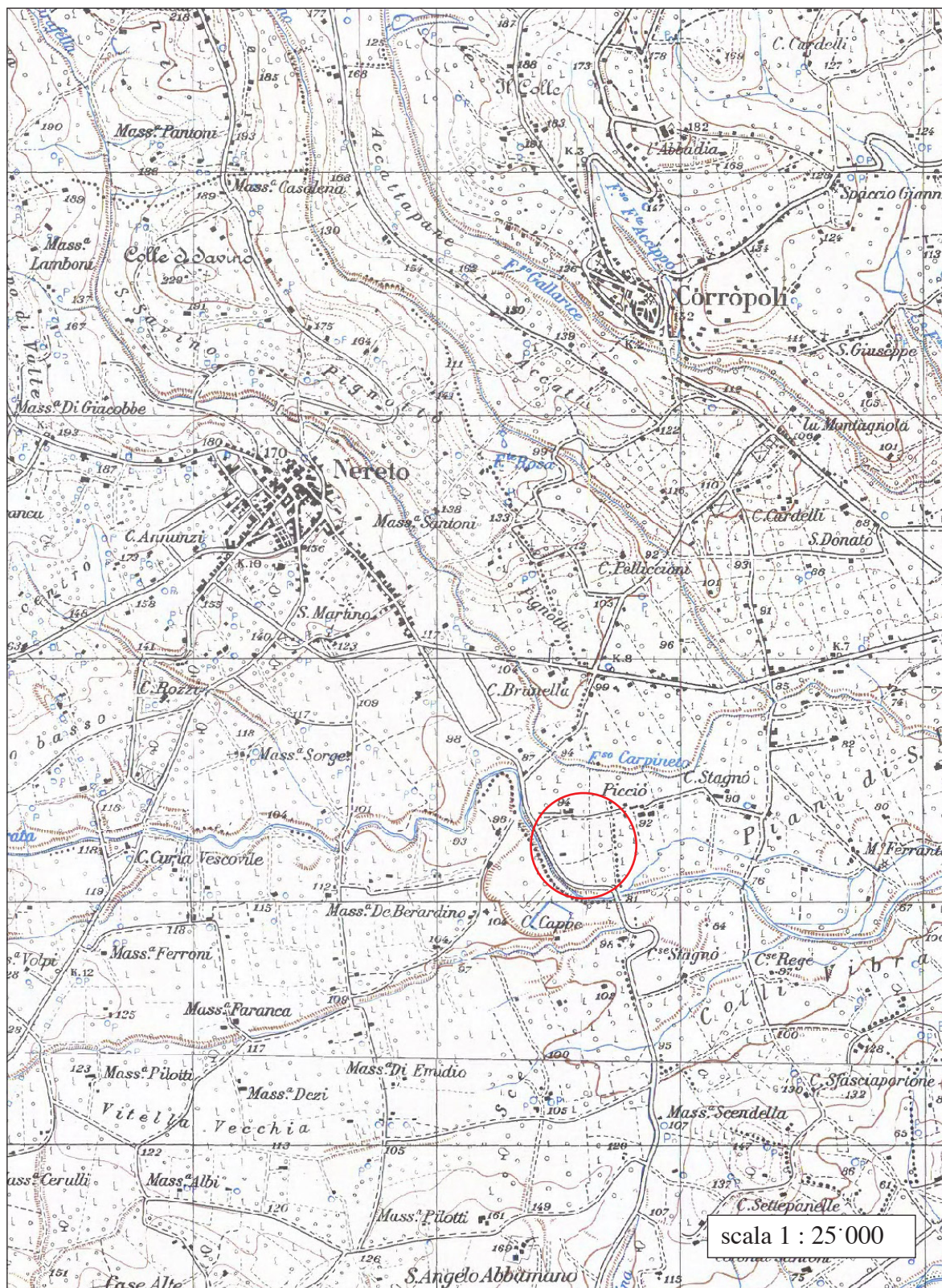


fig n°1

Questi sedimenti, in ambiente continentale, hanno subito il modellamento da parte dei corsi d'acqua, come il Torrente Vibrata (che dista da qui circa 0.3 Km), che hanno lasciato **Depositi alluvionali terrazzati antichi** strutturati in complessi lenticolari ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi con lenti limo-argillosi. Le suddette formazioni sono state ricoperte, a luoghi, nell'**Olocene** da **Coltri colluviali**, costituiti da limi a vario tenore argillo-sabbioso, le cui modalità di sedimentazione possono essere riferite a un deposito di tipo eolico in ambiente periglaciale.

Le prove penetrometriche hanno inoltre evidenziato delle aree, la cui esatta perimetrazione necessita di una campagna geognostica più estesa, con terreno di riporto, dovuto probabilmente a riempimenti di scavi condotti anche in tempi diversi.

Il sondaggio e le prove penetrometriche, sulla base delle conoscenze del terreno, ha permesso di definire gli orizzonti geotecnici rappresentativi della situazione locale:

- |    |                                    |
|----|------------------------------------|
| a) | terreno superficiale e di riporto; |
| b) | coltre eluvio-colluviale;          |
| c) | depositi alluvionali               |
| d) | formazione di base.                |

### 2.3 Inquadramento geomorfologico

Geomorfologicamente il territorio di in esame ricade nella fascia periadriatica, che raccorda l'area pedemontana con il litorale adriatico. La configurazione morfologica è tipicamente collinare, caratterizzata da dorsali e ampie valli fluviali dai fianchi debolmente acclivi modellati prevalentemente su terreni plio-pleistocenici.

In particolare, il sito, situato ad Est della strada provinciale Nereto-Salinello, (a quota 90 m. dal l.d.m., ricade su una superficie pianeggiante e non è interessato da fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

### 2.4 Vincoli

Il sito non è classificato, nella carta della pericolosità idraulica (fig. n°7), come a rischio di esondazione, non è sottoposto a vincolo idrogeologico regionale (fig. n°4) né provinciale (fig. n°5) non è a rischio di frane nella carta del PAI (fig. n°6).



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO

(fonte: Adamoli “Carta Geologica della provincia di Teramo”)

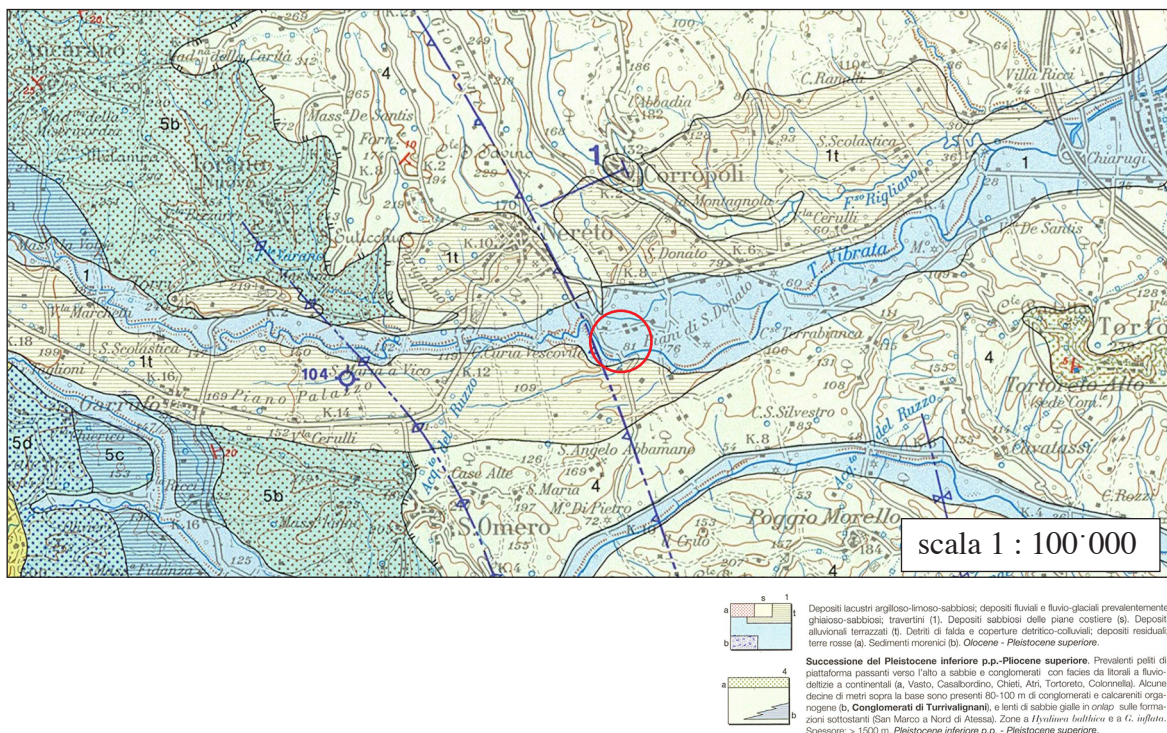


fig n°2

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

(fonte: Desiderio ed altri “Schema idrogeologico della provincia di Teramo”)

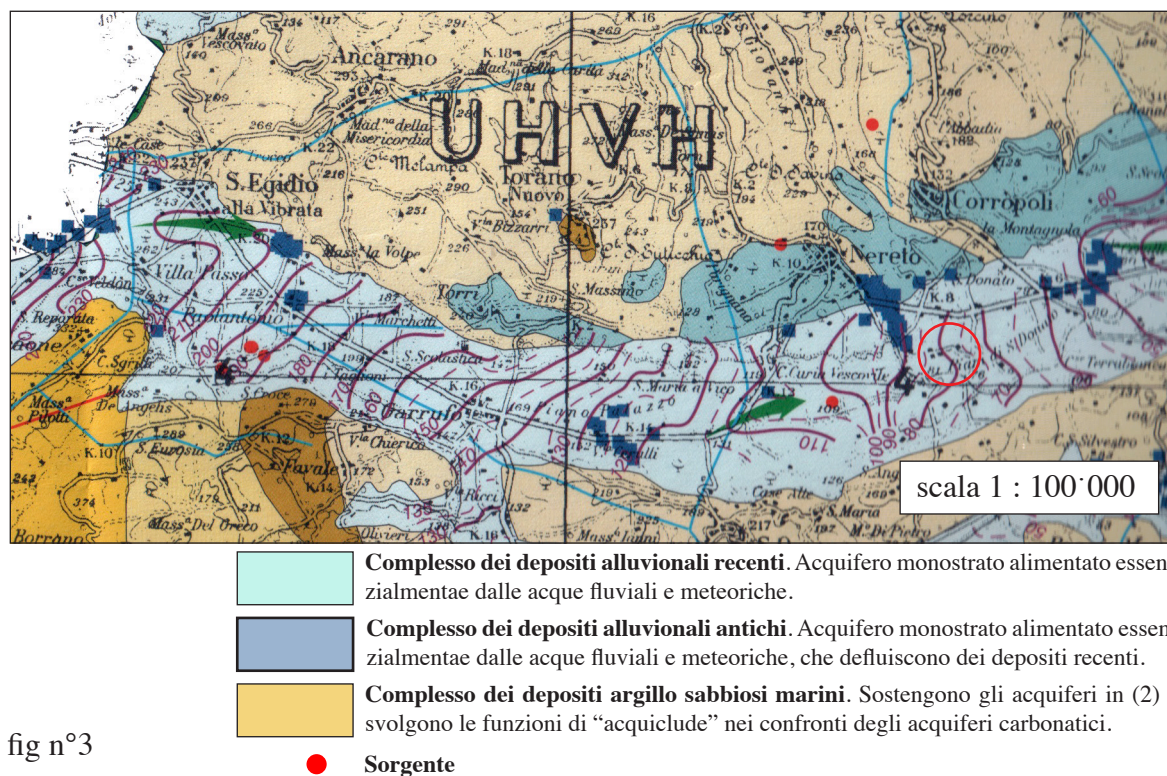


fig n°3

## 2.5 Modello geologico e descrizione degli scenari di pericolosità geologica

Di seguito vengono descritti gli scenari di pericolosità geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica e la loro entità:

Scenario di pericolosità	Presenza nella cartografia ufficiale	Grado di pericolosità attuale	Grado di pericolosità potenziale	Note
Frane, crolli e movimenti di versante	No	Assente	Assente	Il sito è pianeggiante sufficientemente distante da una, peraltro, piccola scarpata.
Rotolamento massi	No	Assente	Assente	Non esistono pareti o versanti con roccia affiorante a monte del sito
Esondazione	No	Basso	Basso	Il sito nella carta del PSDA non rientra tra le zone classificate a rischio, anche se è molto vicino a tale area
Erosione concentrata	No	Molto basso	Molto basso	l'acqua piovana potrebbe provenire dalla strada se non adeguatamente regimata potrebbe causare modesti fenomeni di erosione concentrata
Cavità	No	Assente	Assente	Non risulta che nella zona siano presenti cavità
Faglie attive - rischio di attivazione	No nelle immediate prossimità Sì nell'area	Assente, ma Rischio sismico generico medio-alto	Assente, ma Rischio sismico generico medio-alto	Non sono segnalate faglie attive nella prossimità del sito; nell'area tuttavia a pochi km di distanza sono presenti due le faglie attive: la Suthern Marche e la Suthern Marche offshore
Faglie capaci - rischio di attivazione	No	Assente	Assente	Non sono segnalate faglie capaci in corrispondenza del sito
Subsidenza	No	Basso	Basso	Non risultano fenomeni di subsidenza nella zona, anche se sono presenti aree con terreno di riporto, che sottoposti a carico esterno potrebbero produrre cedimenti
Tusmani	No	Assente	Assente	
Rischio vulcanico	No	Assente	Assente	



## CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO

(fonte: “Carta del vincolo idrogeologico - Regione Abruzzo”)

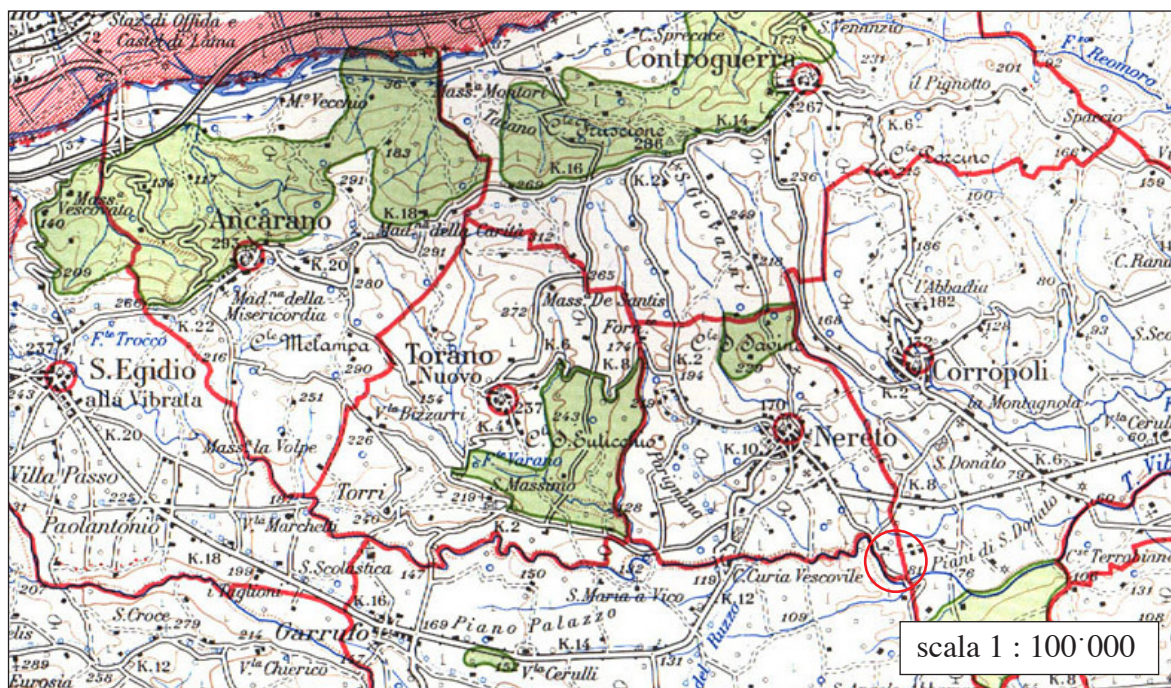


fig n°4

## IL SISTEMA AMBIENTALE E INSIEDATIVO

(fonte: Piano Territoriale della Provincia di Teramo)

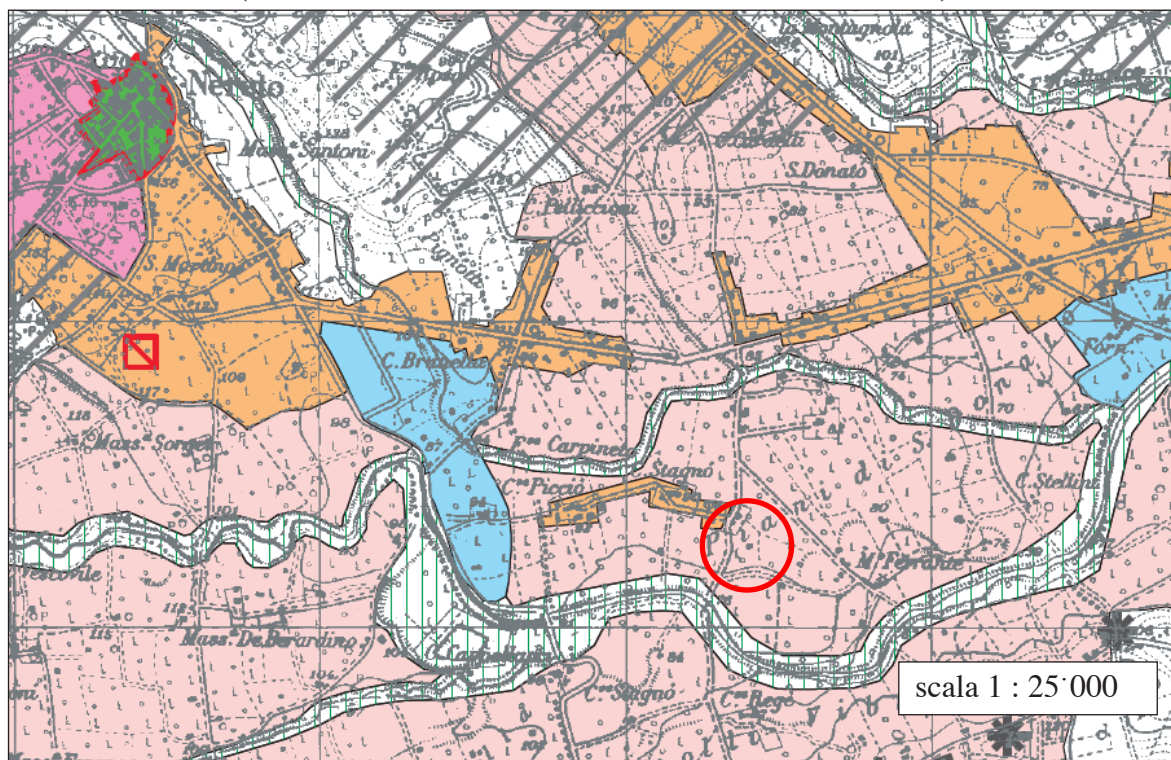


fig n°5

## 2.6 Conclusioni

Un giudizio geologico tecnico sull'area in esame consegue dal complesso delle caratteristiche geologiche fin qui illustrate.

L'area, geomorfologicamente stabile, non presenta segni di instabilità presente né potenziale, pur essendo vicino ad una modesta scarpata su cui si consigliano interventi per la mitigazione del rischio.

Il sottosuolo risulta costituito, dopo un intervallo di colluvioni limo argillo-sabbiose e ghiaiose, prevalentemente da sabbie e ghiaie alluvionali mediamente addensati, e più in profondità, da -12,5 m, da argille sabbiose grigio azzurre molto consistenti.

Nel sito sono presenti aree interessate da terreno di riporto, a luoghi profondo anche 5 m, la cui esatta estensione areale necessita di un'ulteriore campagna geognostica.

Trattandosi di terreni dotati di componente coesiva, particolare attenzione si dovrà porre nell'allontanamento dal sito delle acque piovane in quanto la loro infiltrazione nel sottosuolo potrebbe degradare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di sedime.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e costituisce la relazione geologica specialistica del progetto strutturale di cui al capitolo 10.1., C10.1 punto 5.1. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.



# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ DA FRANE

(fonte: “Piano per l’Assetto Idrogeologico della Regione Abruzzo”)

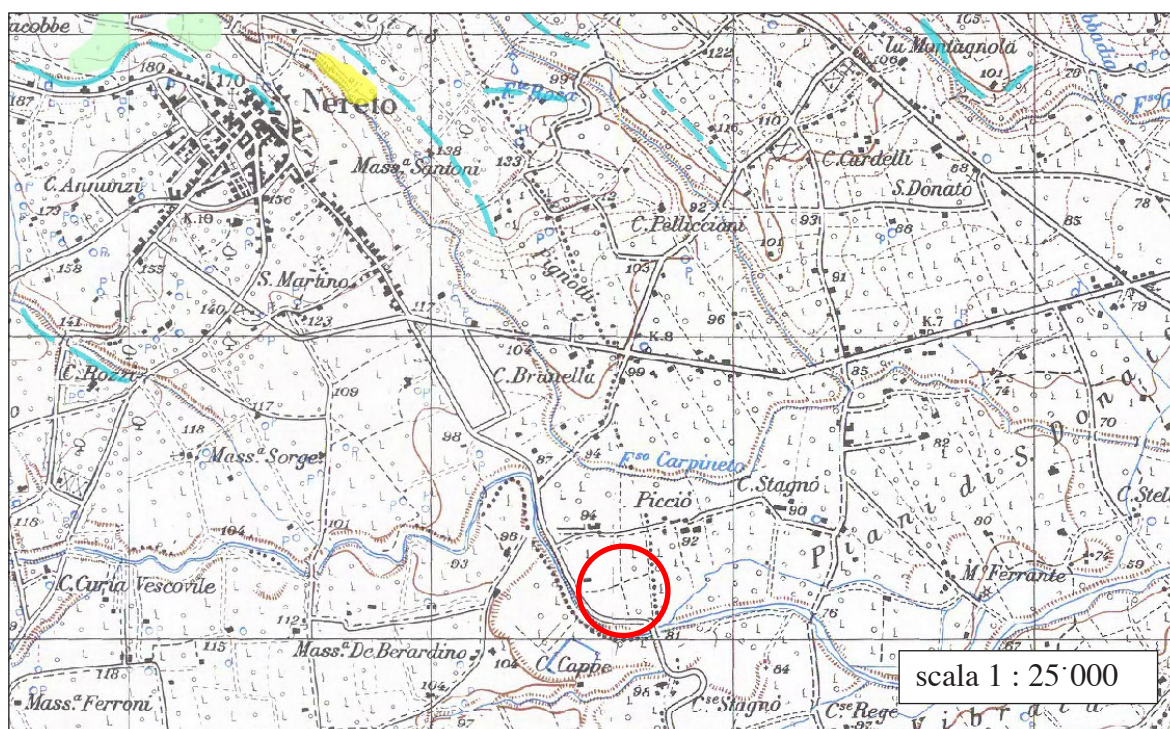


fig n°6

# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

(fonte: “Piano Stralcio Difesa Alluvioni della Regione Abruzzo”)

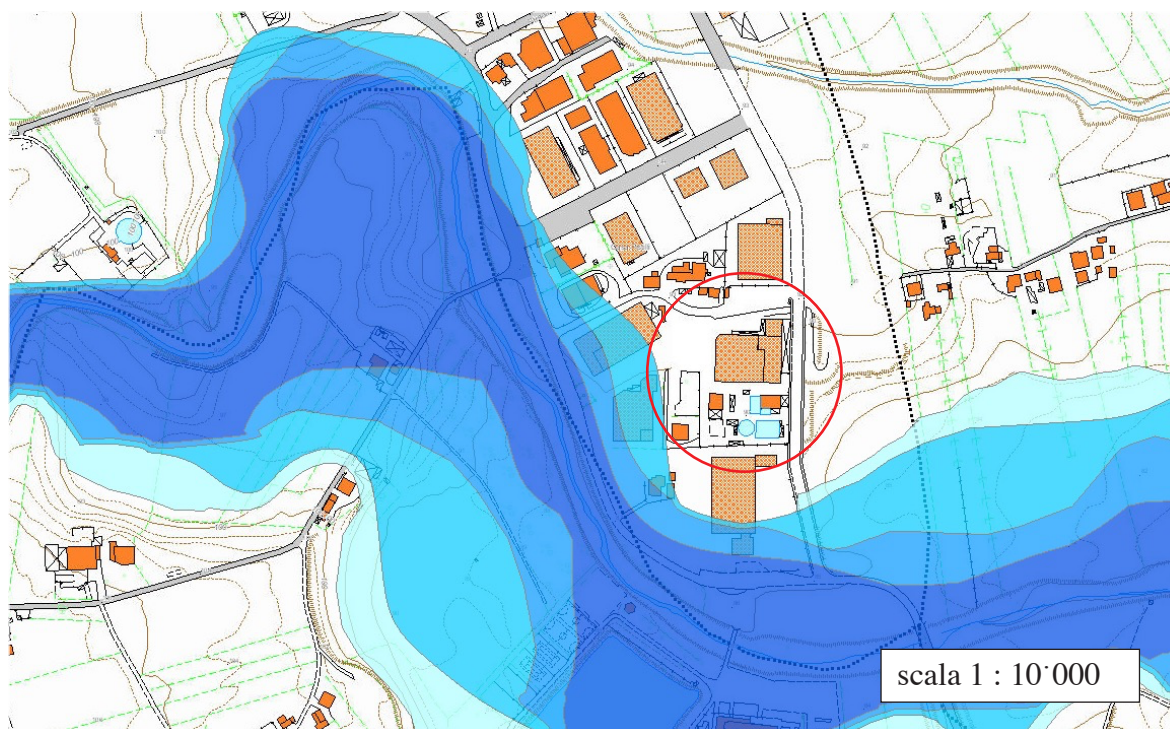


fig n°7

### 3. RELAZIONE IDROGEOLOGICA

#### 3.1 Idrogeologia

L'idrologia superficiale è costituita da un reticolo idrografico poco sviluppato, dovuto alla buona permeabilità del terreno superficiale (granulare), che permette, in caso di pioggia<sup>1)</sup>, una facile infiltrazione dell'acqua.

I caratteri idrogeologici dei sedimenti del sottosuolo presentano differenze legate alla natura litologica dei materiali e alla diversa struttura e tessitura dei litotipi.

In particolare la successione idrogeologica dell'area in esame può essere così schematizzata:

- le colluvioni superficiali sono caratterizzati da permeabilità generalmente discreta, in funzione della granulometria prevalente;
- i depositi alluvionali sabbioso-ghiaiosi, caratterizzati da una buona permeabilità, coefficiente di permeabilità variabile tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  m/s, sono la sede dove scorrono le acque di infiltrazione che vanno a costituire la falda;
- il livello di base della circolazione idrica è rappresentato dal substrato geologico, costituito dalle argille grigio-azzurre, praticamente impermeabili, pur permettendo una discreta circolazione idrica negli orizzonti più sabbiosi.

Nei diversi pozzi la profondità della falda freatica nelle alluvioni è stata rinvenuta a circa - 4,5 m dal p.d.c. A una profondità di circa 40 m, nel substrato delle argille sabbiose, è stata rinvenuta, in pozzo profondo, sempre nella stessa area, una seconda falda.

1)

*Dall'esame dei dati pluviometrici rilevati dall'Istituto Idrografico dello Stato, sezione di Pescara, alla stazione di Nereto, distante a meno di 3 Km. dall'area di studio, viene di seguito schematicamente riportata una tabella, ricavata da oltre 50 anni di osservazione per il calcolo dei valori medi, con i valori annuali delle precipitazioni, temperatura, evapotraspirazione reale (calcolata con il metodo di Turc) e precipitazione efficace (calcolati come differenza tra i valori di precipitazione e quelli di evapotraspirazione):*

Località	Quota s.l.m.	anni P/T	Precipitazione ann. media	Temperatura ann. media	ET (Turc)	PE
Nereto	163 m.	60/56	763 mm.	15.4° C	592 mm.	171 mm.



# PLANIMETRIA DEL SITO CON UBICAZIONE DEI POZZI

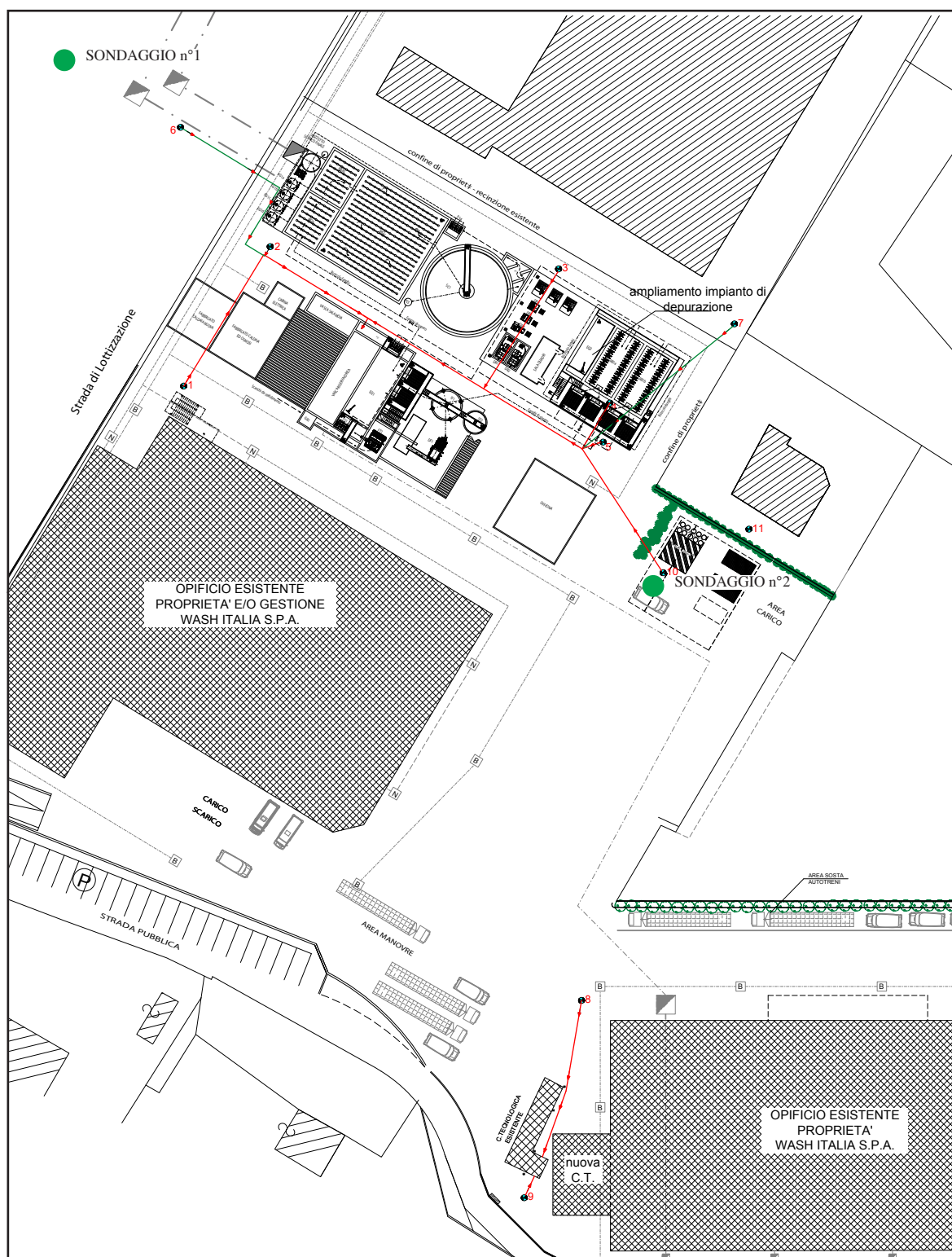


fig n°8

### 3.2 Caratteristiche dei pozzi

I pozzi hanno le seguenti caratteristiche:

1° pozzo: rivestimento in P.V.C. diametro di 30 cm e profondo 32 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 18.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 1,5 cv. (fig. n°21)

2° pozzo: rivestimento in P.V.C. diametro di 30 cm e profondo 35 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 20.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 1,5 cv. (fig. n°22)

3° pozzo: rivestimento in P.V.C. diametro di 30 cm e profondo 36 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 19.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 1,5 cv. (fig. n°23)

4° pozzo: rivestimento in ferro, diametro di 30 cm e profondo 30 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 20.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 1,5 cv. (fig. n°24)

5° pozzo: rivestimento in ferro, diametro di 30 cm e profondo 30 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 20.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 1,5 cv. (fig. n°25)

**6° pozzo:** Durante dei lavori di manutenzione per ripulire con una sonda il fondo sono crollate le pareti di scavo. Il pozzo è stato dismesso (verrà sostituito dal pozzo n°8) ed è stata avviata la procedura per la sua chiusura. La linea di flusso che collegava il pozzo al contatore verrà rimossa. (fig. n°26)

Presentava le seguenti caratteristiche: rivestimento in ferro, diametro di 30 cm e profondo 120 m. dal p.d.c. captava l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 84.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv.

**7° pozzo:** proprietario Zadian, prot. 90; era stato dato in comodato d'uso alla Wash Italia che adesso rinuncia all'utilizzo (verrà sostituito dal pozzo n°10) comunicandolo alle autorità competente e alla stessa Zadian (ora Prato Verde). La linea di

## PROVA DI PORTATA POZZO 2

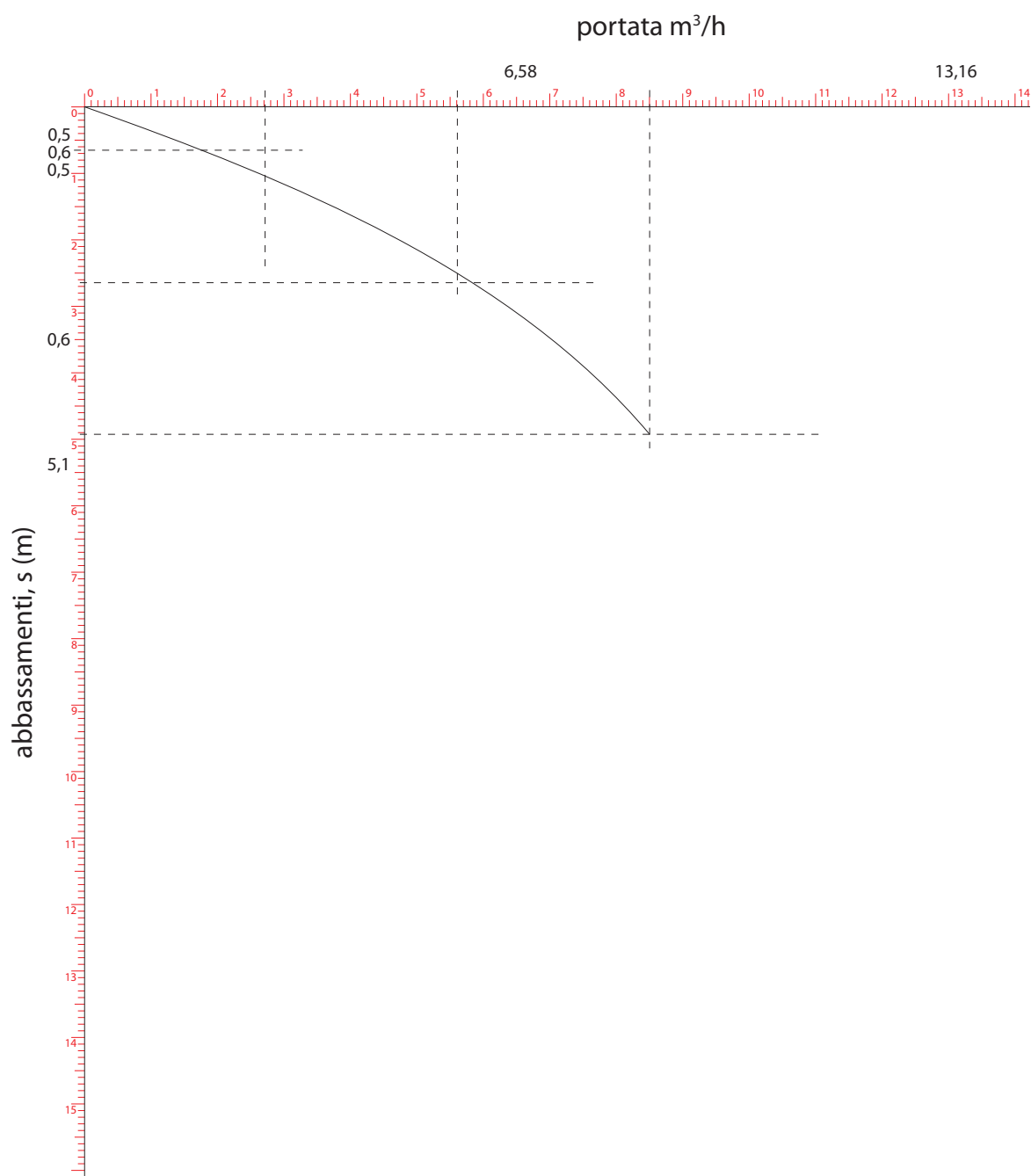


fig n°9

flusso che collegava il pozzo al contatore della Wash verrà rimossa. (fig. n°27)

Presenta le seguenti caratteristiche: rivestimento in cemento, diametro di 80 cm e profondo 30 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 18.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv.

**8° pozzo:** è un pozzo multifalda:

1) il livello statico della falda superficiale, presente nelle ghiaie e sabbie alluvionali, è a – 4.5 m dal p.d.c.

2) il livello statico della falda profonda, presente nelle intercalazioni sabbiose della formazione delle argille sabbiose grigio-azzurre, è a – 40 m dal p.d.c. (la falda è stata intercettata a -70 m dal p.d.c.); il livello dinamico è a - 80 m dal p.d.c. (fig. n°28)

È stato realizzato di recente e sostituisce il pozzo n°6. Presenta le seguenti caratteristiche: rivestimento in ferro, diametro di 30 cm e profondo 90 m. dal p.d.c. capta l'acqua tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv. In corso comunicazione al Servizio Geologico d'Italia – Dipartimento Difesa del Suolo (APAT)

**9° pozzo:** ex Maglificio Albatex, prot. 176; rivestimento in cemento, diametro di 80 cm e profondo 20 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 18.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv. (fig. n°29)

**10° pozzo:** è un pozzo multifalda:

1) il livello statico della falda superficiale, presente nelle ghiaie e sabbie alluvionali, è a – 4.5 m dal p.d.c.

2) il livello statico della falda profonda, presente nelle intercalazioni sabbiose della formazione delle argille sabbiose grigio-azzurre, è a – 40 m dal p.d.c. (la falda è stata intercettata a -70 m dal p.d.c.); il livello dinamico è a - 80 m dal p.d.c. (fig. n°30)

È stato realizzato di recente e sostituisce il pozzo n°7. Presenta le seguenti

## PROVA DI PORTATA POZZO 3

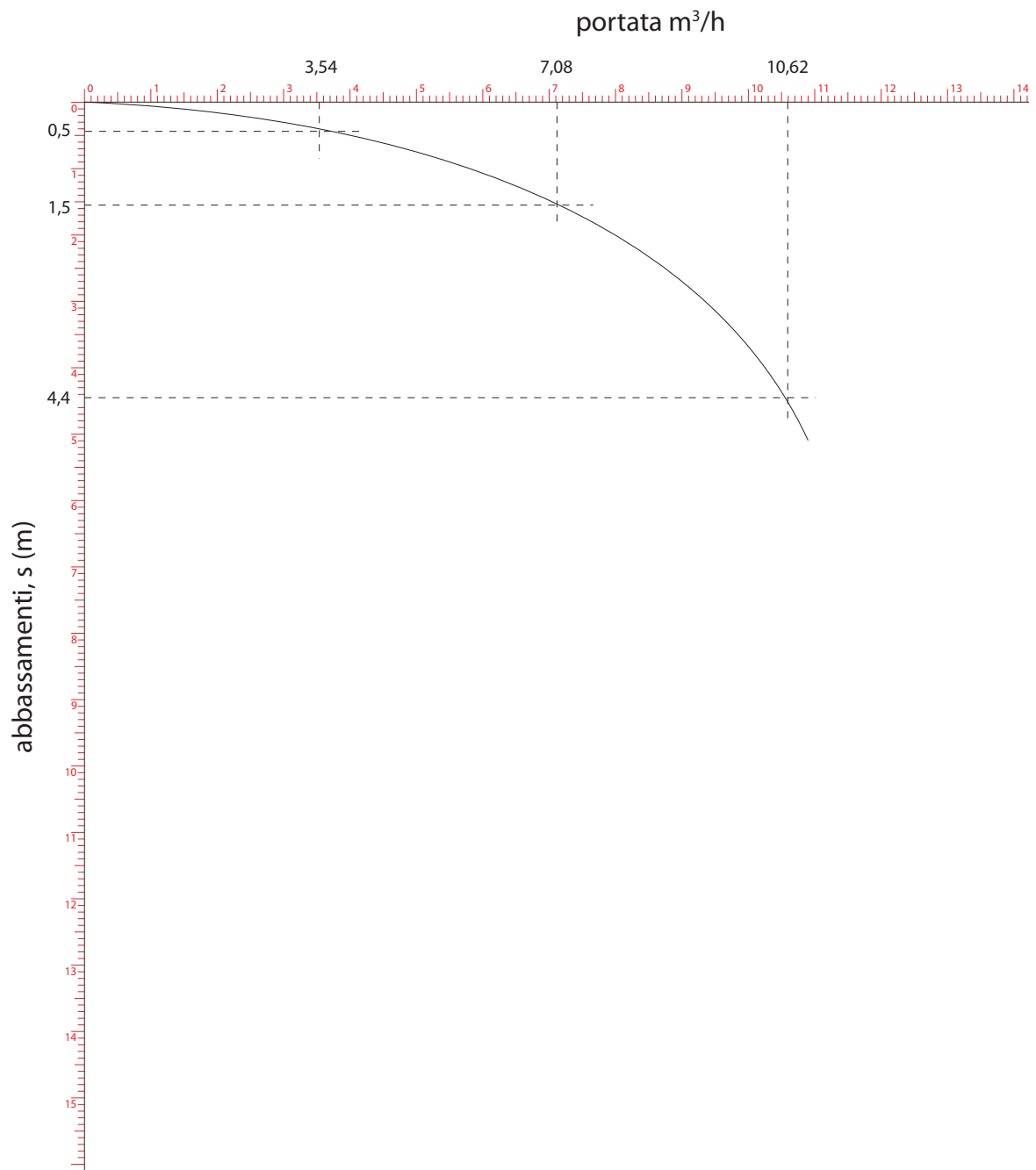


fig n°10

caratteristiche: rivestimento in ferro, diametro di 30 cm e profondo 90 m. dal p.d.c. capta l'acqua tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv. In corso comunicazione al Servizio Geologico d'Italia – Dipartimento Difesa del Suolo (APAT)

**11° pozzo:** ex Pistilli Vincenzo, prot. 73; rivestimento in cemento, diametro di 80 cm e profondo 25 m. dal p.d.c. capta l'acqua (livello statico – 4.5 m dal p.d.c. e livello dinamico - 16.0 m) tramite una pompa elettrica immersa 3.0 cv. (fig. n°31)

*In neretto sono riportati i pozzi che differiscono rispetto alla richiesta di concessione del 13/06/05 prot. 109 189*

I pozzi attualmente appartenenti al campo pozzi sono quindi 9: i pozzi n°1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10 e 11

I pozzi n°9 e 11 inoltre non sono inseriti nel ciclo industriale, ma vengono utilizzati esclusivamente per uso irriguo dei giardini (uso civile).

Le misure dei livelli statici e dinamici sono da considerarsi attendibili ma non assolutamente certi, poiché non è stato possibile, per evidenti esigenze di produzione, bloccare l'emugimento in tutti i pozzi per il tempo necessario per la risalita del livello statico, che è stato assunto uguale a quello rilevato nel sondaggio, -4 ,5 m dal p.d.c. I livelli dinamici sono stati rilevati con le pompe in funzione, anche se la vicinanza tra un pozzo e l'altro e il loro utilizzo a rotazione, hanno influenzato le misure stesse.

Da pag 41 a 51 sono riportate le caratteristiche dei pozzi

### 3.3 portate

portata pozzi:

pozzo 1	13, 50 m <sup>3</sup> /h	motore 1,5 cv	profondità 32 m	livello dinamico 18 m
pozzo 2	5, 94 m <sup>3</sup> /h	motore 1,5 cv	profondità 35 m	livello dinamico 20 m
pozzo 3	10, 62 m <sup>3</sup> /h	motore 1,5 cv	profondità 36 m	livello dinamico 19 m
pozzo 4	9, 18 m <sup>3</sup> /h	motore 1,5 cv	profondità 30 m	livello dinamico 20 m
pozzo 5 (10)	19, 74 m <sup>3</sup> /h	m 1,5 (3,0) cv	profondità 30 (90) m	livello dinamico 20 m



PROVA DI PORTATA POZZO 5

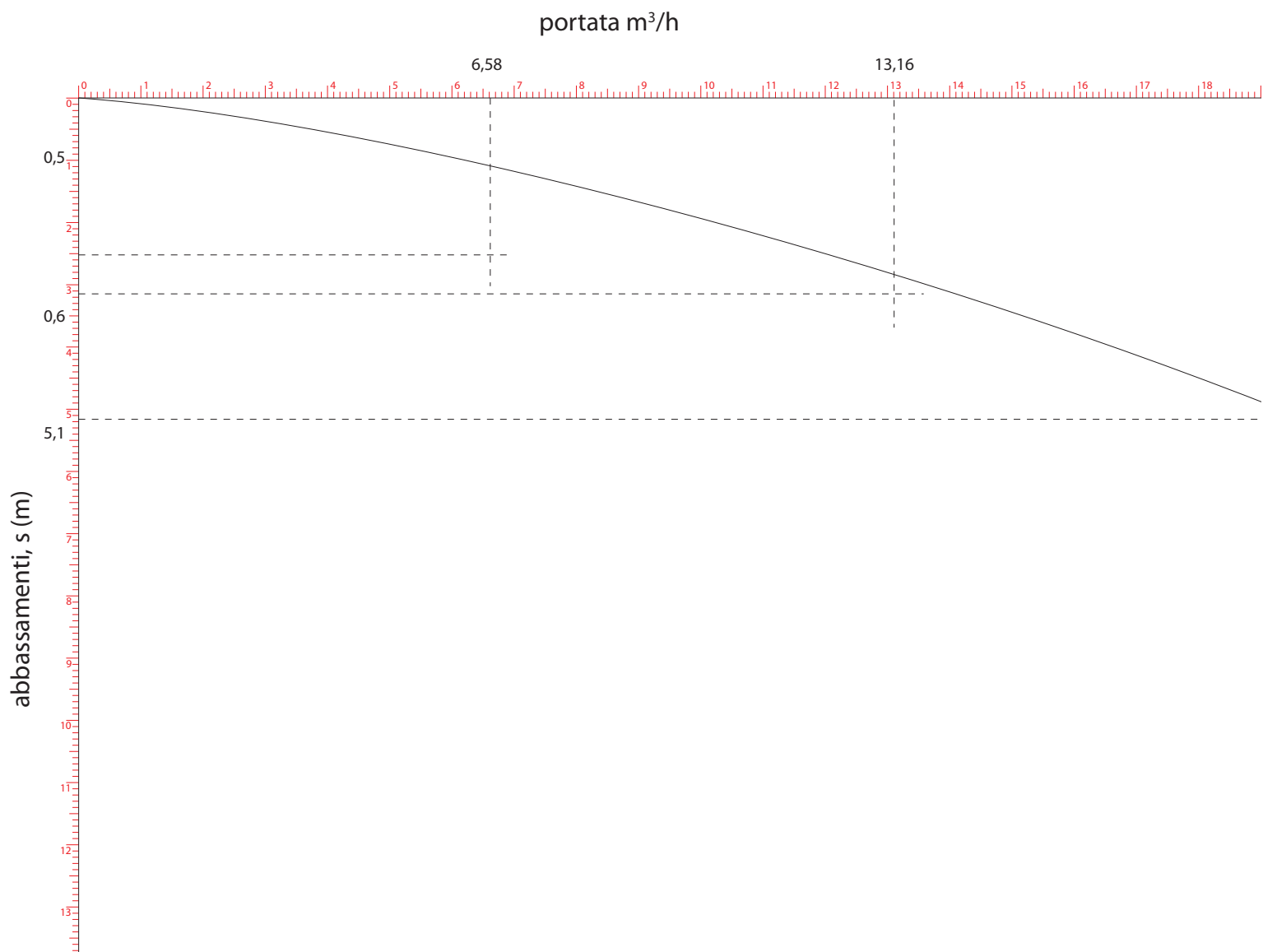


fig n°11

pozzo 8	18,40 m <sup>3</sup> /h	motore 3,0 cv	profondità 90 m	livello dinamico 80 m
pozzo 10 (5)	8,46 m <sup>3</sup> /h	motore 3,0 cv	profondità 90 m	livello dinamico 80 m

portata totale: 85,84 m<sup>3</sup>/h

consumo massimo giorno 2'060,16 m<sup>3</sup>

consumo massimo anno (per 264 g) 543'882,24 m<sup>3</sup>

consumo con pozzi 10 e 8 38,14 m<sup>3</sup>/h 915,36 m<sup>3</sup>/d 241'655 m<sup>3</sup>/y

vasca 500 m<sup>3</sup>

consumo annuo circa 300'000 m<sup>3</sup>

### 3.4 Conclusioni

In base al complesso delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche di massima fin qui illustrate, l'area in oggetto non presenta caratteristiche d'incompatibilità con la presenza dei pozzi:

1. La falda principale è presente in un substrato di natura prevalentemente granulare per cui gli emugimenti, anche in caso di abbassamento della falda, non comporterà cedimenti apprezzabili della superficie del suolo e quindi problemi di dissesto. I pozzi n°8 e 10 pescano l'acqua anche in una falda profonda, che è sufficientemente da non influire con la superficie.
2. La natura del suolo e i filtri (rete di pescaggio) impediscono che venga estratto anche il terreno o la sua frazione fina.
3. I pozzi interferiscono negativamente tra loro, poiché sono posizionati troppo vicini, ma non essendoci altri pozzi in funzione nelle immediate vicinanze, non si reca danni a terzi.
4. La quantità totale d'acqua emuginata annualmente è di circa 240'000 m<sup>3</sup>/anno, ma la parte predominante di essa verrà emunta dai pozzi n°8 e 10, (l'installazione dei contatori permetterà di aver dei dati precisi), che captano l'acqua anche da falde profonde non direttamente collegate col torrente Vibrata e di conseguenza l'interferenza col torrente Vibrata stesso è minima.

# DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

(fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)

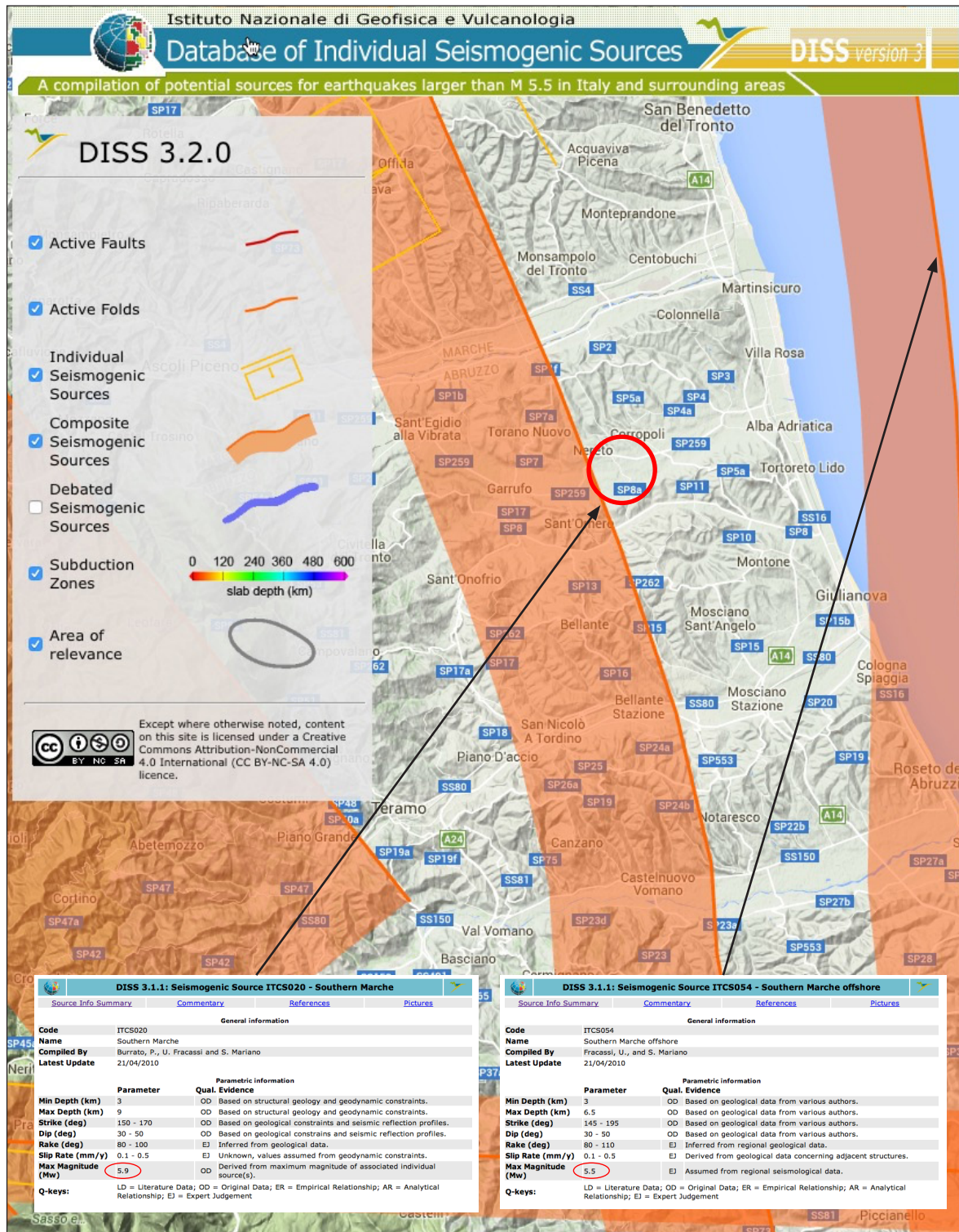


fig n°12

## 4. RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

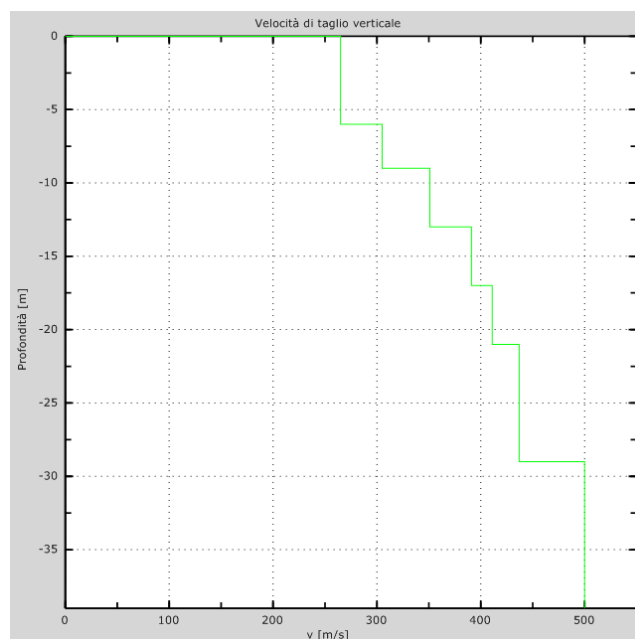
### 4.1 Pericolosità sismica di base

Il sito pur non essendo direttamente interessato da faglie attive e tanto meno capaci è situata in un'area dove sono presenti diverse faglie attive quali la Southern Marche, la Southern Marche offshore e la Pietracamela-Montesilvano (fig. n°12) che possono dare origini a terremoti fino a magnitudine  $MW = 5.9$ , che nel sito in oggetto, data la distanza dalla faglia potrebbe avere una  $MW = 5.23$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (fig. n°13). In Passato, pur non essendoci testimonianze di terremoti di tale intensità, nella zona sono state avvertite diverse scosse sismiche (fig. n°14).

Tramite la prova MASW, eseguita nelle vicinanze e su un'area geologicamente e geomorfologicamente simile, di cui si troverà ampia documentazione nelle pagine seguenti, è stata eseguita la classificazione del suolo, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità:

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

dove  $V_i$  e  $h_i$  sono la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato  $i$ -esimo.



# MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA

(fonte: Istituto Nazionale di Geofica e Vulcanologia)

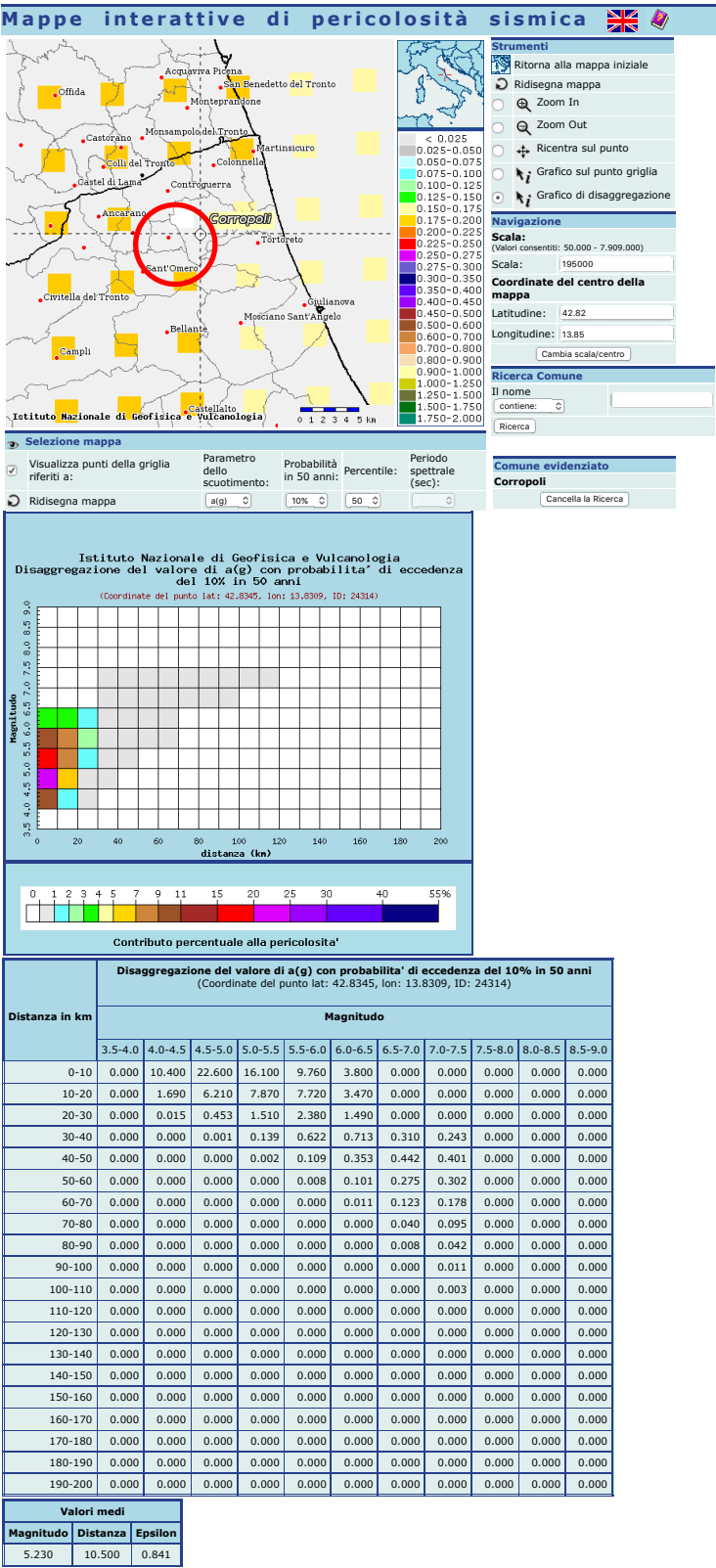


fig n°13

Il valore a piano di riferimento del piano campagna è  $V_{s30}$  è di 351 m/sec e la categoria di sotto suolo è quindi “C”.

#### **4.2 Microzonazione sismica di I° livello**

Nella MZS di I° livello del Comune di Nereto, in attesa di vidimazione, (fig. n°15) il sito è classificato come “zona suscettibile di amplificazione locale, ma non rientra tra le zone di attenzione per instabilità.

Rientra in zona 2002: sigla regionale col-F4V su at1-E3IIIb su 4-D2; nazionale CL su GM su CO. Caratterizzata dalla sovrapposizione di una coltre eluvio-colluviale limoso-argillosa coesiva poco consistente a depositi alluvionali posti sopra le “argille limose caratterizzate talora dalla presenza di sottili intercalazioni sabbioso-siltose (Formazione Argille Grigio-Azzurre)”.

#### **4.3 Rischio liquefazione delle sabbie**

Nella MZS di I° livello del Comune di Nereto il sito è classificato come “zona di attenzione per liquefazione di tipo 2, Le ZALQ2 sono zone in cui sussistono solo le prime 3 condizioni predisponenti del fenomeno, mentre per la quarta ( $p_{ga} > 0.1g$ ) è necessaria una verifica nei livelli di approfondimento superiori.

1. terreni sabbiosi
2. falda a profondità inferiore ai 15 m
3.  $M_w$  attesa nel sito  $> 5$
4. accelerazioni massime di superficie ( $p_{ga}$ )  $> 0.1g$

SISMICITÀ STORICA  
(fonte: Database Macrosismico Italiano ed. 2015 dell'INGV)

Nereto

PlaceID IT\_56829  
Coordinate (lat, lon) 42.819, 13.817  
Comune (ISTAT 2015) Nereto  
Provincia Teramo  
Regione Abruzzo  
Numero di eventi riportati 34

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
NF	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09	
NF	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6	4.61	
4	1920	02	10	23	57		Monti Sibillini	18	5	4.30	
2	1922	12	29	12	22	0	Val Roveto	119	6-7	5.24	
NF	1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8	5.48	
2	1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50	
4	1933	09	26	03	33	2	Maiella	325	9	5.90	
NF	1938	08	12	02	28	3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56	
NF	1941	12	19				Monti Sibillini	30	7	5.02	
6-7	1943	10	03	08	28	2	Ascolano	170	8	5.67	
6	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69	
3	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04	
F	1959	01	01	23	58	1	Teramano	46	5	4.33	
3	1963	01	25	05	27		Monti Sibillini	30	5	4.31	
5	1969	09	26	23	40	3	Teramano	97	5	4.39	
5	1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48	
5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83	
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62	
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86	
3	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47	
4	1985	05	01	16	57	3	Ascolano	51	5	4.09	
3-4	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46	
4	1987	09	04	16	42	4	Costa Marchigiana	75	6	4.66	
5	1987	09	10	13	24	2	Costa Marchigiana	21		4.38	
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77	
4	1996	07	09	10	23	0	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20	
4-5	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
2	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
4	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62	
4-5	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
3-4	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
NF	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81	

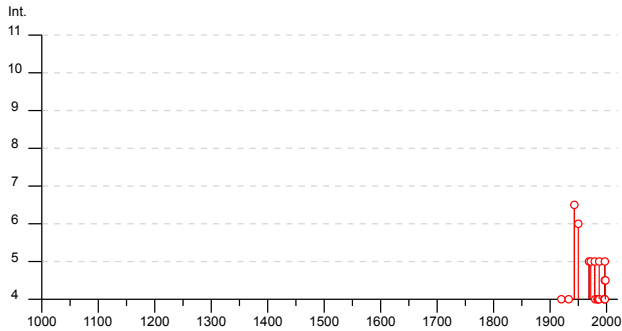


fig n°14



#### 4.4 Pericolosità sismica locale

Le indagini per la verifica della pericolosità locale è stata effettuata tramite prove sismiche con metodologia MASW

Il sito ha le seguenti coordinate geografiche  $\text{lon} = 13.832018$  e  $\text{lat} = 42.807291$  (WGS 84) per il quale il programma per il “*calcolo degli spettri di risposta*” del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici fornisce i seguenti parametri supponendo un uso di 50 anni, classe d’uso II, per uno stato limite SLV:

$$T_R(\text{anni}) = 475 \quad A_g = 1,754 \quad A_{g/g} = 0,179 \quad F_0 = 2,427 \quad T^*C(\text{sec}) = 0,344$$

Vicini nella griglia:

P1 (ID: 24536, LAT: 42,78400, LON: 13,83100)	Ag: 1,755	F0: 2,430	T*C: 0,350
P1 (ID: 24314, LAT: 42,83400, LON: 13,83100)	Ag: 1,757	F0: 2,430	T*C: 0,340
P1 (ID: 24537, LAT: 42,78400, LON: 13,89900)	Ag: 1,748	F0: 2,410	T*C: 0,340
P1 (ID: 24315, LAT: 42,83400, LON: 13,89900)	Ag: 1,746	F0: 2,430	T*C: 0,340

#### Amplificazione stratigrafica

La categoria del suolo di fondazione ai fini della definizione della azione sismica di progetto è quindi “C” (tab. 3.2.II):

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

Per cui il coefficiente di amplificazione stratigrafica è  $S_s = 1,445$  (tab. 3.2.V)

#### Amplificazione topografica

La categoria topografica a cui appartiene il sito, situato su un pianoro collinare, è “T1” (tab. 3.2.IV)

*terreni pianeggianti o con inclinazione media  $< 15^\circ$*

Per cui il coefficiente di amplificazione topografica è  $S_T = 1,00$  (tab. 3.2.VI)

L’accelerazione massima attesa in sito si può valutare come:

$$a_{\max} = S_s \times S_T \times a_g \text{ (form. 7.11.5) } a_g = 0,258$$



# CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

(fonte: Comune Nereto: MZS I° livello in fase di vidimazione)

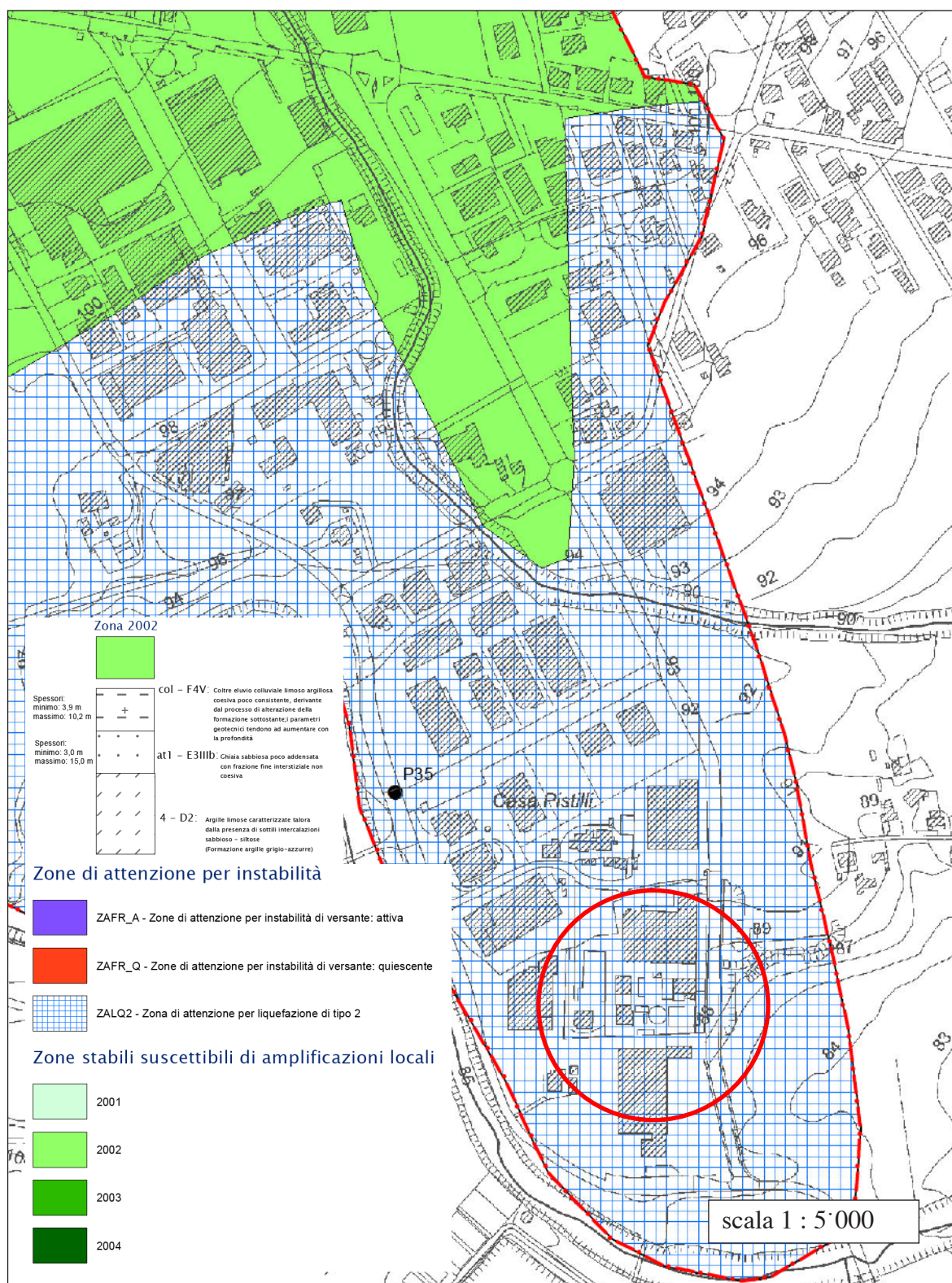


fig n°15

### **Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante**

Il coefficiente sismico orizzontale con  $\beta_s = 0,24$  (tab. 7.11.I) è:  $k_h = \beta_s \cdot a_{MAX}/g = 0,062$

Il coefficiente sismico verticale è (tab. 7.11.II) è:  $k_v = 0,5 \cdot k_h = 0,031$ .

### **Coefficiente sismico per muri di sostegno**

Il coefficiente sismico orizzontale con  $\beta_s = 0,24$  (tab. 7.11.I) è:  $k_h = \beta_s \cdot a_{MAX}/g = 0,062$

Il coefficiente sismico verticale è (tab. 7.11.II) è:  $k_v = 0,5 \cdot k_h = 0,031$ .

## **4.5 Conclusioni**

Il rischio sismico di base è medio-alto, a cui bisogna aggiungere fattori di amplificazione stratigrafica. Il rischio di liquefazione è di tipo 2 secondo la carta delle MOPS del comune di Nereto.

Se il *periodo di riferimento dell'opera*, la *classe d'uso* e lo *stato limite* non corrispondono a quelli ipotizzati, i parametri  $a_g$ ,  $F_O$ ,  $F_C$  devono essere ricalcolati in base al tempo di ritorno ( $T_R$ ) considerato.



Topographic map of the area around San Vito al Tagliamento. The map shows the river Tagliamento, roads, and buildings. A red circle highlights a specific building complex. The map includes contour lines, a scale bar, and a north arrow.

scala 1 : 10'000

30 di 66 pagine

## 54. RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

### 5.1 Contenuto della relazione geotecnica

La seguente relazione si limita alla presentazione dei dati relativi dalle indagini e alla illustrazione di un modello geotecnico con i rispettivi valori caratteristici. Non vengono effettuate verifiche geotecniche in ottemperanza alle NTC che in § 6.2.2 riporta: *è responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica.*

### 5.2 Piano di indagini

Per definire il modello geotecnico, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni non sono state eseguite specifiche indagini, che comunque dovranno essere definite nel piano delle indagini a firma del progettista o strutturista, si è tenuto conto della § 6.2.2, clausola del modesto rilievo, *“Nel caso di costruzioni o interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull’esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”.*

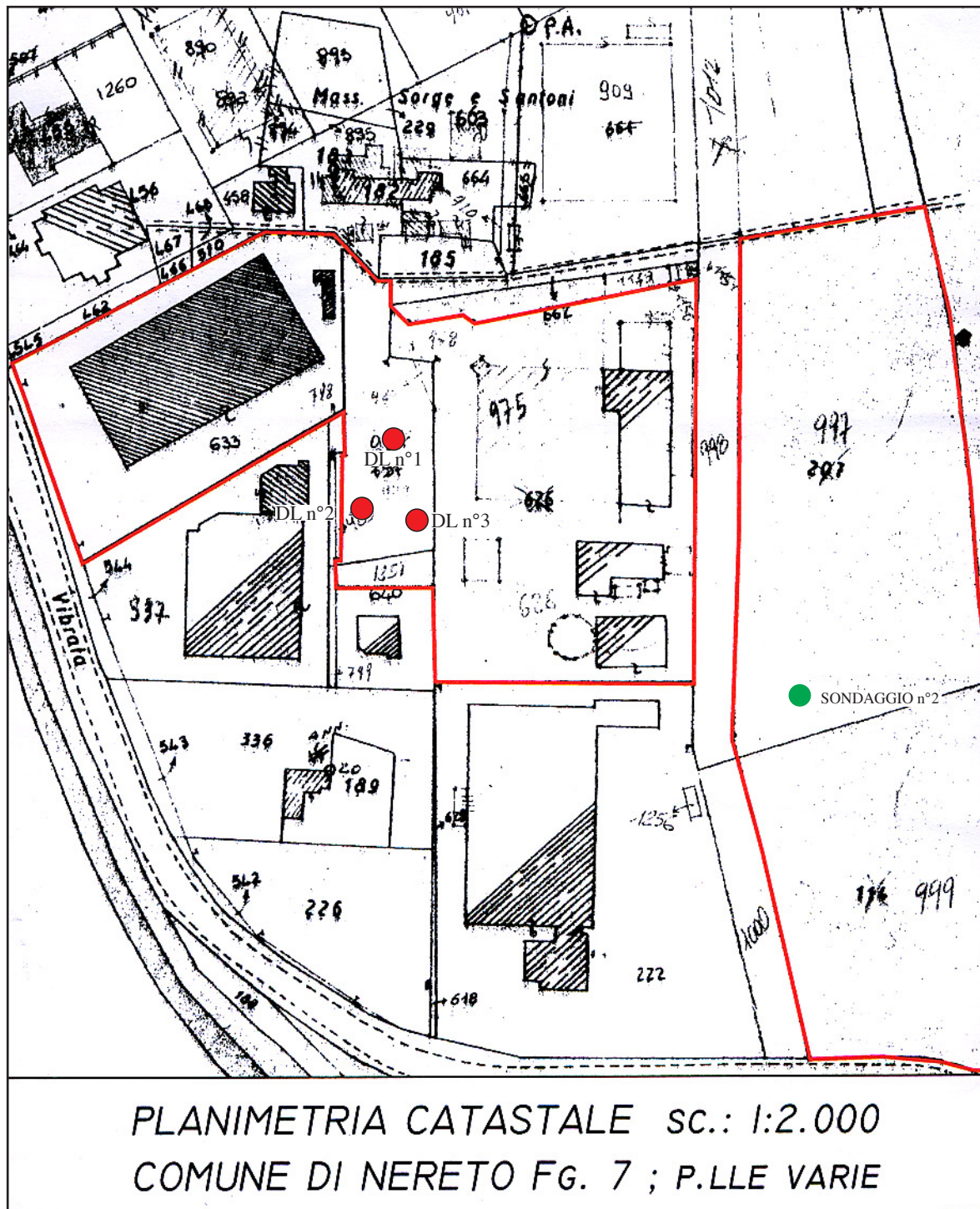
Il piano di indagini consiste in:

- n°1 Sondaggio (fig. n°18) a distruzione del nucleo spinto fino a -15 m per la stratigrafia e la stima dei parametri del terreno di fondazione necessari al calcolo della capacità portante delle fondazioni;
- n°3 prove penetrometriche dinamiche per la stima dei parametri non drenati del terreno di fondazione necessari al calcolo della capacità portante delle fondazioni;
- n°1 prova MASW e REMI per la determinazione della  $V_{s30}$  per la determinazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica e la stima dei parametri elastici del terreno di fondazione;

Tali prove ubicate come da planimetria allegata (fig. n°16 e 17), sono state correlate con altre e numerose prove eseguite in aree vicine e geologicamente simili.



# PLANIMETRIA CATASTALE CON UBICAZIONE DEL SONDAGGIO E DELLE PROVE PENETROMETRICHE



scala 1 : 2'000

fig n°17

### 5.3 Prove penetrometriche

Le prove, eseguite con un penetrometro dinamico super-pesante, sono ubicate come da planimetria allegata e spinte fino a circa 9 metri di profondità.

L'attrezzatura usata presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso massa battente  $M = 30 \text{ Kg.}$
- Altezza di caduta libera  $H = 20 \text{ cm.}$
- Diametro punta conica  $\varnothing = 35,7 \text{ mm.}$
- Area di base punta conica  $A = 10 \text{ cm}^2$
- Area di base punta conica  $\alpha = 60^\circ$

I grafici dei numeri di colpi (fig. n°18, 19 e 20) necessari all'infissione di 20 cm. alle varie profondità sono stati convertiti, tramite opportuni coefficienti, in "prove statiche equivalenti" dalla quale a sua volta, seguendo correlazioni moderne e di uso comune nella stragrande maggior parte del territorio italiano - così come proposto dal programmi GEO-TEC A dell' Interstudio s.r.l. (quali ad esempio la correlazione di De Beer per la coesione non drenata dei terreni coesivi e la metodologia di Durgunoglu e Mitchell e il grafico di Jamiolkowski rispettivamente per l'angolo d'attrito e per la densità relativa dei terreni granulari) - sono stati stimati i vari parametri geotecnici (fig. n°18, 19 e 20); mentre per la coesione efficace e l'angolo d'attrito dei terreni coesivi si è fatto ricorso a indagini precedenti su terreni vicini e geologicamente simili e alla letteratura specializzata.

### 5.4 Caratteristiche geotecniche dei terreni

Non conoscendo l'approccio progettuale che verrà adottato si ipotizzano valori caratteristici prossimi ai valori nominali minimi, adottando crite-

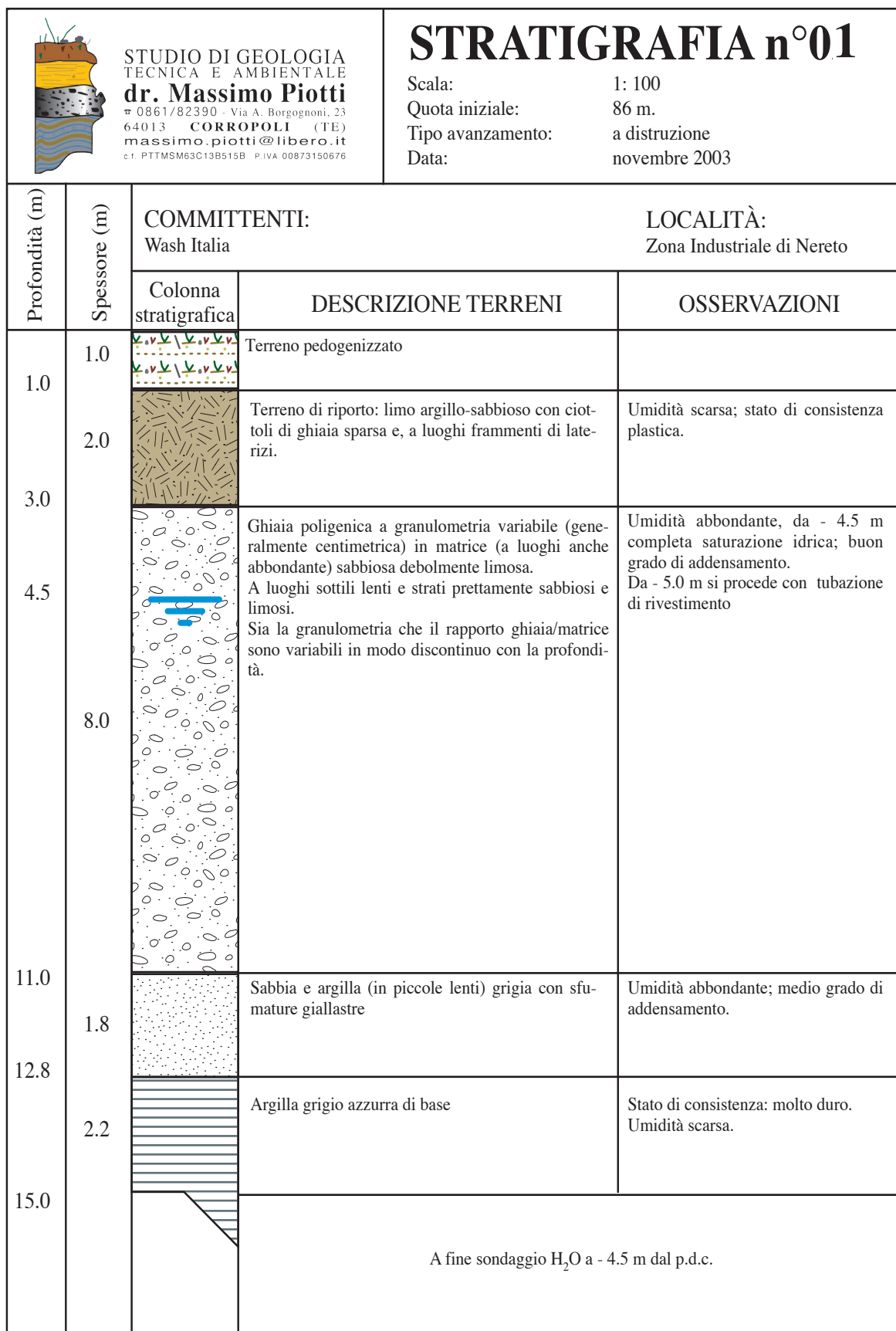


fig n°18

ri cautelativi che potranno essere adeguati alle scelte di progettazione geotecnica.

Dall'analisi dell'indagine eseguite e con la bibliografia esistente, è stata ricostruita la successione stratigrafica e sono stati definiti i livelli meccanicamente omogenei di cui vengono indicate le caratteristiche geomeccaniche:

### **Terreno superficiale e di riporto**

È presente in parte sul sito ed è composto da terreno riportato in tempi diversi e costituito da granulometrie diverse. Ha scadenti caratteristiche geotecniche per la scarsa resistenza al carico e l'elevata compressibilità; raggiunge la profondità di 5 m. È del tutto inadatto come terreno di fondazione.

### **Coltre eluvio-colluviale**

Sono costituiti da limi, mediamente consistenti, in cui le componenti sabbiose e ghiaiose si distribuiscono eterogeneamente, giungendo a luoghi a diventare le componenti granulometriche principali. Tali sedimenti si spingono fino ad una profondità variabile tra i 2 e 3 m (ad esclusione nelle area con presenza di terreno di riporto). Il comportamento meccanico nonostante la presenza di ghiaia sparsa è prevalente è di tipo coesivo. I parametri geotecnici, condizionati dalla granulometria e dalla tessitura, sono molto variabili. Ai fini geotecnici possono essere adottati seguenti parametri geotecnici:

Peso di volume	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito efficace	$\phi' = 25^\circ$
Coesione efficace	$c' = 7 \text{ kPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 70 \text{ kPa}$
Modulo volumetrico	$M_v = 0.0015 \text{ cm}^2/\text{N}$
Grado di sovraconsolidazione	$\text{OCR} = 1$

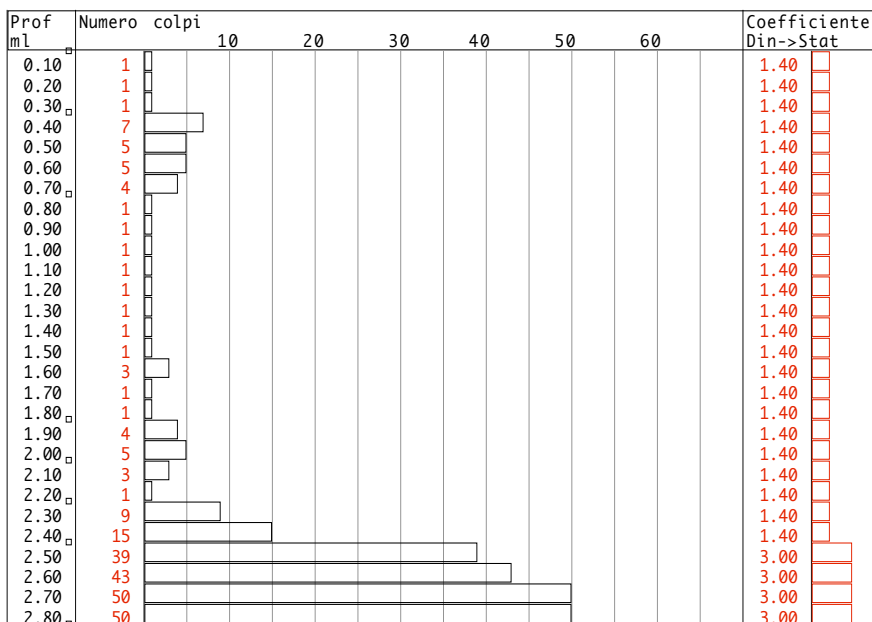
### **Alluvioni sabbiose e ghiaiose**

Sono rappresentati da clasti eterometrici di natura prevalentemente calcarea in più o meno abbondante matrice limo-sabbiosa con varie intercalazioni di strati e lenti di sabbie e sabbie limose, specialmente nei primi metri. Tali sedimenti, su cui poggiano le fondazioni



# PROVE PENETROMETRICHE

DL30 n°1



Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma*V kg/cm2	CU kg/cmq	FI °	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm. cm/sec
0.30		Argilla limosa	1460	1460	0.044	0.070	0	0	0.072886	0.1400	5.6e-3
		Argilla limosa									
0.70		Argilla limosa	1707	1707	0.112	0.367	0	0	0.019935	0.7350	5.8e-3
		Argilla molto tenera									
1.80		Argilla molto tenera	1484	1484	0.275	0.083	0	0	0.062485	0.1655	9.8e-4
		Argilla limosa									
2.00		Argilla limosa	1684	1684	0.309	0.315	0	0	0.021596	0.6300	5.8e-3
		Argilla molto tenera									
2.20		Argilla molto tenera	1563	1563	0.340	0.140	0	0	0.039246	0.2800	3.5e-4
		Argilla limosa									
2.40		Argilla limosa	1831	1831	0.377	0.840	0	0	0.011905	1.6800	6.0e-3
		Sabbia e ghiaia									
2.80			1900	1900	0.453	0.000	34	93	0.004884	6.8250	1.1e-1

fig n°19

esistenti, si spingono fino ad una profondità di circa 13 m. Il comportamento prevalente è di tipo granulare. Presentano buone caratteristiche meccaniche a causa del buon grado di addensamento e della scarsa compressibilità; hanno i seguenti parametri geotecnici

Peso di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito efficace	$\phi' = 32^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0 \text{ kPa}$
Densità relativa	$Dr = 50 \%$
Modulo volumetrico	$M_v = 0.0007 \text{ cm}^2/\text{N}$
Grado di sovraconsolidazione	$OCR = 1$

### Formazione compatta di base

La formazione di base è costituita da argille marnose grigio-azzurre con sottili interstrati sabbioso-arenacei. È compatta e molto resistente: la loro età e la loro origine marina gli conferiscono un *discreto grado di sovraconsolidazione*.

Ha i seguenti parametri geotecnici

Peso di volume	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Angolo d'attrito efficace	$\phi' = 24^\circ$
Coesione efficace	$c' = 20 \text{ kPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 200 \text{ kPa}$
Modulo volumetrico	$M_v = 0.0005 \text{ cm}^2/\text{N}$

## 5.5 Conclusioni

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 14 gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, fa riferimento alla relazione geologica. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto preliminare e dovrà essere integrata in fase definitiva e esecutiva con tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.

Corropoli, novembre 2017


 Dott. Geol.  
Massimo  
Piotti  
Dott. Geol. Massimo Piotti

DL30 n°2

Prof ml	Numero colpi	Numero colpi						Coefficiente Din->Stat
		10	20	30	40	50	60	
0.10	30							3.00
0.20	30							3.00
0.30	30							3.00
0.40	30							3.00
0.50	30							3.00
0.60	30							3.00
0.70	30							3.00
0.80	30							3.00
0.90	4							1.40
1.00	4							1.40
1.10	6							1.40
1.20	7							1.40
1.30	4							1.40
1.40	3							1.40
1.50	3							1.40
1.60	3							1.40
1.70	2							1.40
1.80	2							1.40
1.90	2							1.40
2.00	2							1.40
2.10	2							1.40
2.20	2							1.40
2.30	2							1.40
2.40	1							1.40
2.50	2							1.40
2.60	2							1.40
2.70	2							1.40
2.80	2							1.40
2.90	1							1.40
3.00	1							1.40
3.10	1							1.40
3.20	1							1.40
3.30	1							1.40
3.40	3							1.40
3.50	3							1.40
3.60	2							1.40
3.70	2							1.40
3.80	2							1.40
3.90	2							1.40
4.00	3							1.40
4.10	5							1.40
4.20	7							1.40
4.30	8							1.40
4.40	8							1.40
4.50	7							1.40
4.60	15							1.40
4.70	11							1.40
4.80	20							1.40
4.90	23							1.40
5.00	9							1.40
5.10	5							1.40
5.20	6							1.40
5.30	9							1.40
5.40	13							1.40
5.50	21							1.40
5.60	15							1.40
5.70	20							1.40
5.80	47							3.00
5.90	50							3.00

fig n°19a

DL30 n°2













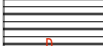

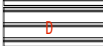
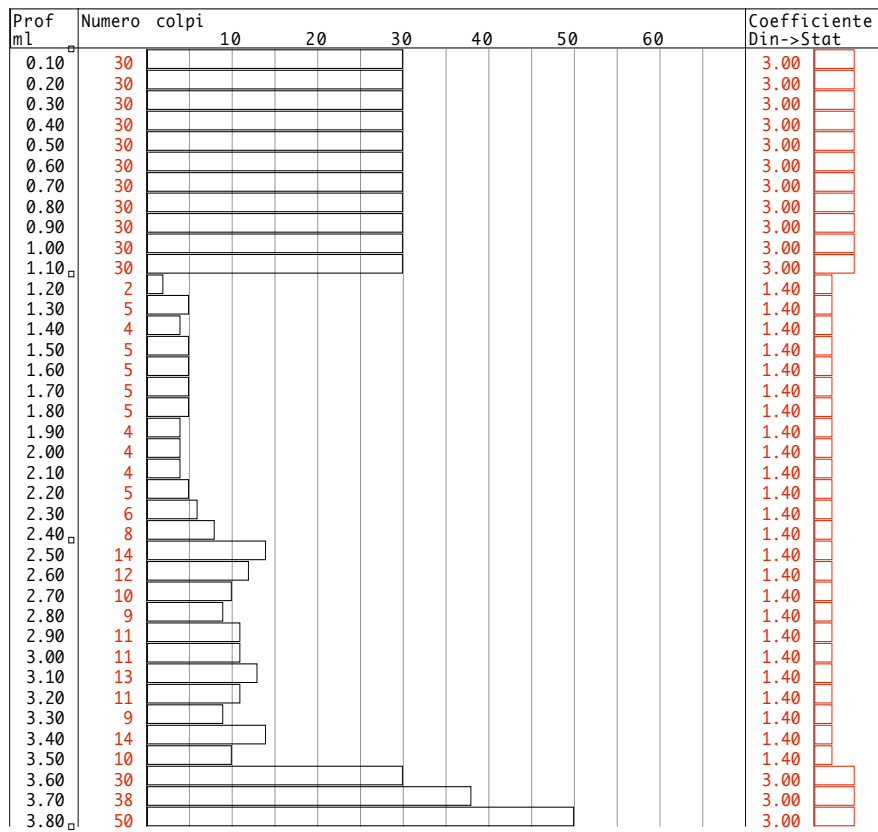
Prof ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma' kg/m3	Sigma' kg/cm2	CU kg/cmq	FI %	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm. cm/sec
0.80		Sabbia e ghiaia	1900	1900	0.152	0.000	38	100	0.006349	5.2500	2.2e-1
		Argilla limosa	1700	1700	0.237	0.350	0	0	0.020408	0.7000	5.7e-3
		Argilla tenera	1624	1624	0.286	0.210	0	0	0.028345	0.8400	4.9e-4
1.30		Argilla molto tenera									
			1557	1557	0.473	0.134	0	0	0.040692	0.2683	4.5e-4
		Argilla molto tenera									
2.80			1460	1460	0.545	0.070	0	0	0.072886	0.1400	6.0e-4
		Argilla tenera	1624	1624	0.578	0.210	0	0	0.028345	0.8400	8.9e-4
		Argilla molto tenera	1563	1563	0.640	0.140	0	0	0.039246	0.2800	1.3e-3
3.30		Argilla tenera	1667	1667	0.674	0.280	0	0	0.023191	1.1200	1.4e-3
		Argilla limosa	1760	1760	0.744	0.525	0	0	0.018141	1.0500	5.8e-3
		Argilla sabbiosa e limosa	1885	1885	0.820	1.207	0	0	0.010811	1.6100	6.0e-3
4.90		Argilla limosa	1777	1777	0.908	0.588	0	0	0.017007	1.1760	5.8e-3
		Argilla sabbiosa e limosa	1897	1897	0.965	1.307	0	0	0.009053	1.7422	6.1e-3
		Sabbia e ghiaia	1900	1900	1.003	0.000	31	81	0.004582	7.2750	1.1e-1

fig n°16b

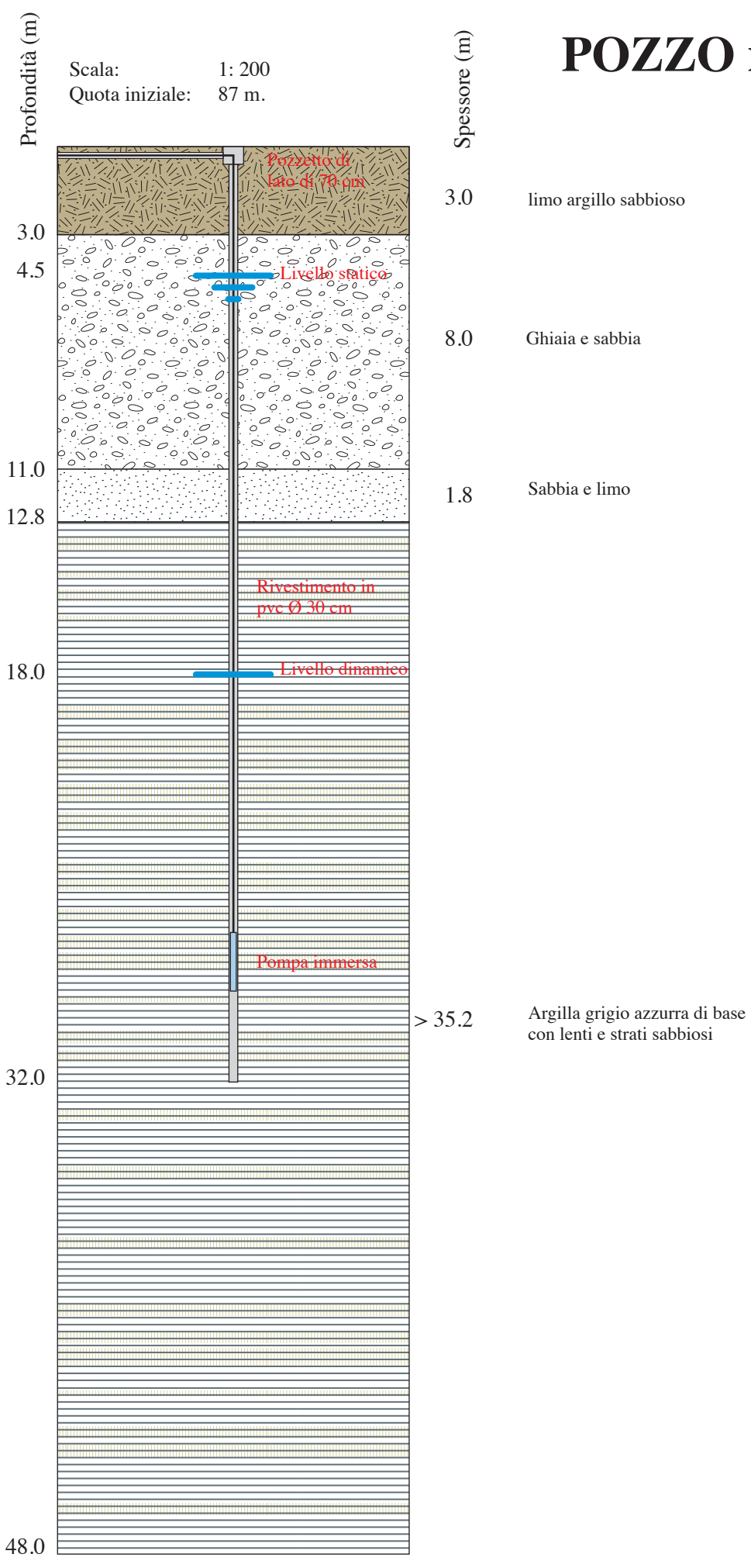


DL30 n°3

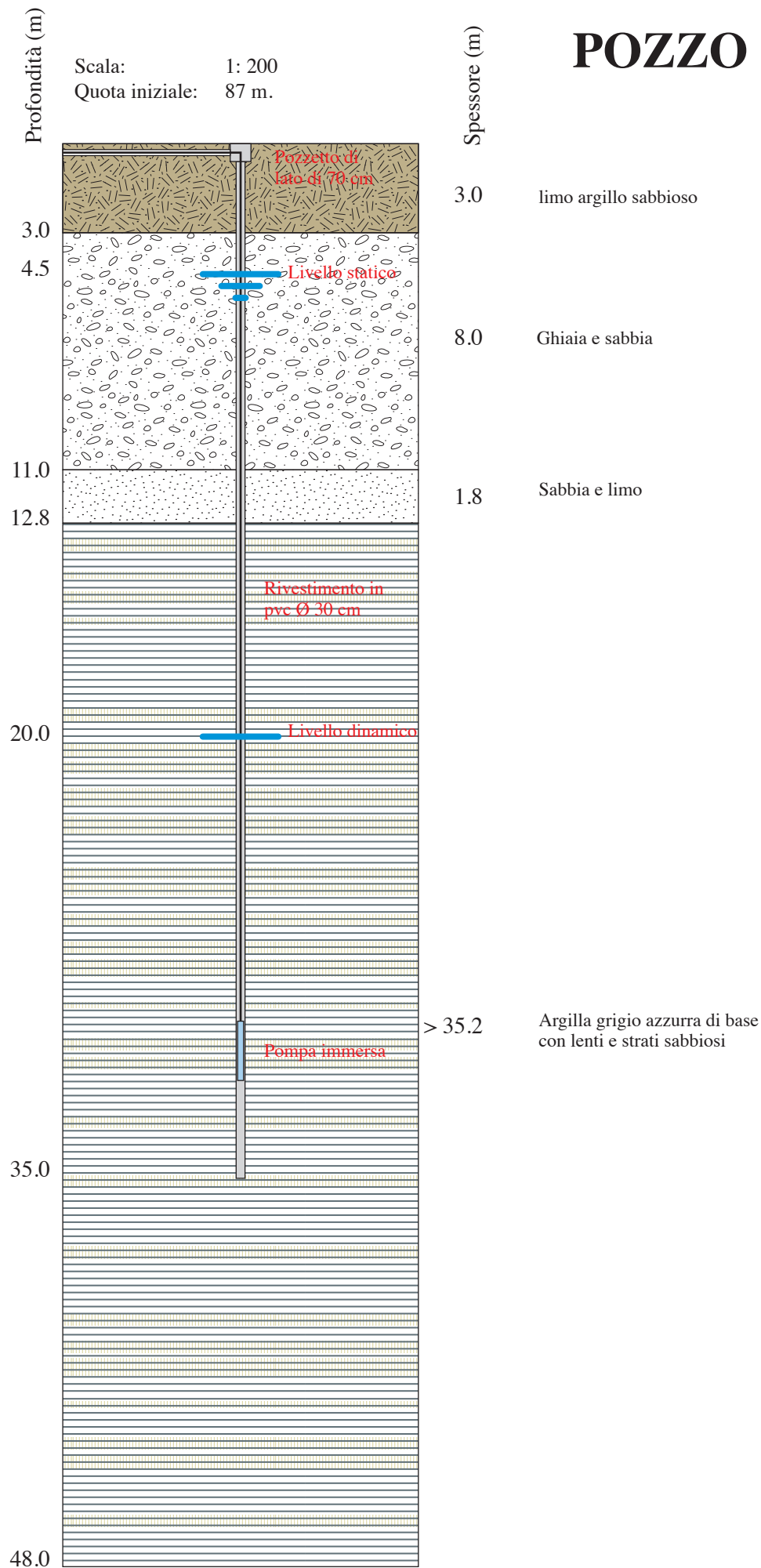


Prof. ml	Strati	Tipologia	Gamma kg/m3	Gamma kg/m3	Sigma'V kg/cm2	CU kg/cm2	FI %	DR %	Mv cm2/Kg	K oriz Kg/cm3	Perm. cm/sec
0.10		Sabbia e ghiaia									
1.10		Argilla limosa	1900	1900	0.209	0.000	37	99	0.006268	5.3182	1.5e-1
2.40		Argilla limosa	1693	1693	0.429	0.334	0	0	0.020913	0.6677	5.8e-3
3.50		Sabbia e ghiaia	1821	1821	0.629	0.789	0	0	0.012673	1.5782	5.9e-3
3.80		Sabbia e ghiaia	1900	1900	0.686	0.000	32	80	0.005650	5.9000	1.1e-1

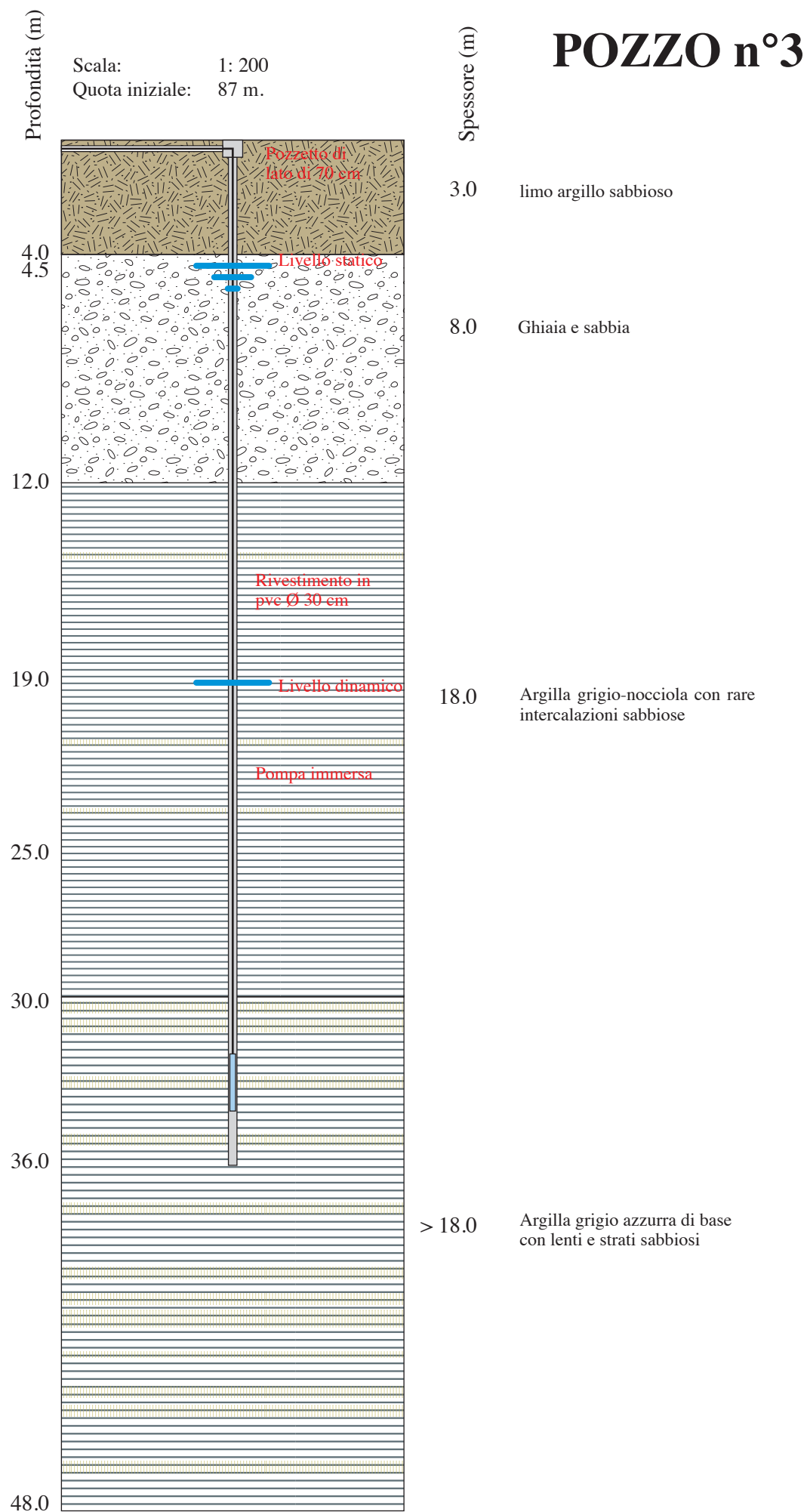
fig n°20



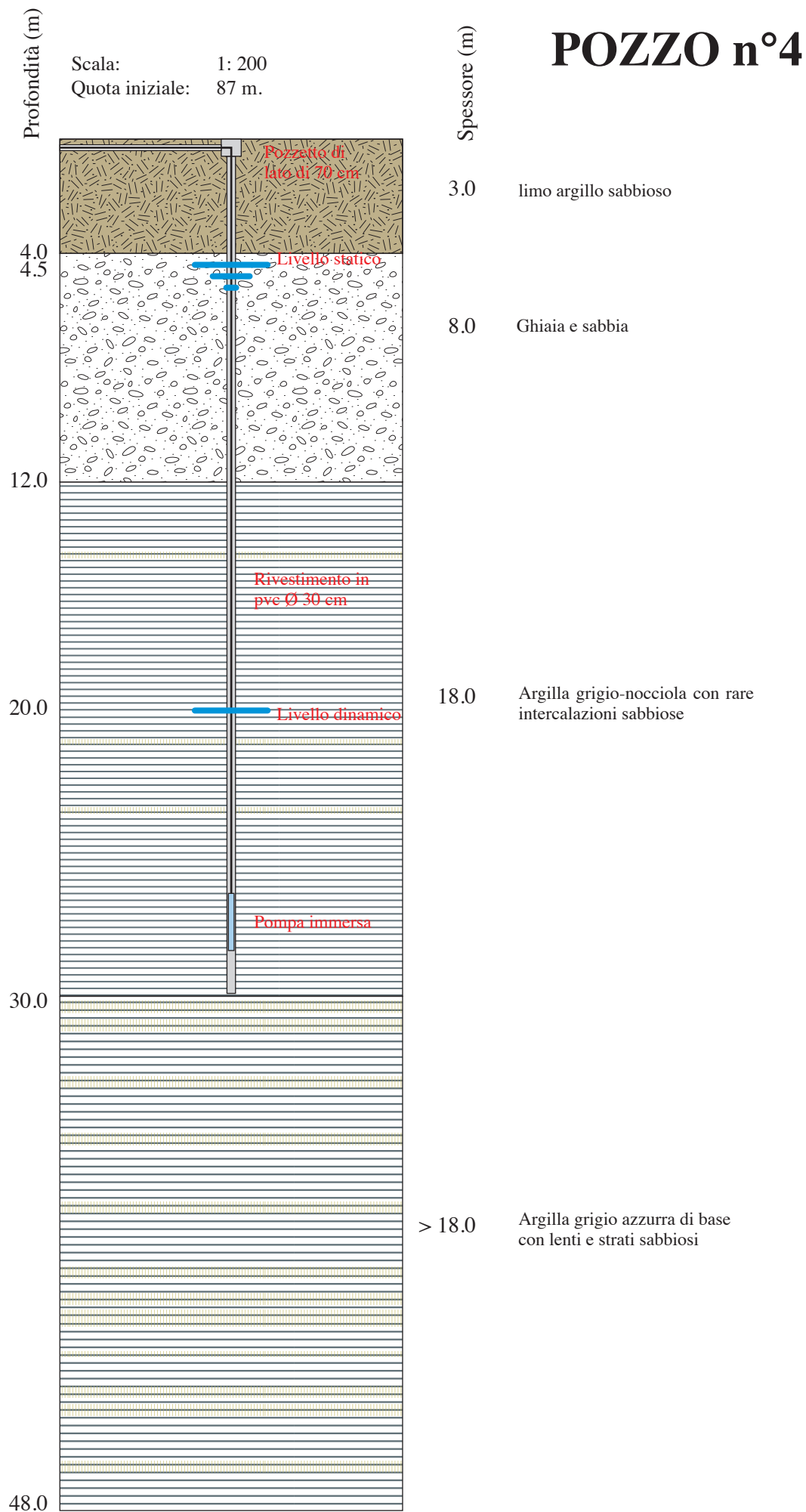
# POZZO n°1

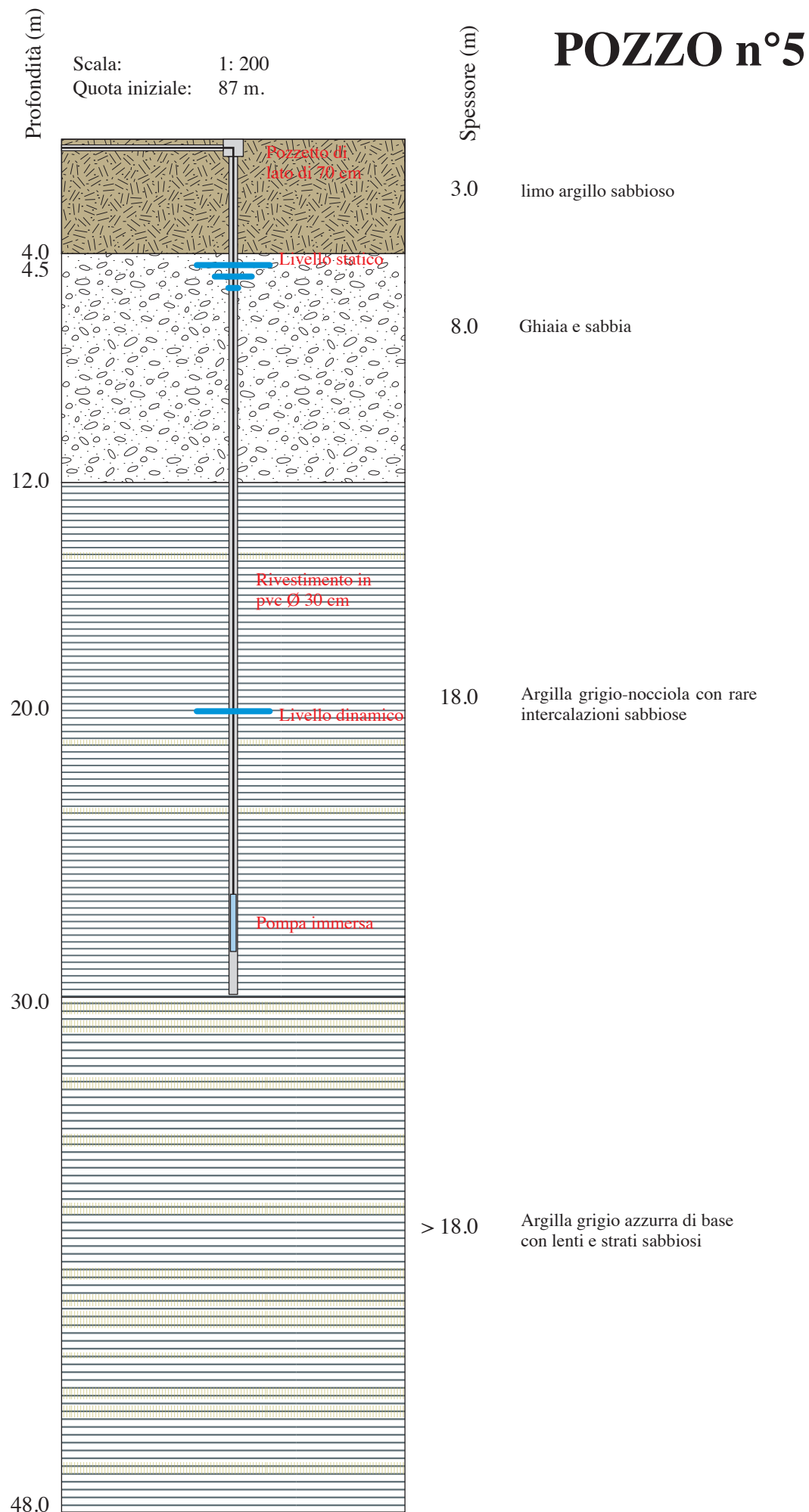


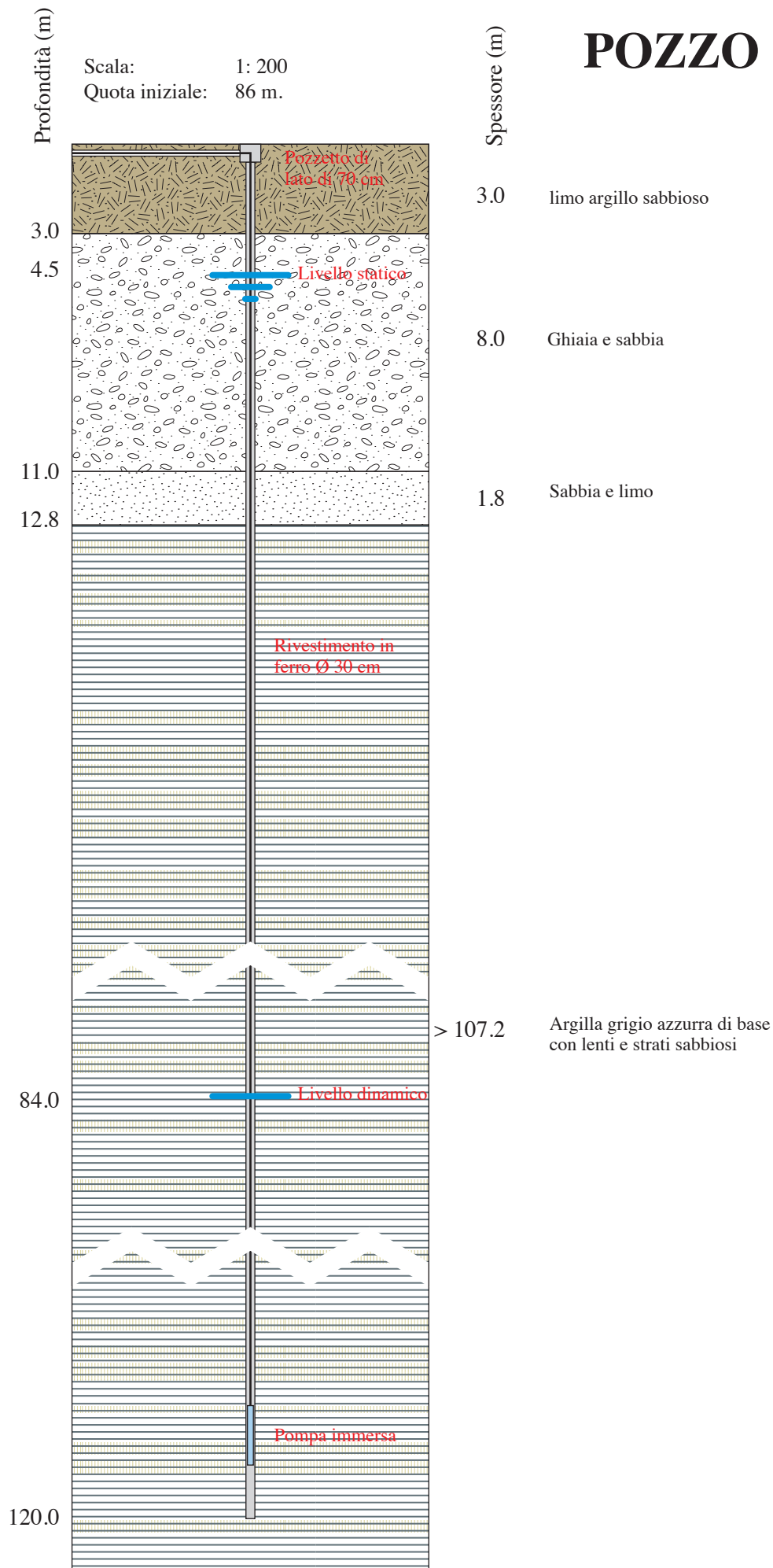
# POZZO n°2

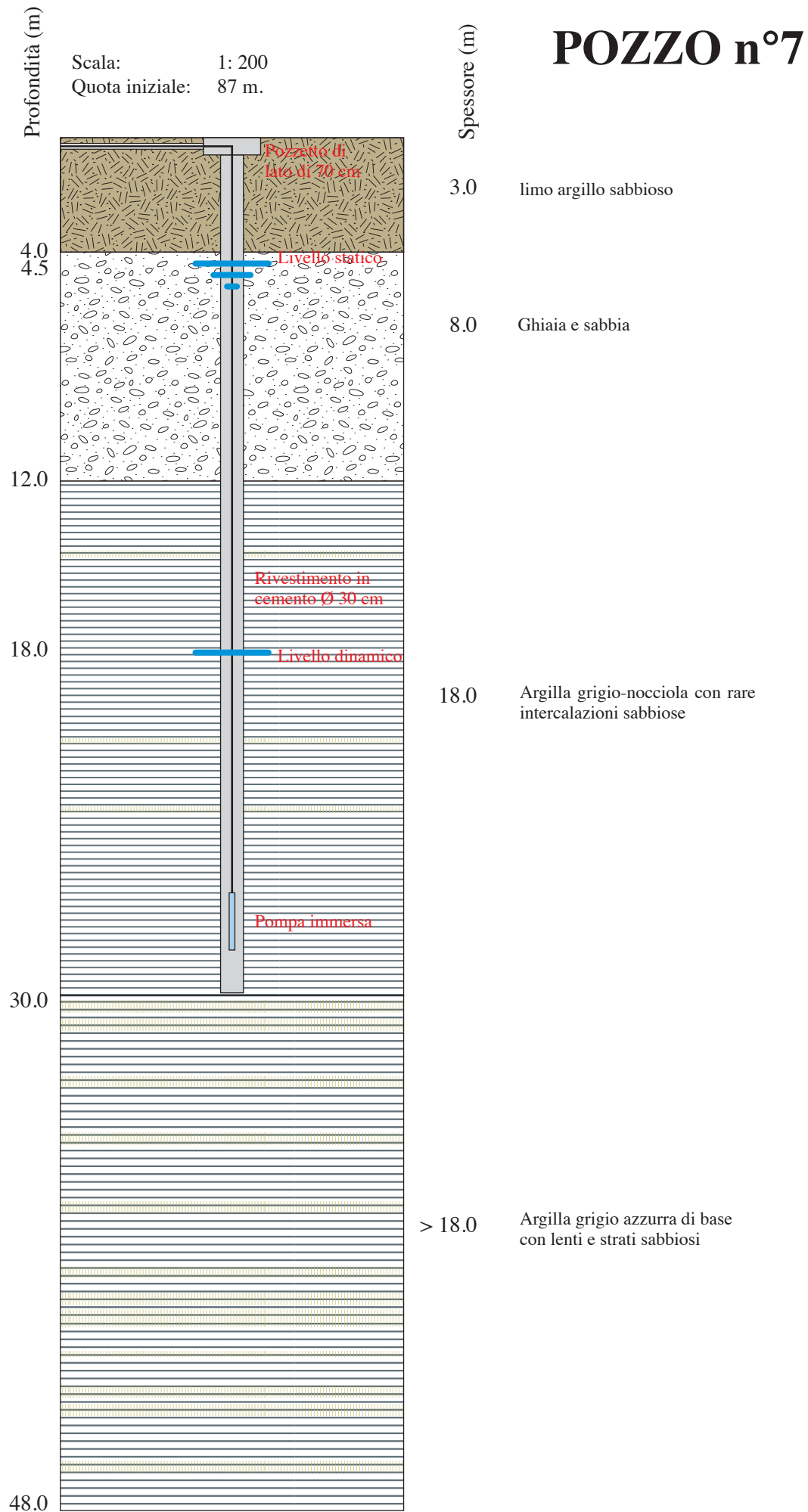












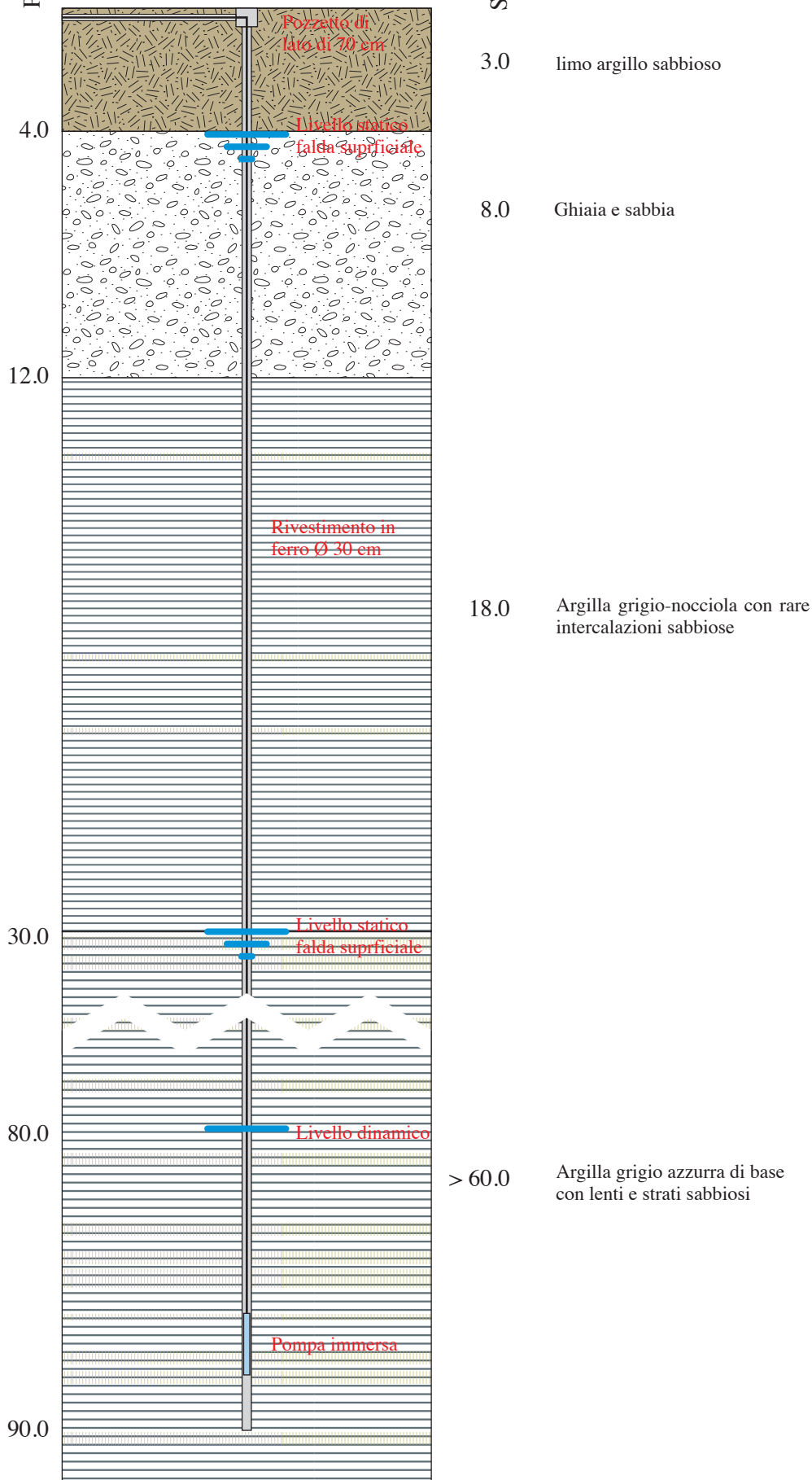


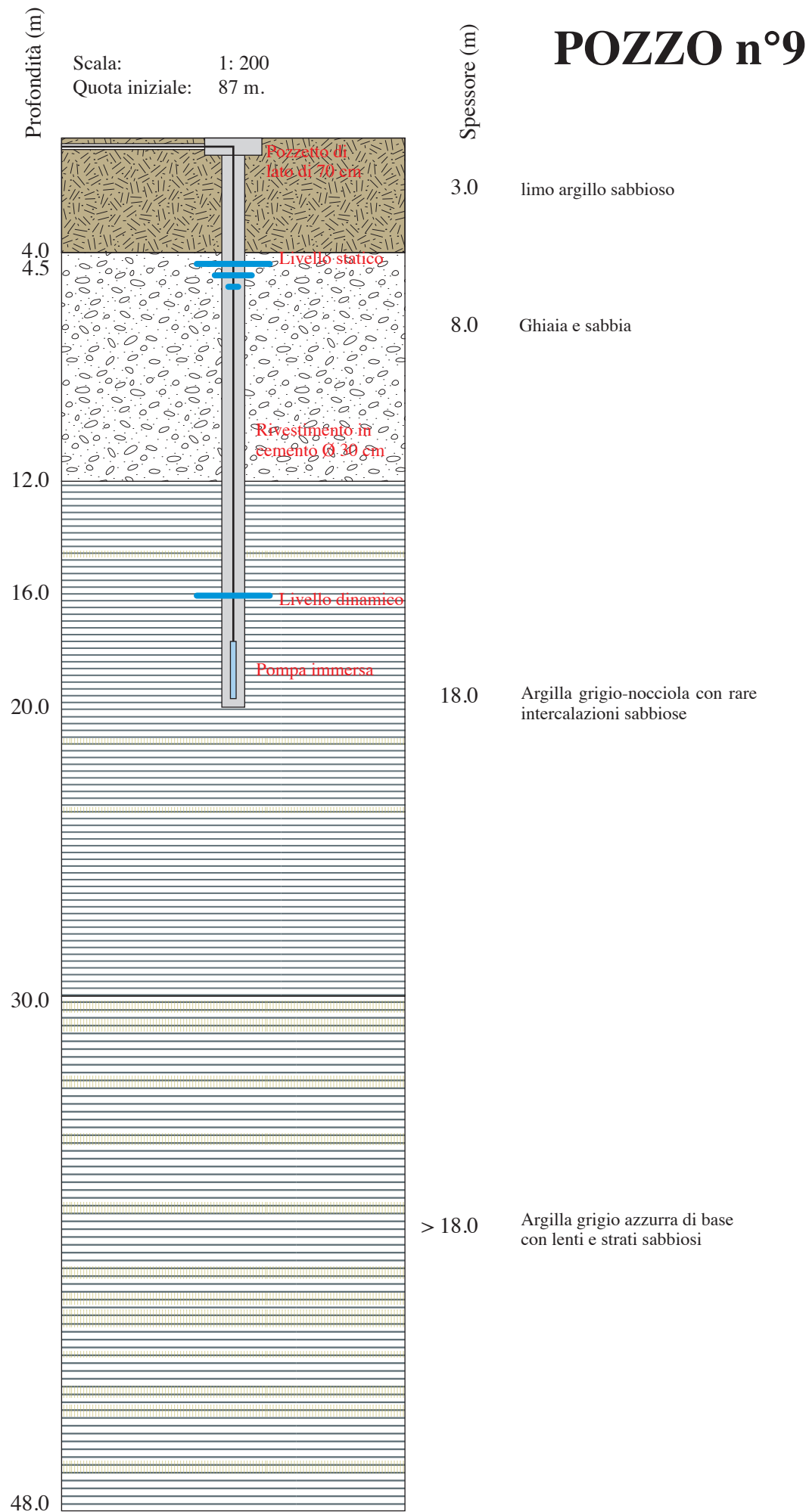
Profondità (m)

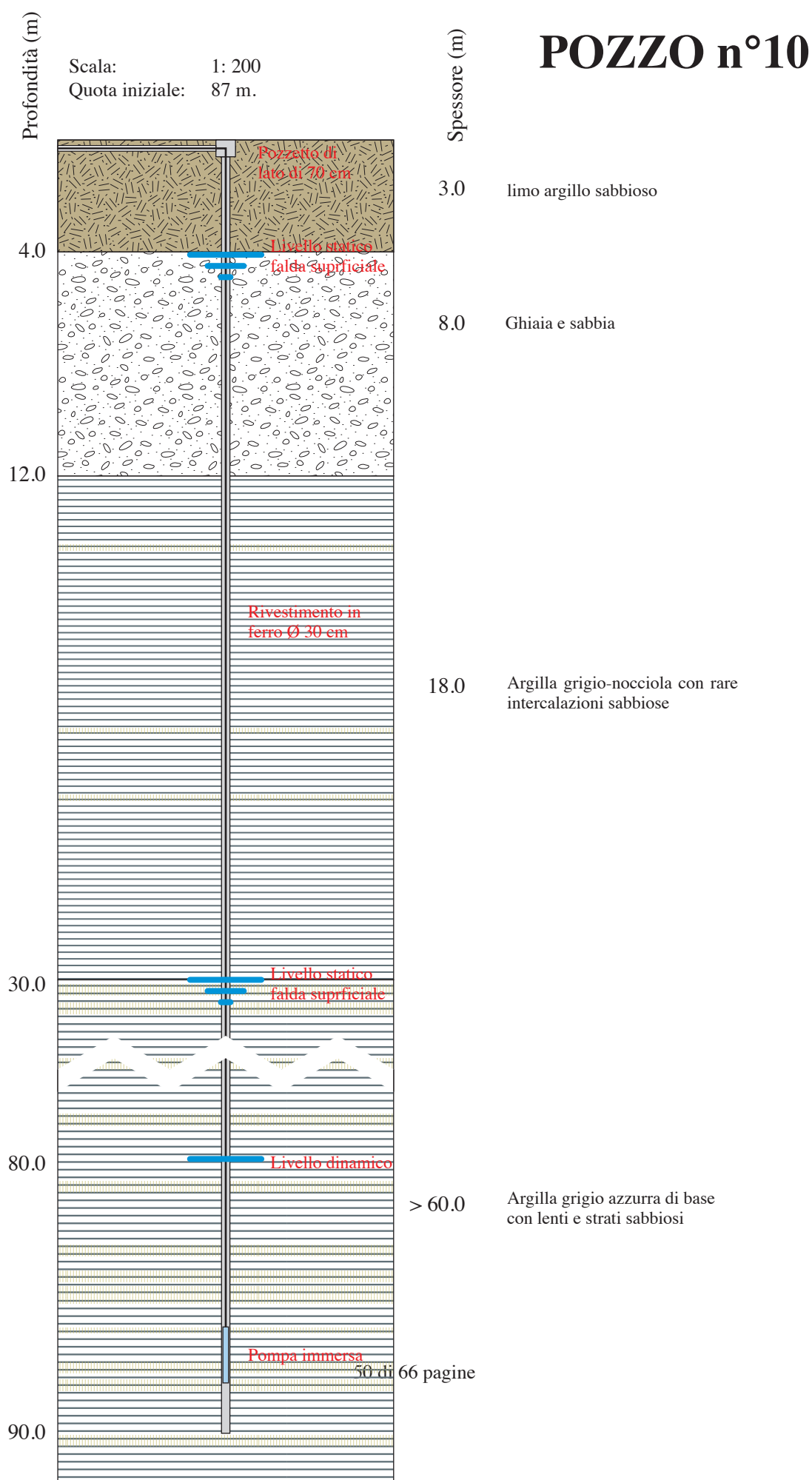
Scala: 1: 200  
Quota iniziale: 87 m.

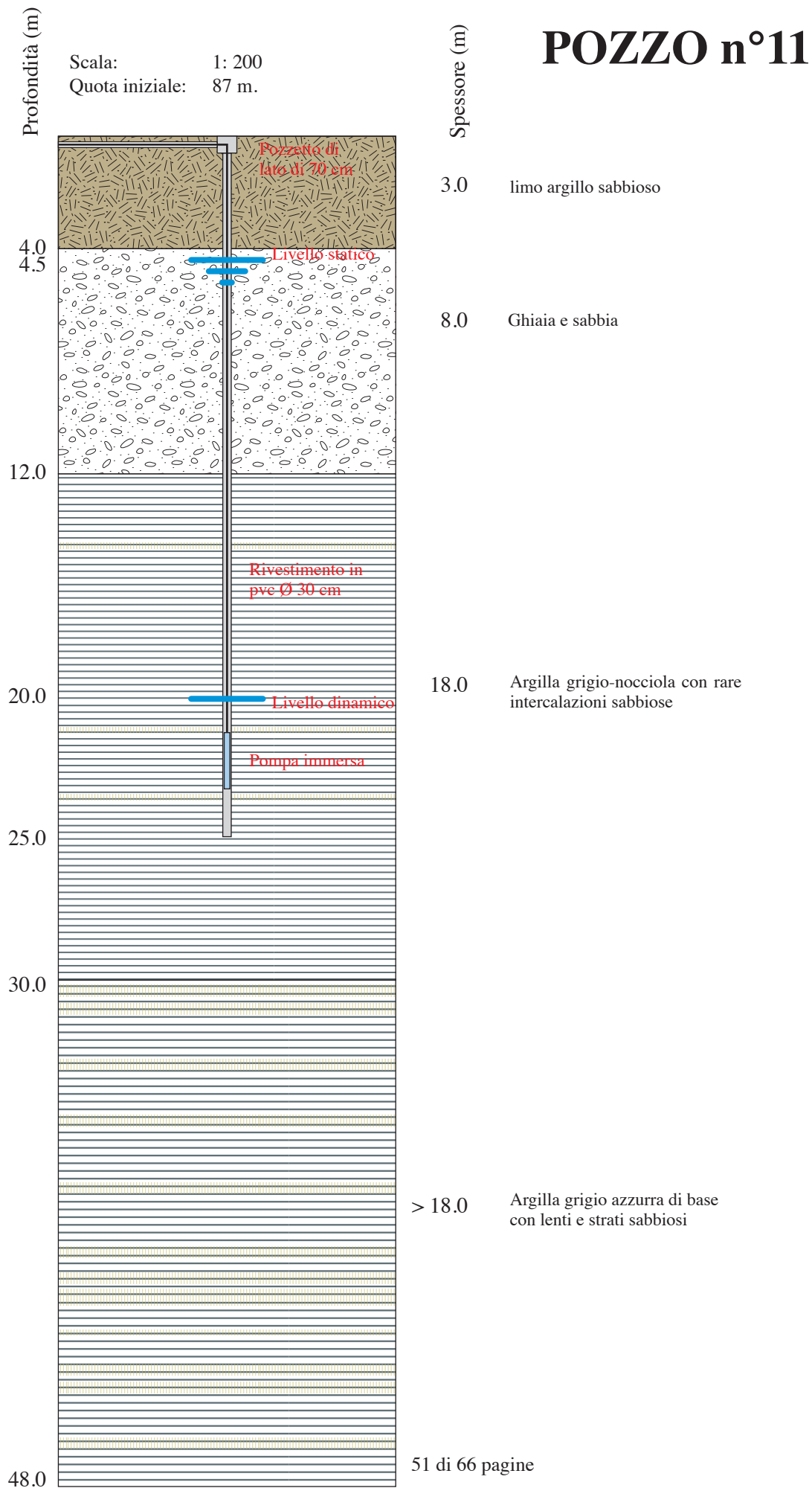
Spessore (m)

# POZZO n°8













# METODOLOGIA MASW e REMI

## INTRODUZIONE

Le prove geofisiche oggetto del presente rapporto sono state eseguite per conto della Ditta  
ed ha riguardato la valutazione della velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali e trasversali dei terreni interessati dal progetto di “realizzazione casa in legno”.

Tale valutazione è effettuata sulla base del D.M. del 14/01/2008 disciplina le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l’adeguamento sismico degli edifici soggetti ad azioni sismiche.

Per il caso oggetto di studio è stata realizzata una prova sismica attiva del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e una prova sismica passiva REMI che combinate hanno permesso di meglio caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni oggetto del presente studio, entrambe le metodologie di indagine si basano sulla misurazione e sull’analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

## PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

I metodi MASW e REMI sono delle tecniche di indagine non invasive che consentono la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. La metodologia MASW è una prova sismica di tipo “attivo”, difatti per la registrazione del segnale da elaborare vi è bisogno di energizzare il terreno. Il metodo si basa sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d’onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza. La metodologia REMI, è una tecnica di sismica “passiva” si basa cioè sulla misura dei rumori ambientali che caratterizzano il sito in oggetto.

*Per la determinazione delle  $V_s$  nella presente campagna di indagini si è scelto di adottare un’analisi congiunta tra la metodologia MASW e quella REMI, tutto ciò al fine di poter meglio caratterizzare l’intero range di frequenze ottenuto in termini di curva sperimentale.*

*Difatti con la tecnica della sismica attiva si possono ottenere buoni risultati in termini di acquisizione dati, fino a frequenze che si aggirano intorno ai 10-15 Hz riuscendo a “fittare” con un certo grado di precisione la curva sperimentale registrata, mentre con la tecnica di acquisizione passiva si riesce a interpolare la curva sperimentale in quel range di frequenze dove la tecnica MASW denuncia a volte, in certe situazioni stratigrafiche, alcune carenze cioè in quell’intervallo di frequenze comprese tra i 10-15 Hz fino ai 2 Hz.*

## Strumentazione e configurazione geometrica utilizzata

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale M.A.E. Sysmatrack, avente le seguenti caratteristiche tecniche :

- capacità di campionamento dei segnali tra 0.0667 e 20.0 mS;

- sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- filtri High Pass e Band Reject
- “Automatic Gain Control”
- convertitore A/D a 24 bit

- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 10 Kg.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni “base distante in linea”.

In particolare è stato utilizzato il seguente setup:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2.5 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Dx) 5 m;
- passo di campionatura pari a 500 Hz;
- lunghezza delle tracce sismiche pari a 4.096 sec.

Tale configurazione ha consentito di mitigare gli effetti near-field dovuti alle onde di volume.

### **Elaborazione dati**

L’analisi può essere ricondotta in quattro fasi :

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  – numero d’onda  $K$ ;
- la seconda fase consiste nella individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d’energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano  $V_{\text{fase}}$  (m/sec) – frequenza (Hz);
- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- la quarta ed ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

## 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....12  
Distanza tra i sensori: .....2.5m  
Numero di campioni temporali .....2560  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a .....0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 5118ms  
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

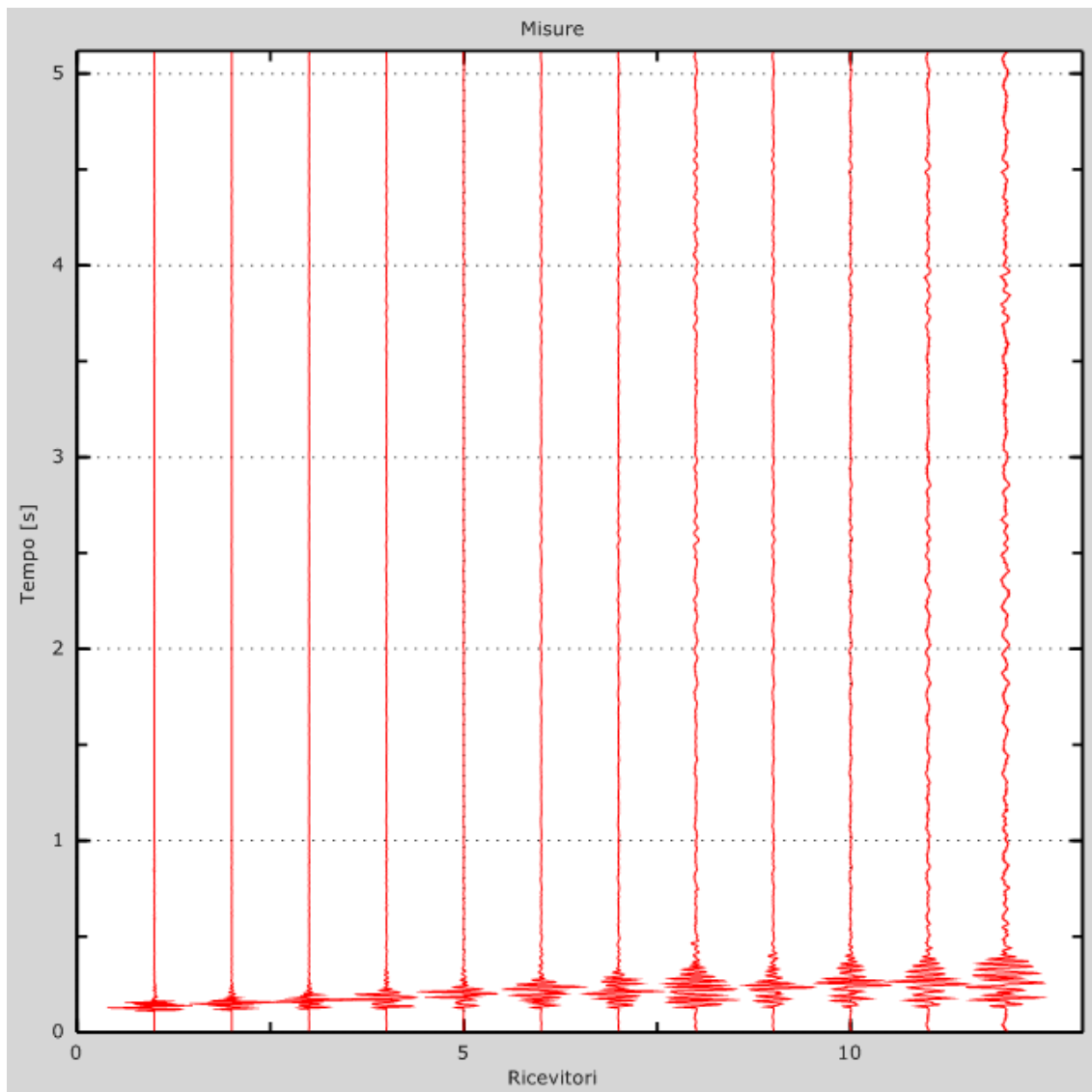


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale ..... 70Hz

Frequenza iniziale ..... 2Hz

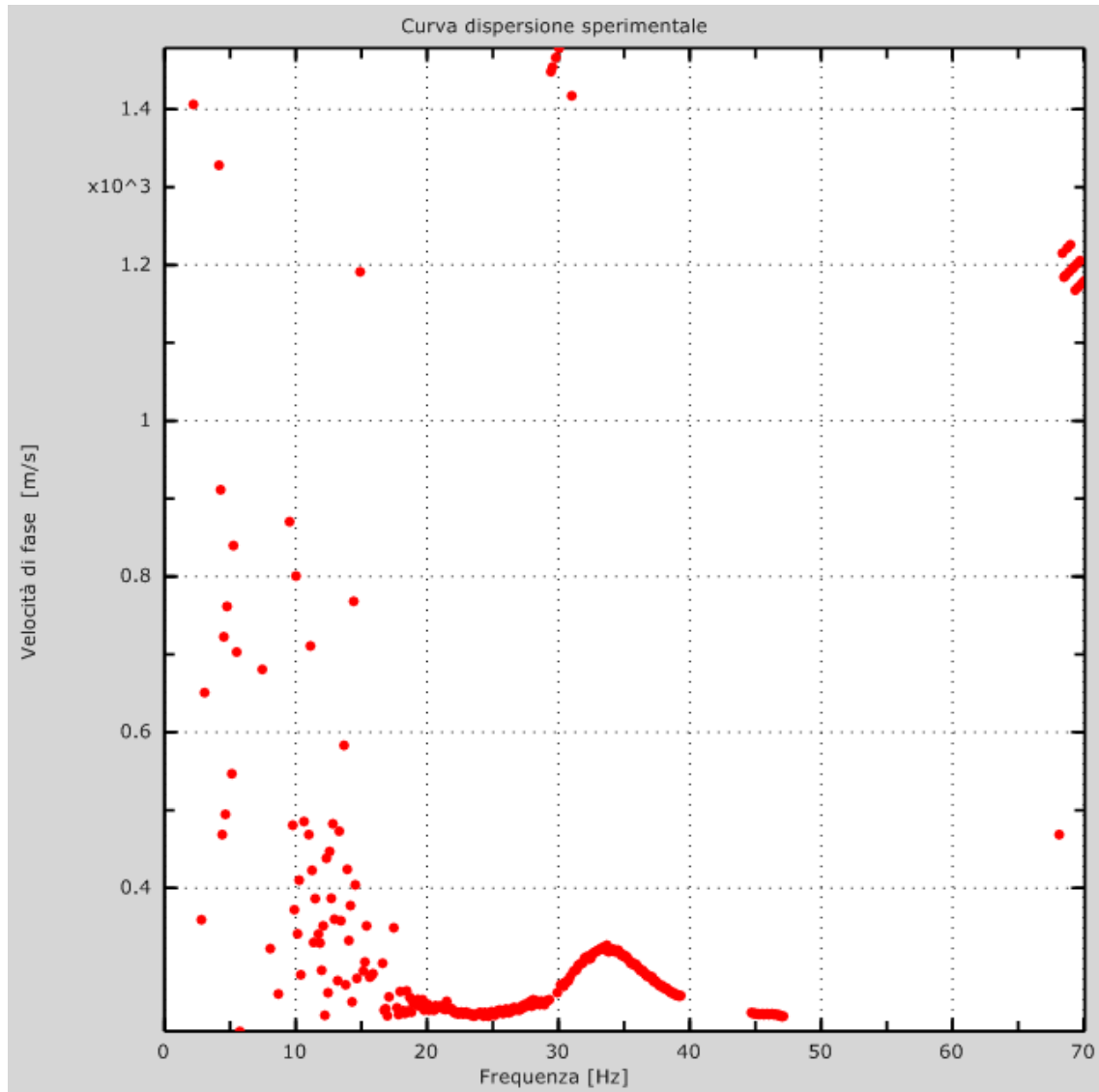


Figura 2: Curva dispersione sperimentale



### 3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....12  
Numero di campioni temporali .....3.26787e-312  
Passo temporale di acquisizione ..... 2ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....12  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a ..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 43598ms  
I ricevitori sono invertiti (l'ultimo ricevitore nel file è il primo per l'analisi)

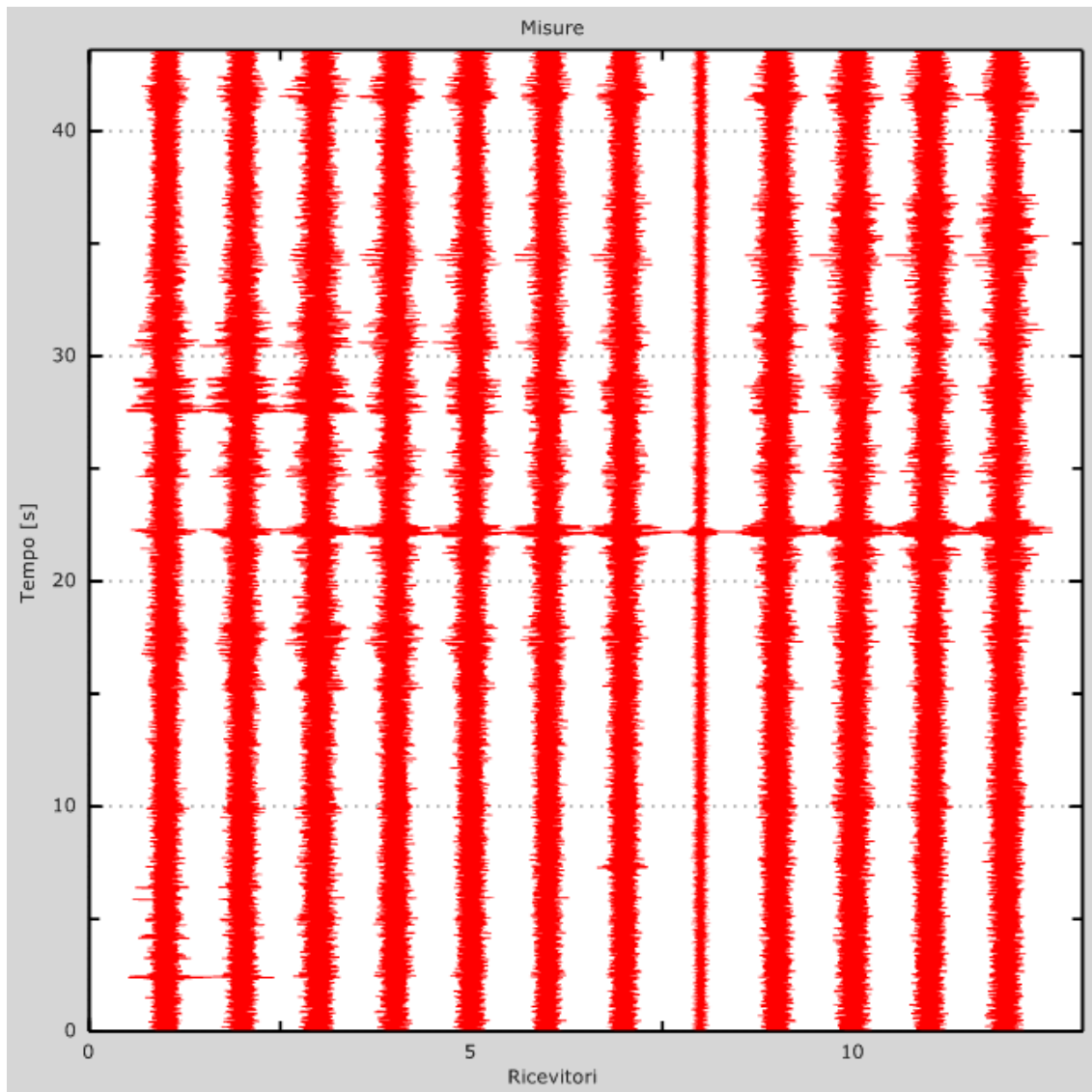


Figura 3: Tracce sperimentali

## 4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
2.86683	449.967	256.559	643.376
4.25133	416.443	287.504	545.382
6.52333	393.234	264.295	522.173
8.58234	370.025	261.716	478.334
9.75384	351.973	264.295	439.652
11.6353	339.08	279.768	398.392
13.0554	315.871	269.453	362.289
15.0434	292.662	256.559	328.764
16.9604	274.61	256.559	292.662
19.5519	259.137	253.98	264.295
22.6404	246.243	235.928	256.559
25.9774	238.507	230.771	246.243

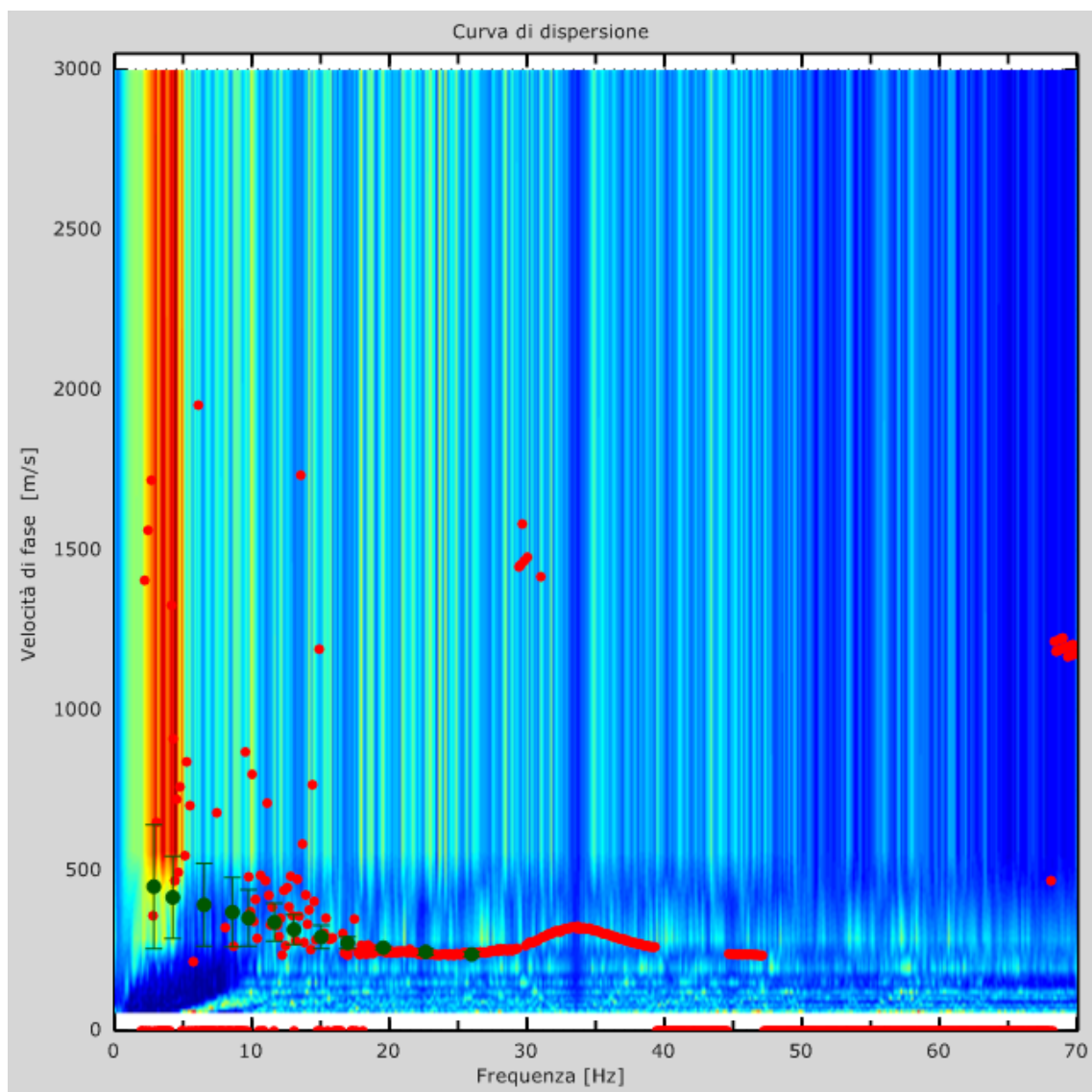


Figura 4: Curva di dispersione

## 5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	9
Spaziatura ricevitori [m] .....	2.5m
Numero ricevitori .....	12
Numero modi .....	10

### Strato 1

h [m] .....	3
z [m] .....	-3
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	265
Vp [m/s] .....	552
Vs min [m/s] .....	133
Vs max [m/s] .....	530
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	265

### Strato 2

h [m] .....	3
z [m] .....	-6
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	265
Vp [m/s] .....	552
Vs min [m/s] .....	133
Vs max [m/s] .....	530
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	265

### Strato 3

h [m] .....	4
z [m] .....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1800
Poisson .....	0.48
Vs [m/s] .....	305
Vp [m/s] .....	1555
Vs min [m/s] .....	153
Vs max [m/s] .....	610
Falda presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	305

### Strato 4

h [m] .....	4
z [m] .....	-14
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	351
Vp [m/s] .....	657
Vs min [m/s] .....	175
Vs max [m/s].....	702
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	351

### Strato 5

h [m] .....	4
z [m] .....	-18
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1900
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	391
Vp [m/s] .....	731
Vs min [m/s] .....	196
Vs max [m/s].....	782
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	391

### Strato 6

h [m] .....	4
z [m] .....	-22
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1980
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	411
Vp [m/s] .....	769
Vs min [m/s] .....	206
Vs max [m/s].....	822
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	411

### Strato 7

h [m] .....	4
z [m] .....	-26
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1980
Poisson .....	0.3
Vs [m/s].....	437
Vp [m/s] .....	818
Vs min [m/s] .....	218
Vs max [m/s].....	874
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	

Vs fin.[m/s] .....437

### Strato 8

h [m] .....4

z [m] .....-30

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2000

Poisson .....0.3

Vs [m/s].....437

Vp [m/s] .....818

Vs min [m/s] .....218

Vs max [m/s].....874

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....437

### Strato 9

h [m] .....0

z [m] .....-00

Densità [kg/m<sup>3</sup>].....2000

Poisson .....0.3

Vs [m/s].....500

Vp [m/s] .....935

Vs min [m/s] .....250

Vs max [m/s].....1000

Falda non presente nello strato

Strato non alluvionale

Vs fin.[m/s] .....500



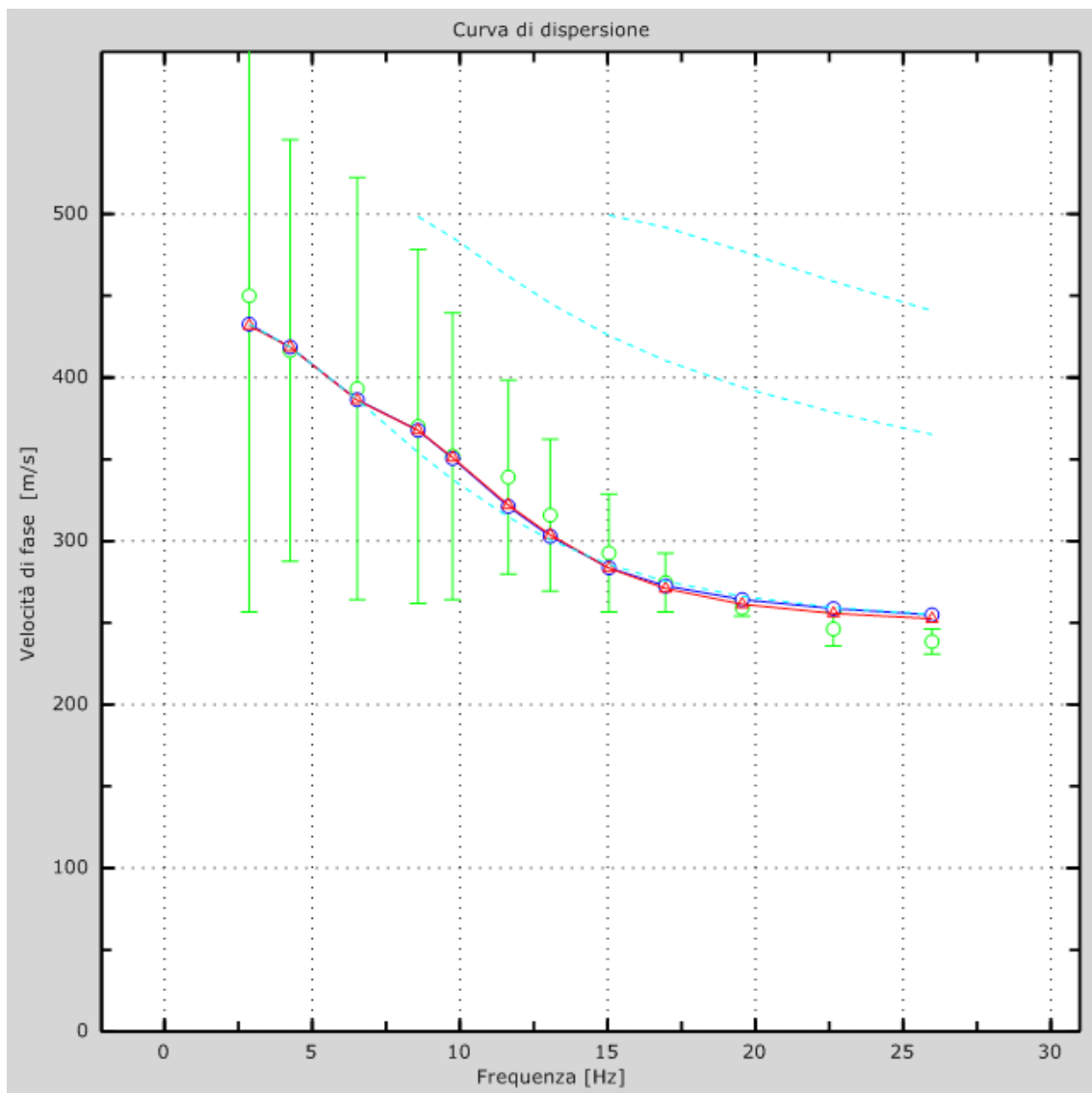


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

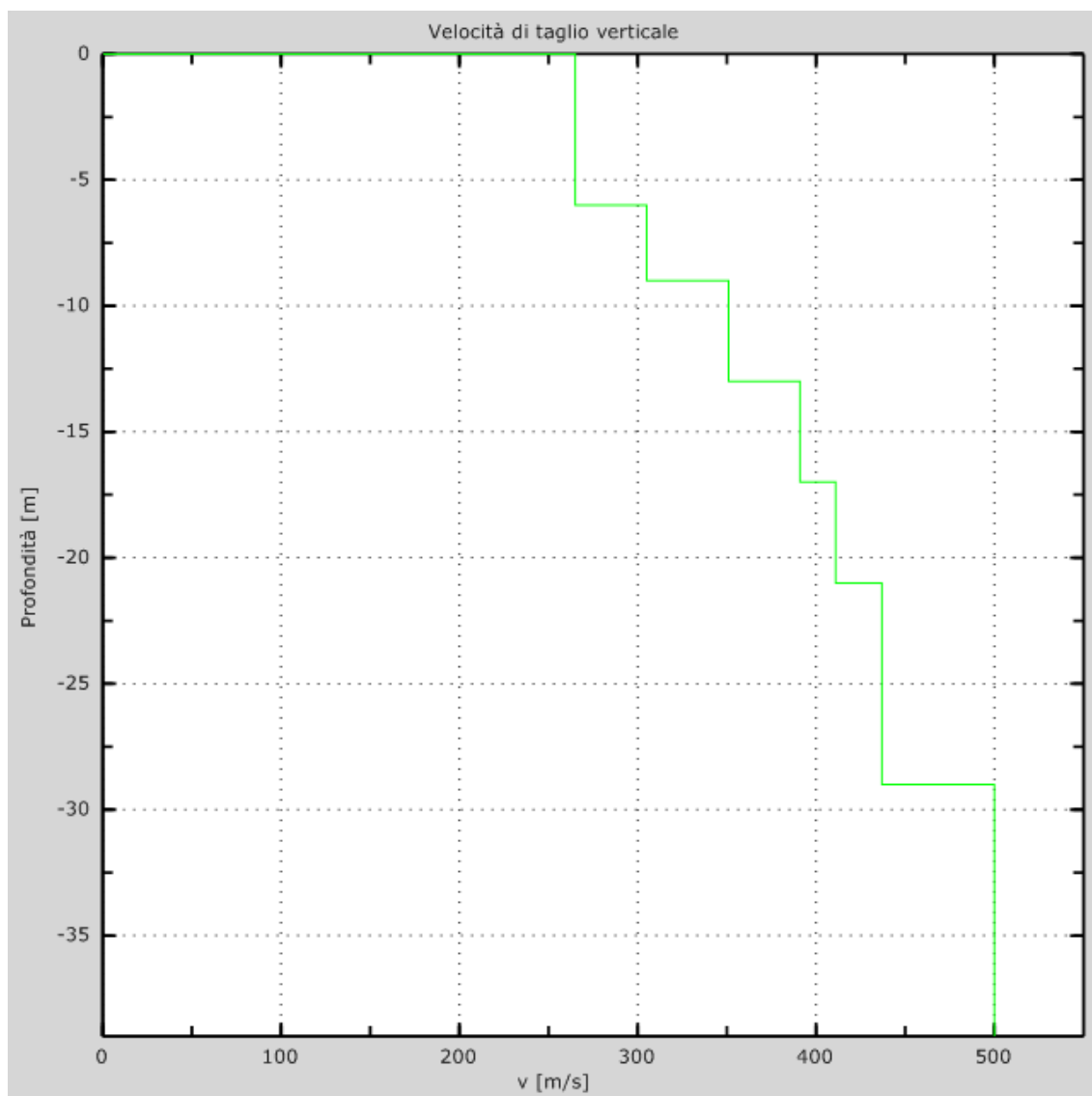


Figura 6: Profilo Vs numerico

## 6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....	0
$V_{s30}$ [m/s].....	351
La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008	
Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).	
Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.	
L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 9	
Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità	
<b>Tipo di suolo</b> .....	<b>C</b>

## This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.