

COMUNE DI PONTENURE  
PROVINCIA DI PIACENZA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO  
AMBITO R2 - COMPARTO EST

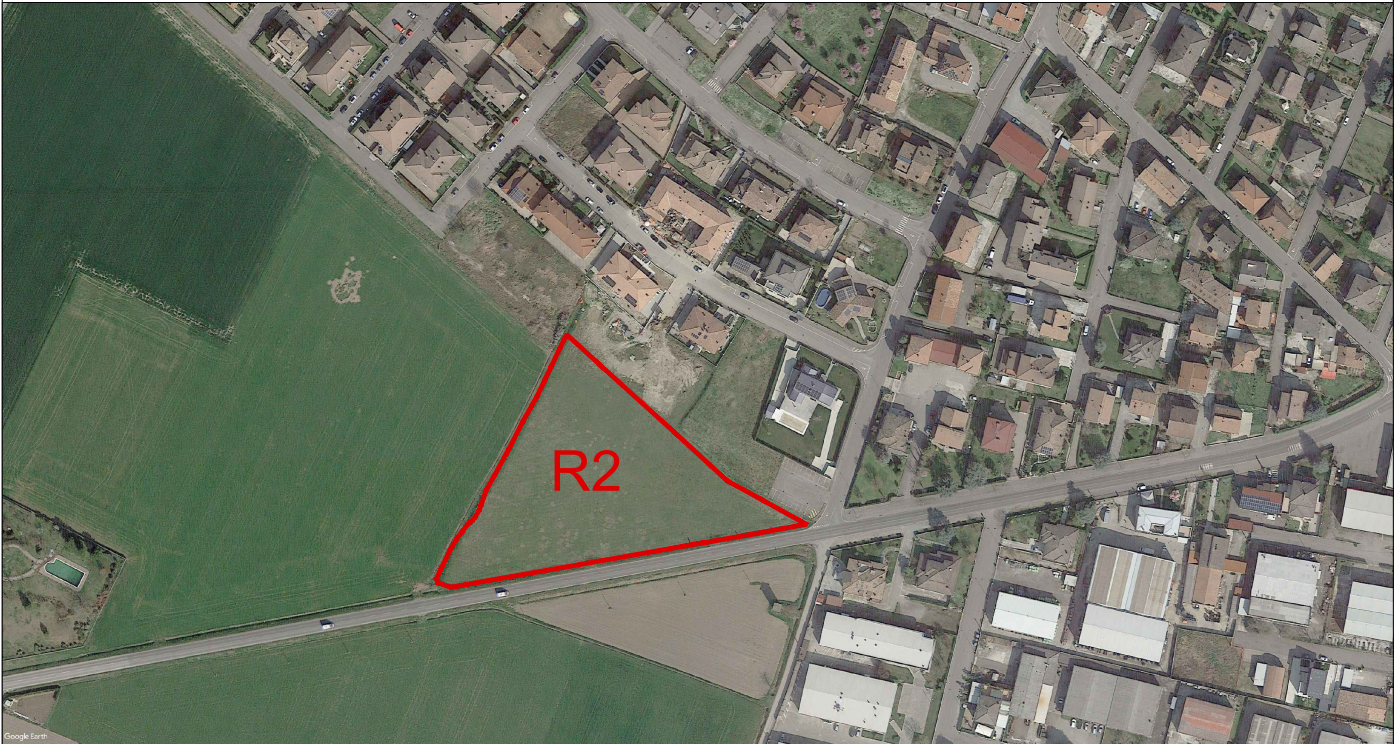


TAVOLA:

RELAZIONI GEOLOGICHE,  
IDROGEOLOGICHE E  
SISMICHE

PROPRIETÀ:

**SCARAVELLA S.A.S.**

DI LAURA SCARAVELLA E C. con sede in Pontenure (PC), P.IVA 01249390335

FIRMA

PROGETTO E COORDINAMENTO:



STUDIO ASSOCIATO ARCHITETTI  
ALESSANDRO MAESTRI, ANDREA ROSSI, NICOLA SOGNI

**ARCHITETTURA  
E URBANISTICA**

SEDE LEGALE: VIALE MALTA, 8 29121, PIACENZA TEL. 0523.755457  
P.IVA: 01747220331 MAIL: INFO@A2NSTUDIO.IT WWW.A2NSTUDIO.IT

FIRMA

ST. PROG.	TIP. PROG.	N. TAV.	TIP. DOC.	SCALA	REV.	DATA EMISSIONE	DIM mm	I progettisti si riservano, a termini di legge, la proprietà del presente progetto. La riproduzione anche parziale è vietata.
02	ARC	PUA_10	REL	---	A	25.11.2021	210X297	



**COMUNE DI PONTENURE**

**COMMITTENTE:**  
**SCARAVELLA S.A.S**

**OGGETTO:**  
**LOTTIZZAZIONE "SCARAVELLA 3" IN LOC PONTENURE**  
**AMBITO R2 EST DEL POC**

**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**



Data: Luglio 2020

Dr. Alberto Lepori - Loc. Gallare, 8 - 29023 Farini (PC) - Tel.0523 - 910517 - Cell. 348-7813006  
Ordine Geologi Emilia-Romagna n 1062- C.F. LPR LRT 61H01 D502P - P.IVA 01448730331

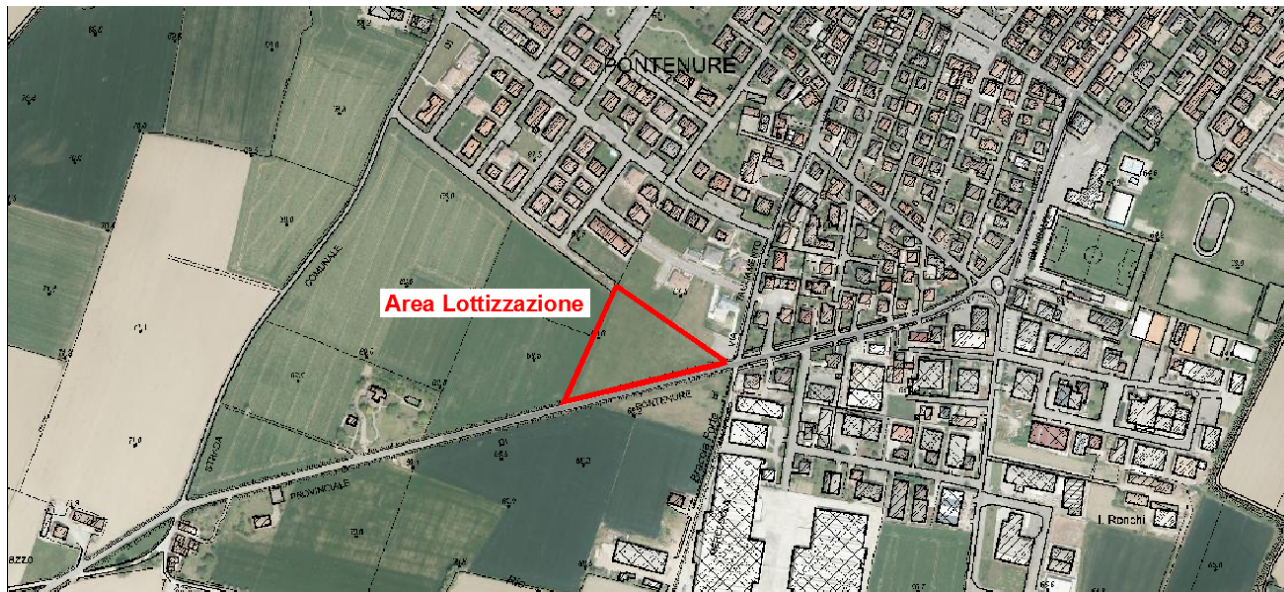
## Sommario

1	PREMESSA .....	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO .....	3
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	4
4	INDAGINI GEOGNOSTICO-SISMICHE REALIZZATE .....	7
4.1	PROVE PENETROMETRICHE .....	9
4.2	PROVE MASW .....	12
4.2.1	Modalità di elaborazione.....	12
4.2.2	Analisi dei dati .....	13
4.3	MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA) .....	15
4.3.1	Cenni Metodologici.....	15
4.3.2	Modalità esecutive.....	15
4.3.3	Analisi dei dati .....	16
5	MODELLO GEOLOGICO .....	17
6	ASPETTI SISMICI .....	18
6.1	OBIETTIVI DELLA DELIBERA .....	18
6.1.1	Livelli di approfondimento.....	18
6.2	CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1 LIVELLO .....	20
6.2.1	Classificazione sismica del territorio comunale e sismicità di base.....	20
6.2.2	Caratteri geologico-geomorfologici dell'area in funzione della risposta sismica.	21
6.2.3	Verifica della suscettibilità alla liquefazione .....	22
6.3	ANALISI SISMICA DEL 2° LIVELLO .....	24
6.3.1	Valutazione del fattore di amplificazione .....	24
6.3.2	Spettro di risposta (in pga) dell'area.....	27
7	CONCLUSIONI .....	28



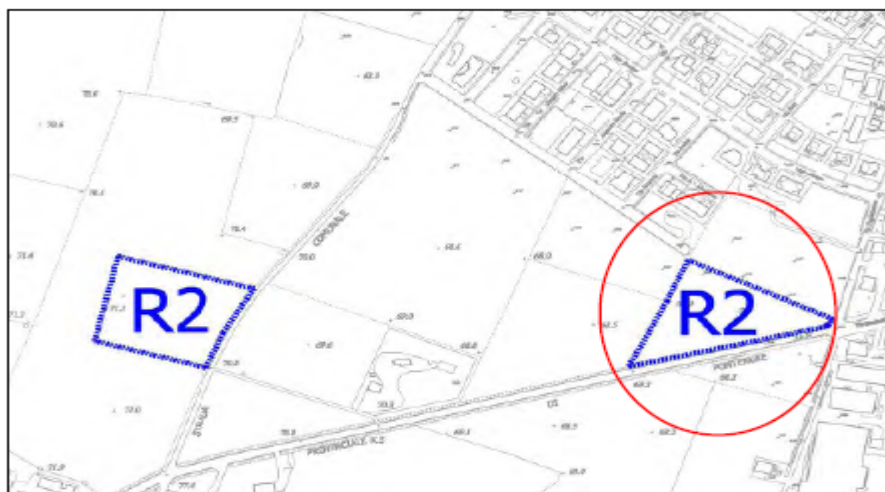
## 1 PREMESSA

Il presente rapporto illustra i risultati dell'indagine geologico-sismica realizzata a Pontenure, nell'area della nuova lottizzazione "Scaravella 3", ubicata nel settore sud-occidentale dell'abitato, immediatamente a Nord della S.P. 32.



**Ubicazione dell'area d'interesse da CTR e Ortofoto**

### PONTENURE - AMBITO R2 EST



#### COROGRAFIA:

- *Località:* Pontenure
- *Superficie Territoriale:* 10.258 mq.
- *Quota media m. s.l.m.:* 67,50
- *Destinazione Urbanistica Attuale:* Agricola
- *Destinazione Urbanistica Prevista:* Residenziale

#### VINCOLI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA:

- *P.A.I.:* Nessuno
- *P.T.C.P.:* Nessuno
- *Piano di Gestione Rischi Alluvioni - P.G.R.A.:* Nessuno
- *Altri vincoli e/o limitazioni:* Nessuno

**Classificazione dell'area nel Piano Operativo Comunale 2018-2023**



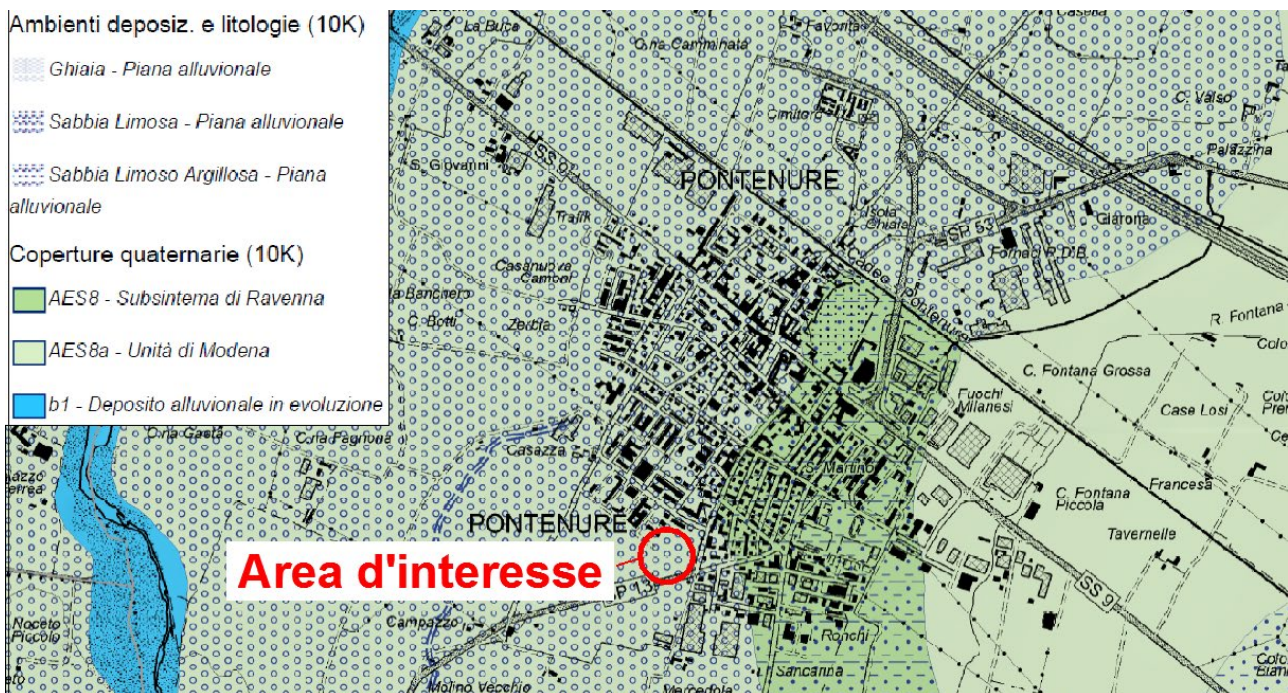
L'indagine è stata realizzata in conformità alla normativa vigente in materia geologica (NTC 2018-2019). In particolare soprattutto per gli aspetti sismici si è fatto riferimento alla: “Deliberazione della Giunta Regionale dell’Emilia Romagna N. 630 Del 29/04/2019”.

Il lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Inquadramento geologico-geomorfologico e idrogeologico dell’area d’interesse;
- Esecuzione di 4 prove penetrometriche dinamiche per la valutazione diretta dei parametri geotecnici del terreno e dell’assetto litostratigrafico superficiale;
- Esecuzione di 2 prove “Masw” e 6 prove Hvsr per la determinazione dell’andamento dei profili di velocità Vs e per la determinazione della Vs\_eq, e della categoria del suolo di fondazione del sito in base alle NTC 2018-2019;
- Ricostruzione del modello geologico-geotecnico del sito;
- Valutazione dei possibili effetti sismici di sito ed analisi sismiche del 1° e 2° livello;
- Verifica della suscettibilità alla liquefazione;
- Sintesi delle caratteristiche geologico-sismiche dell’area d’interesse.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Come documento di base per l’inquadramento geologico dell’area, è stata utilizzata la “Carta Geologica” alla scala 1: 10.000 realizzata dalla Regione Emilia-Romagna.



Estratto della carta geologica regionale

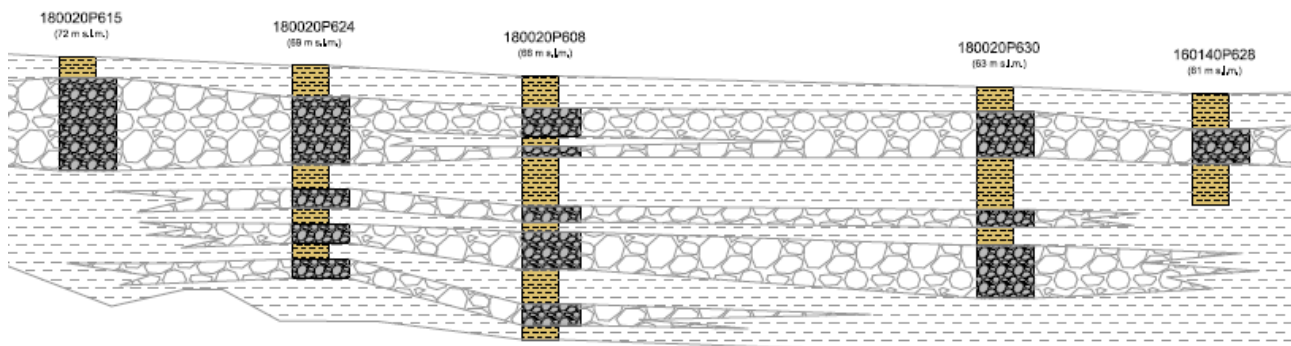
Dal punto di vista geologico, l'area d'interesse, è localizzata nella bassa pianura piacentina, nella parte distale della conoide del T.Nure. Nella "Carta Geologica d'Italia" alla scala 1:100.000, Foglio n 72 "Fiorenzuola d'Arda", i terreni alluvionali qui presenti vengono classificati come "Fluviale Wurm".

Recenti studi del Servizio Geologico della Regione Emilia- Romagna, hanno portato ad una nuova e più dettagliata classificazione dei depositi alluvionali quaternari. In base a questo studio, l'area d'interesse ricade all'interno dell'unità del Subsistema di Ravenna – Unità di Modena.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area d'interesse è collocata su un ripiano alluvionale sopraelevato (circa 4 m) sulle alluvioni attuali del T. Nure.

La superficie del terrazzo è sub-pianeggiante, con quote assolute di circa 68 m s.l.m. La superficie topografica è debolmente inclinata (1-0.5 %) verso nordest.

Come già accennato, dal punto di vista stratigrafico l'area è posta sul ripiano alluvionale appartenente all'unità di Ravenna, definita all'interno del quadro stratigrafico della Regione Emilia Romagna come sotto-unità del "Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore". La successione stratigrafica, è costituita da depositi ghiaioso-sabbiosi, con abbondanti (talora predominanti) intercalazioni di materiali fini.



### Stralcio di una sezione litostratigrafica rappresentativa dell'area d'interesse (da PSC)

## 3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

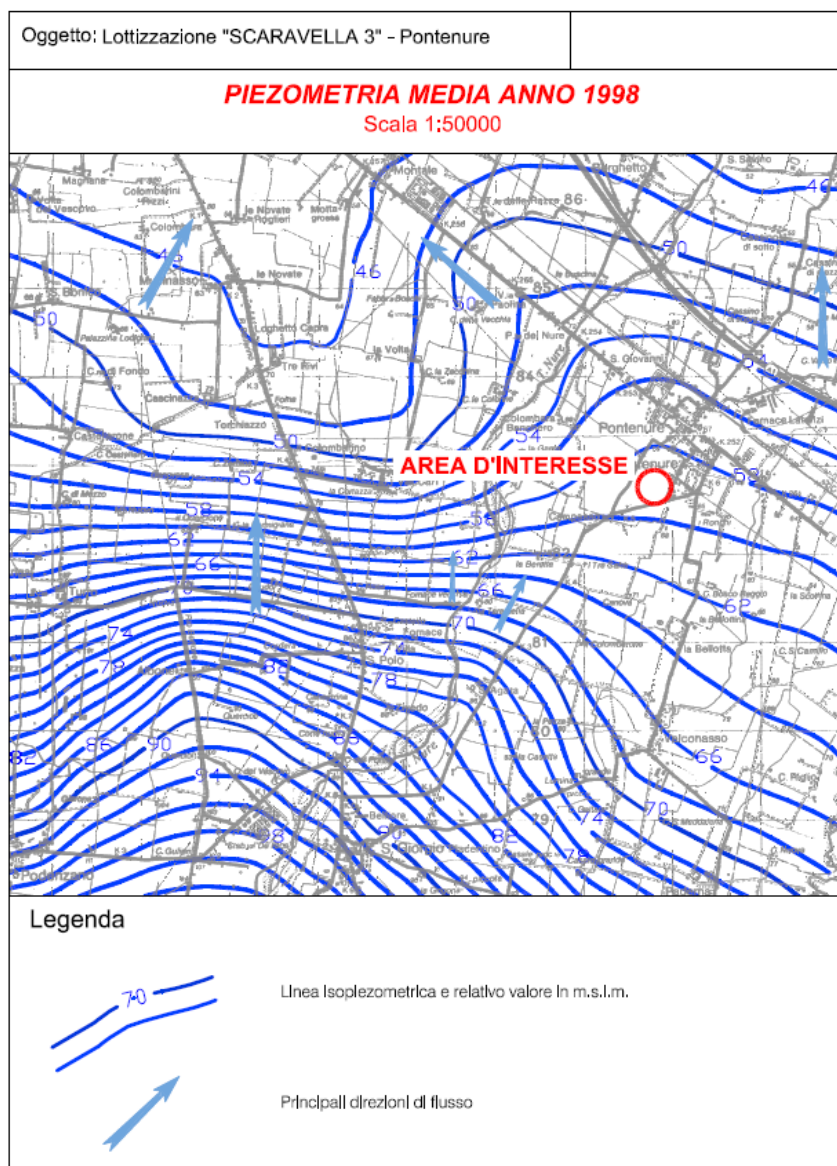
Come già segnalato, l'area di studio è localizzata nel settore distale del conoide del T.Nure. I depositi alluvionali, per i primi 100 m, sono costituiti da alternanze di alluvioni ghiaioso-sabbiose ed alluvioni limo-argillose.

Il modello idrogeologico di riferimento ricostruito per tutta l'area della pianura Piacentina è caratterizzato da due distinti complessi acquiferi: uno superiore denominato "acquifero principale", a comportamento essenzialmente freatico, e uno più profondo denominato "acquifero secondario" con caratteri più o meno spiccati di artesianità.

L'alimentazione dell'acquifero principale avviene per infiltrazione diretta dalla superficie delle acque meteoriche e per dispersione dall'alveo del T.Nure.

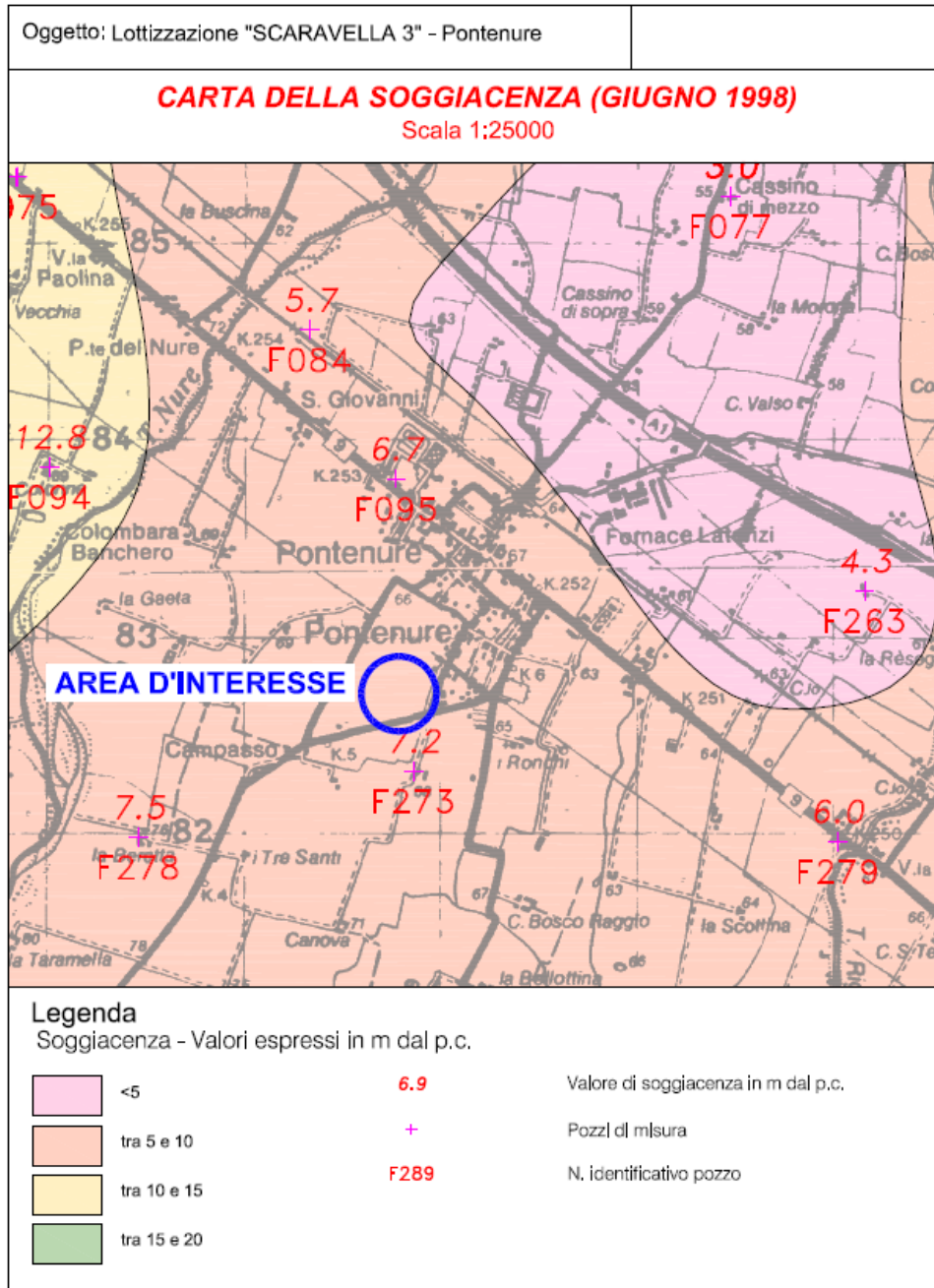
I principali caratteri idrogeologici dell'area si possono così riassumere:

- La direzione del flusso idrico sotterraneo è verso nord con gradiente idraulico di circa 0.5%;
- Il T.Nure alimenta la falda fino all'altezza di Pontenure, mentre più a valle il Torrente è in sostanziale equilibrio con la falda stessa;
- Nell'intorno dell'area d'intervento la soggiacenza minima "storica" della superficie piezometrica dal piano campagna è di circa 7 m;
- Da dati bibliografici l'oscillazione massima della falda registrata fra l'anno 1978 e l'anno 1998, risulta compresa fra 1 e 2 m.



**Piezometria dell'acquifero superficiale – anno 1998**

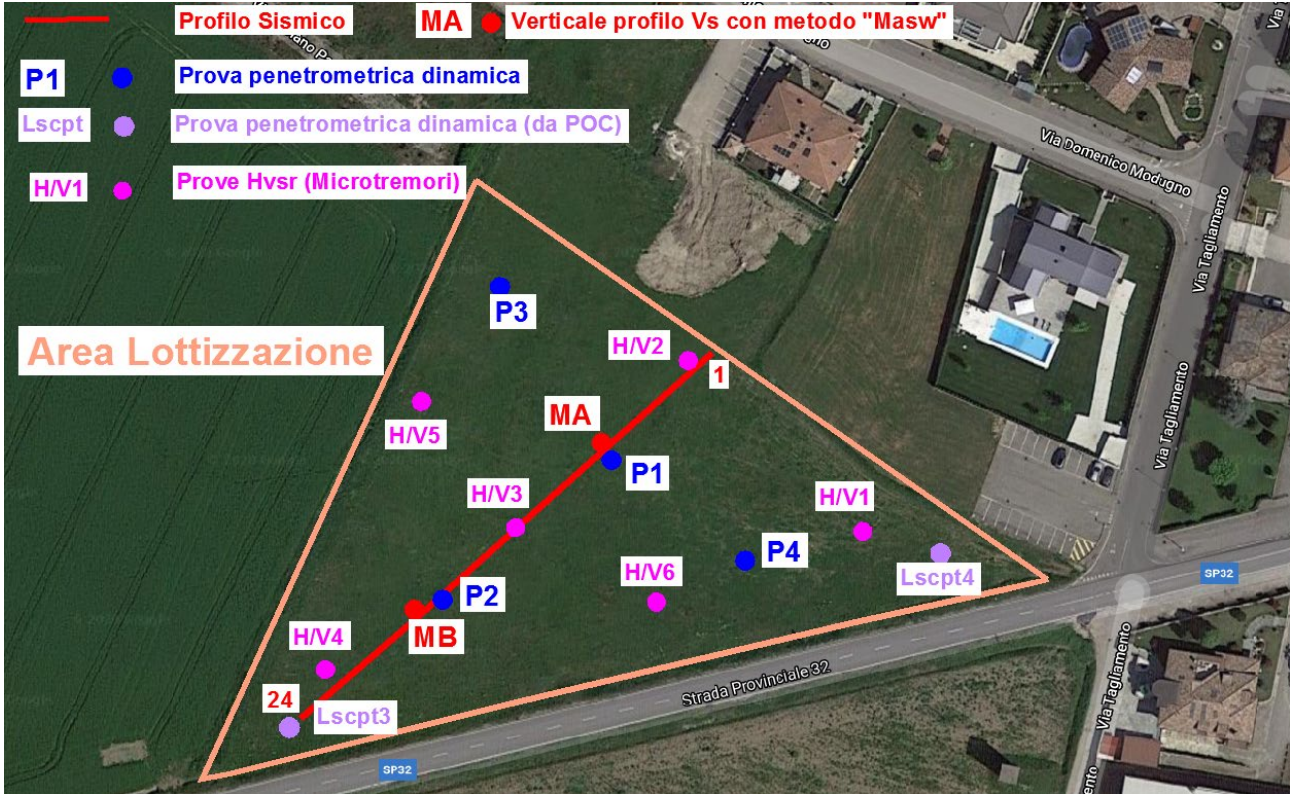




**Soggiacenza acquifero superficiale – anno 1998 (periodo di alto piezometrico storico)**

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICO-SISMICHE REALIZZATE

Come già accennato sono state raccolte le indagini disponibili e, ad integrazione di queste, sono state realizzate: 4 prove penetrometriche dinamiche medie, 2 prove Masw e 6 prove Hvsr.



Ubicazione delle indagini geognostico-sismiche



Fasi esecutive della prova penetrometrica P1





**Fasi esecutive delle indagini sismiche**



**Fasi esecutive delle prove Hvsr**



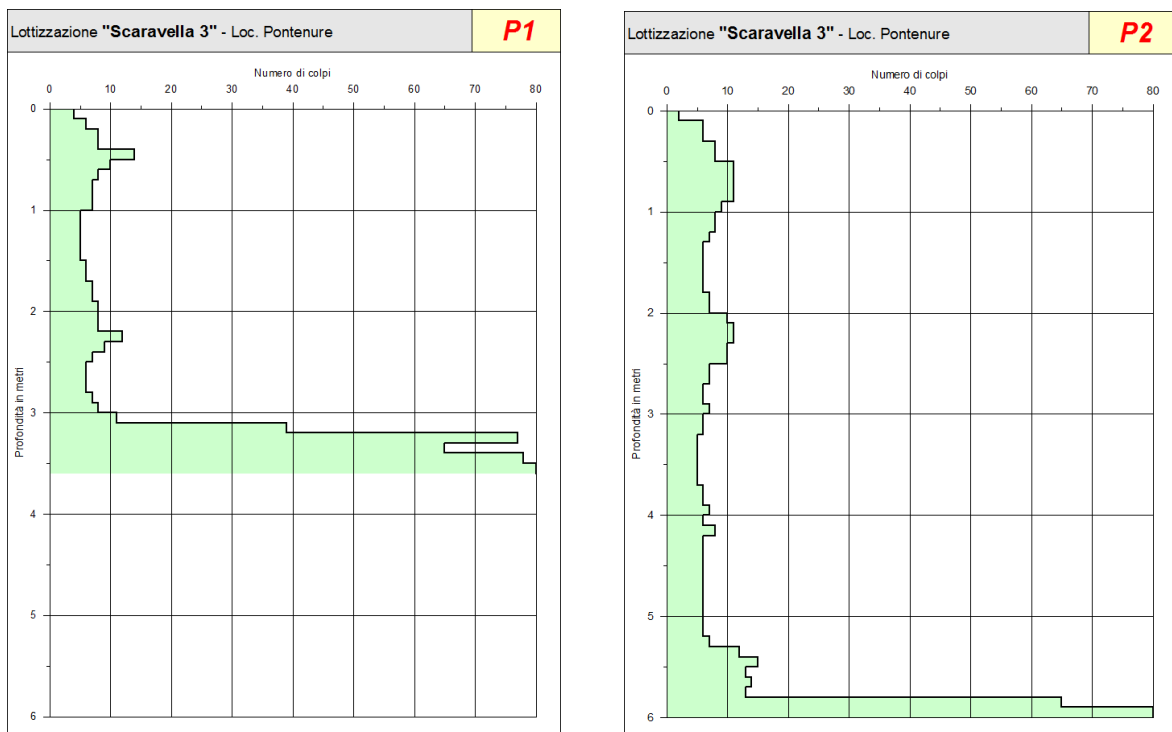
#### 4.1 PROVE PENETROMETRICHE

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- **Peso maglio = 30 kg**
- **Altezza caduta libera = 20 cm**
- **Sezione punta = 10 cm<sup>2</sup>**
- **Angolo apertura punta = 30°**
- **Peso singola asta = 2.4 kg**
- **Lunghezza aste = 1 m**

Sono stati conteggiati e riportati in appositi grafici (riportati in appendice al rapporto) i colpi (n) necessari per infiggere le aste di 10 cm.

La profondità massima d'indagine raggiunta è stata di 6.0 m.



I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

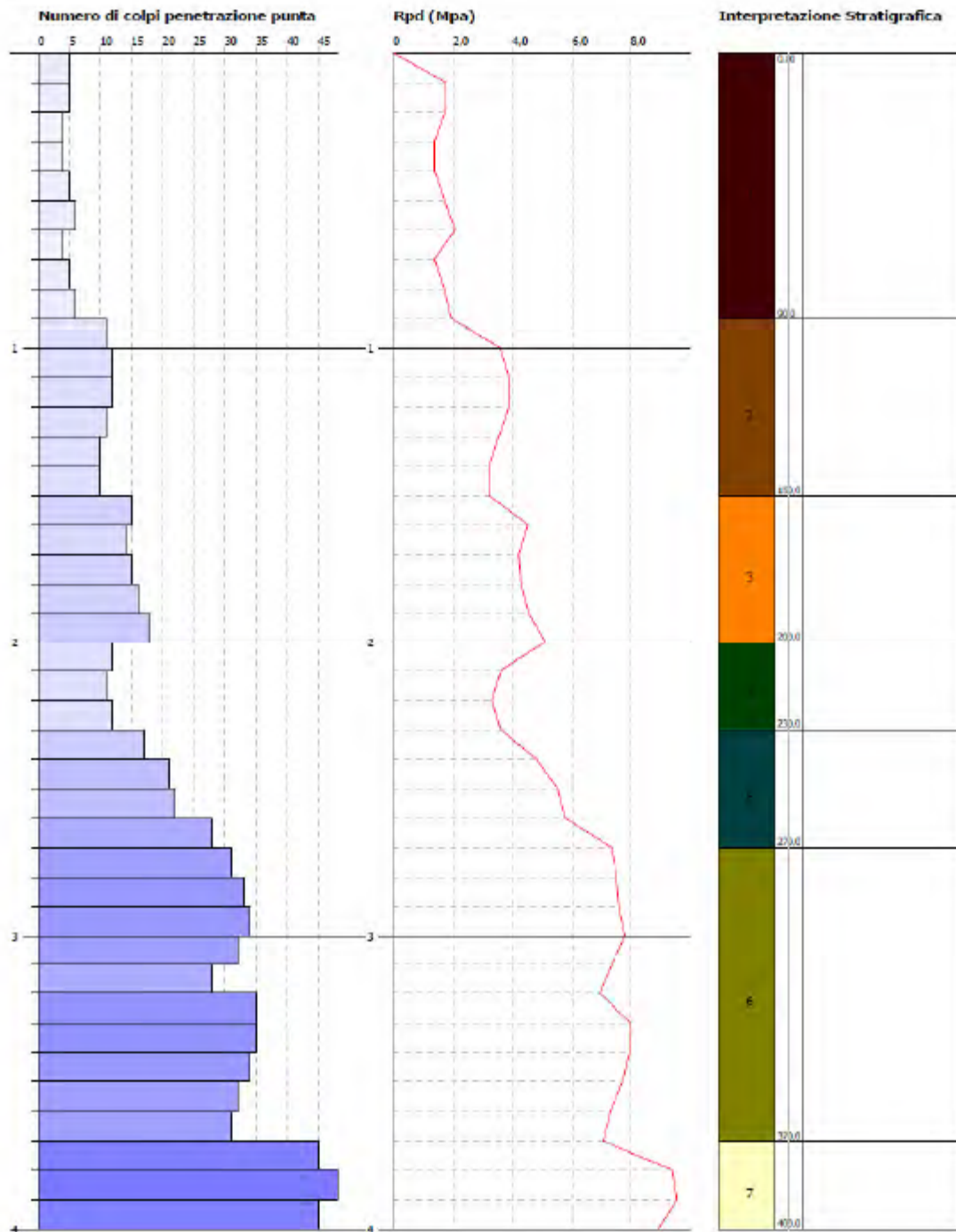
- Lo spessore della copertura di natura prevalentemente limo-argillosa a medio-bassa consistenza è di 3-6 metri;
- Il rifiuto alla penetrazione è stato ottenuto al tetto dell'orizzonte ghiaioso;
- Nei fori delle prove non è stata rilevata presenza d'acqua.
- Le prove realizzate per il POC, riportate di seguito, confermano sostanzialmente il quadro delineato dalle nuove prove, con spessore della coltre limosa leggermente inferiore (2.5 metri).

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Prova LSCPT 3**  
**Strumento utilizzato... DL-30 (60°)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Comune di Pontenure  
 Cantiere : Indagini Geognostiche POC  
 Località : Ambito R2 EST

Data :17/10/2017

Scala 1:19



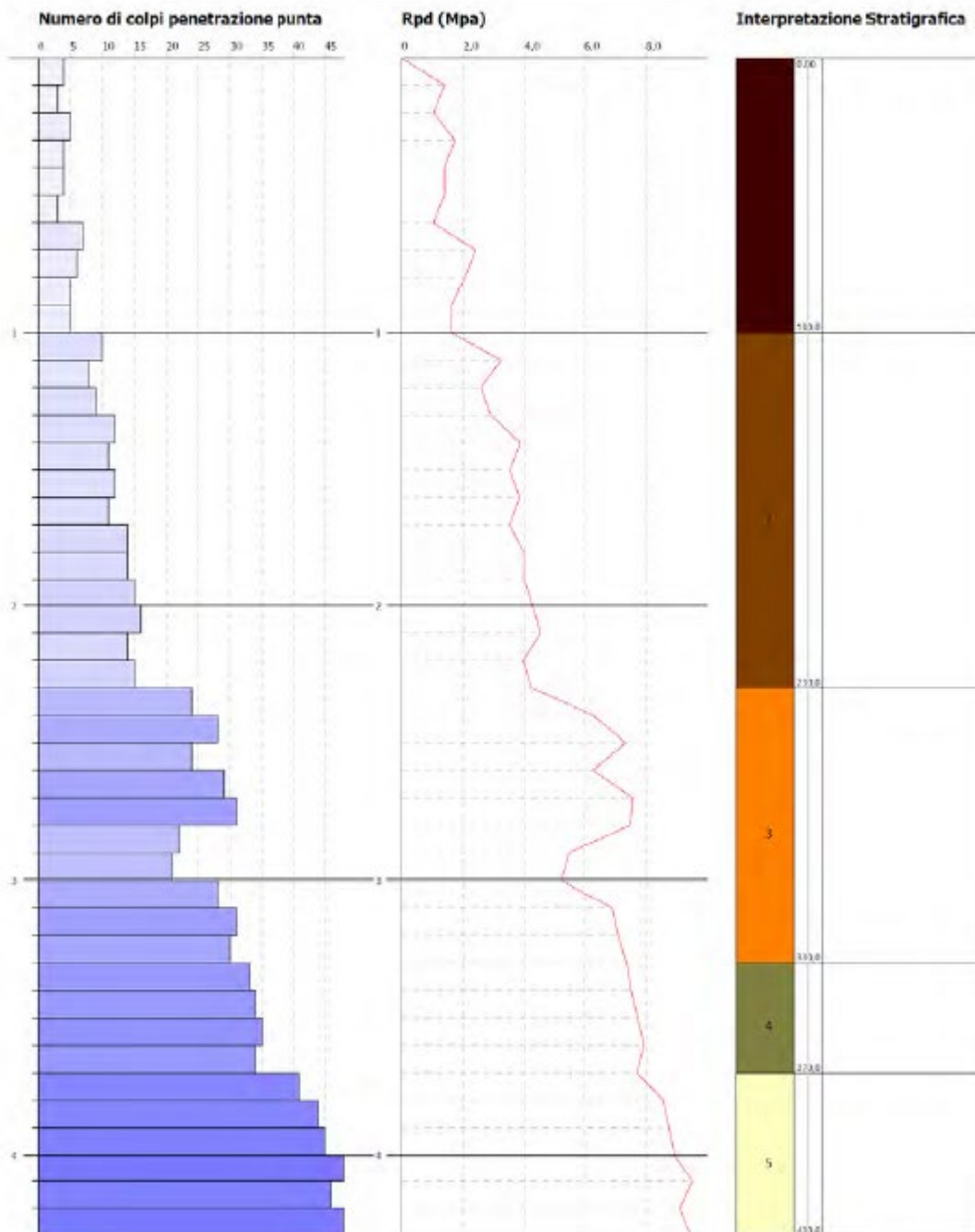
**Prova penetrometrica estratta dalla relazione geologica allegata al POC**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Prova LSCPT 4**  
**Strumento utilizzato... DL-30 (60°)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Comune di Pontenure  
 Cantiere : Indagini Geognostiche POC  
 Località : Ambito R2 EST

Data :17/10/2017

Scala 1:21



**Prova penetrometrica estratta dalla relazione geologica allegata al POC**



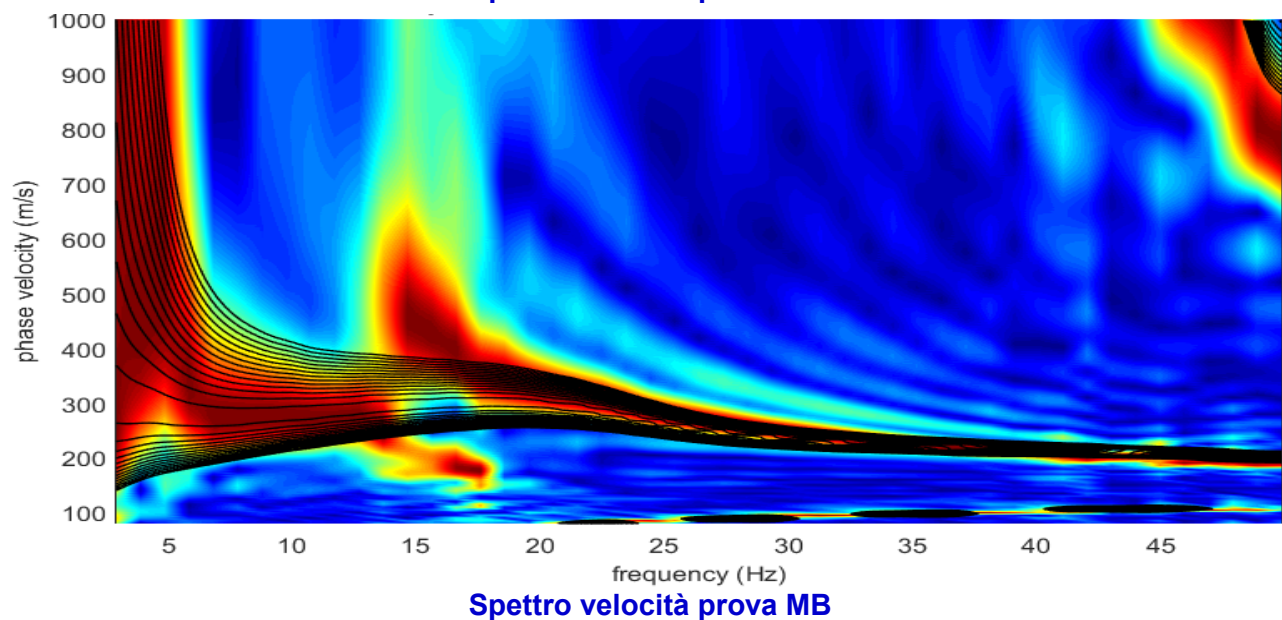
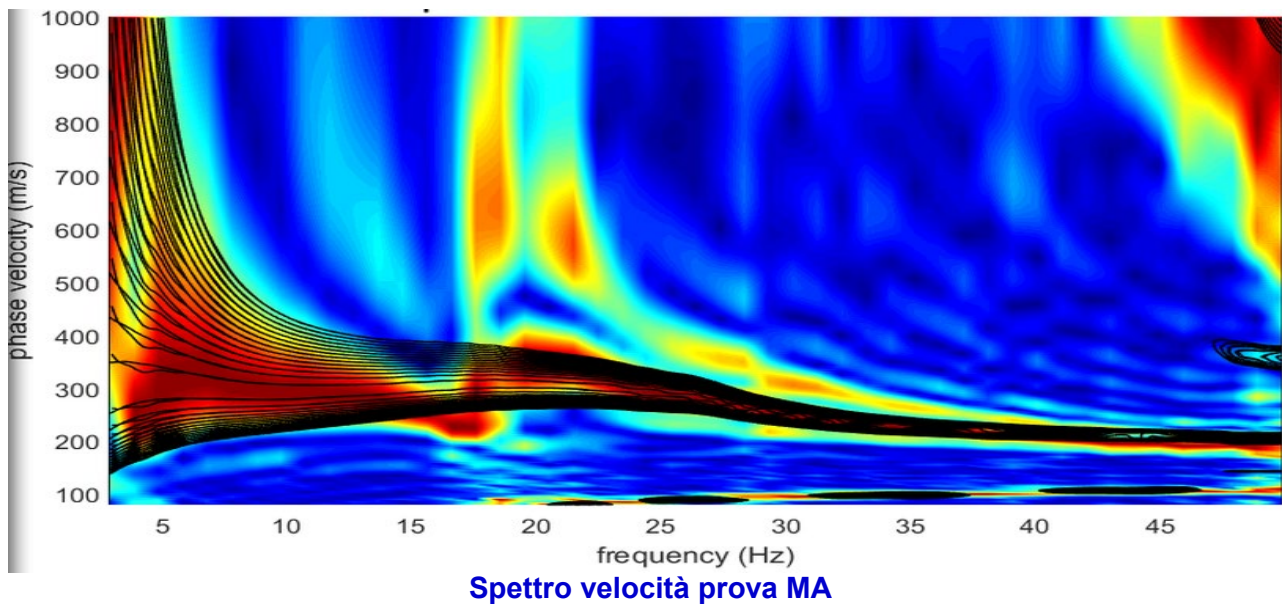
## 4.2 PROVE MASW

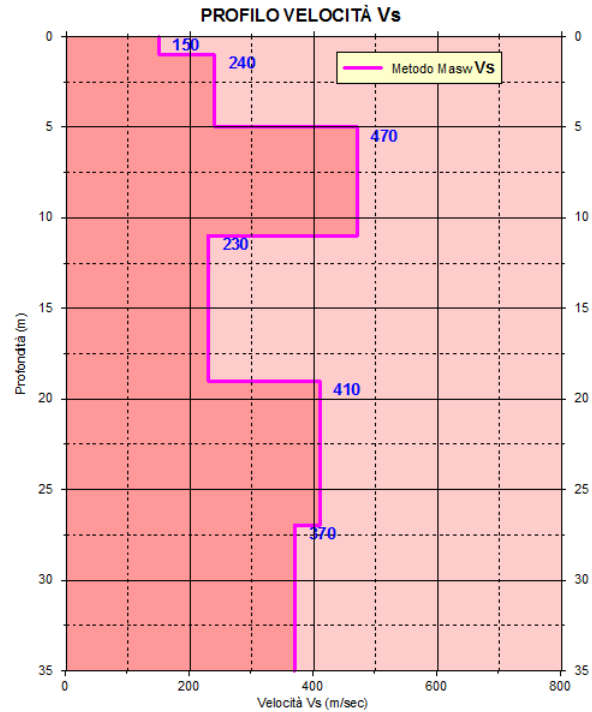
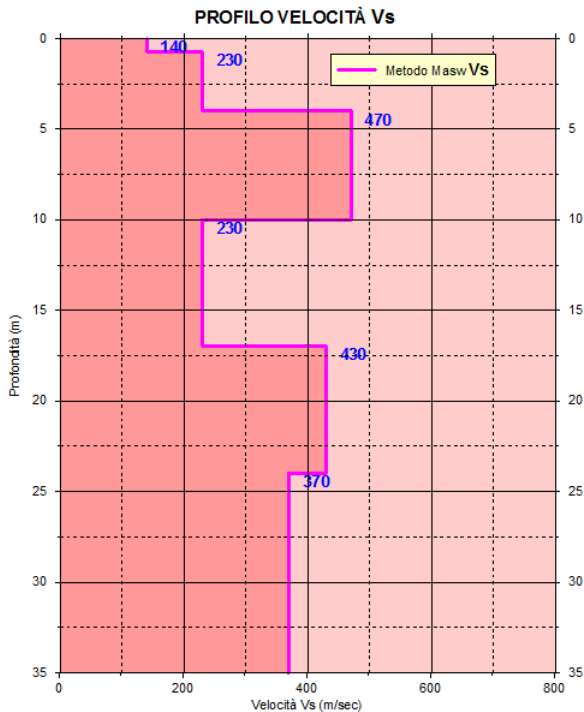
E' stato realizzato uno stendimento sismico costituito da un allineamento di 24 geofoni spazati di 5 metri. Dallo stendimento sono state estratte 2 prove "Masw" considerando separatamente il tratto compreso fra i geofoni 1-12 (MA) e quello fra i geofoni 13-24 (MB).

### 4.2.1 Modalità di elaborazione

Per le elaborazioni è stato utilizzato il software "winMASW®" versione Academy della società Eliosoft.

L'approccio di elaborazione utilizzato non prevede la determinazione di una curva di dispersione (scelta soggettiva), ma l'analisi di diretta di tutto lo spettro di velocità (approccio FVS Full Velocity Spectrum).





### Profili velocità MA e MB

#### 4.2.2 Analisi dei dati

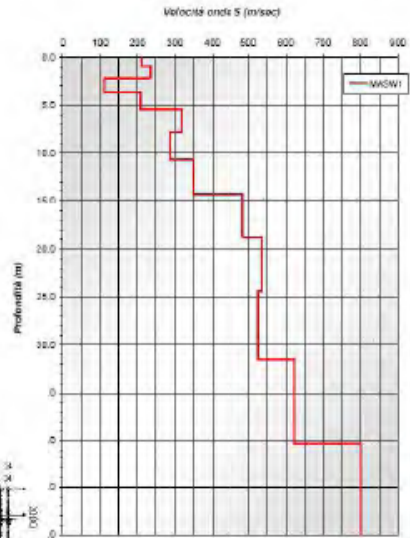
Esaminando i profili di velocità si possono fare le seguenti considerazioni:

- I profili hanno un andamento sostanzialmente evidenziando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- Lo spessore della copertura a bassa velocità è mediamente di 3-5 metri;
- Fra 3-5 e 10-11 metri sia ha un netto aumento di velocità per la presenza di un orizzonte ghiaioso ben addensato;
- Fra 10-11 e 17-19 metri sia una netta riduzione di velocità in corrispondenza di materiali a prevalente granulometria fine;
- Oltre i 17-19 metri i valori aumentano portandosi sui 370-430 metri, segnalando una successione litostratigrafica costituita in prevalenza da materiali grossolani con significative intercalazioni di materiale fine;
- Il suolo di fondazione in base alle NTC 2018-2019 è di tipo "C" ( $V_{s\_eq}$  305 e 313 m/s);
- Il profilo eseguito in fase di realizzazione del PSC, pur presentando un profilo di velocità non coerente con la situazione litostratigrafica del sito, indica un valore di  $V_s$  30 di 334 m/s, non molto diverso da quelli determinati in questa fase.

Riassunto modalità esecutive della prova MASW ATTIVA	
Spaziatura tra i geofoni	1.0 m
Distanza sorgente 1° geofono	4, 6 e 10 m
Tempo di campionamento	1.0 ms
Tempo di registrazione	2.0 s

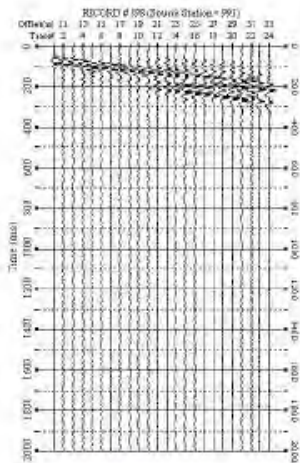
Riassunto modalità esecutive della prova MASW PASSIVA	
Spaziatura tra i geofoni	1.0 m
Tempo di campionamento	4.0 ms
Tempo di registrazione	30.0 s
Numero di registrazioni	10

Shear-Wave Velocity Profile from Surface waves inversion

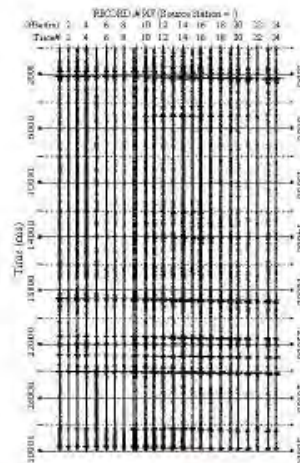


**MASW1**

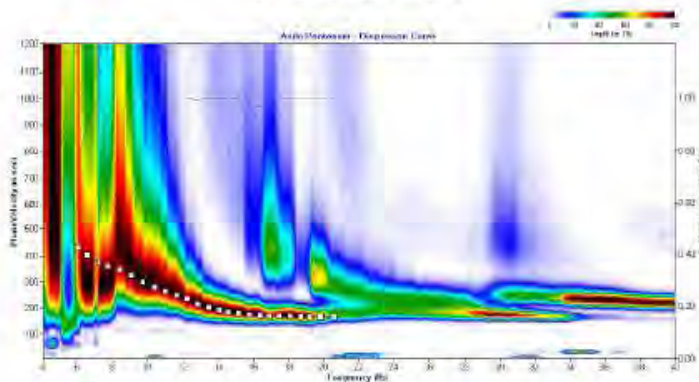
registrazione attiva



registrazione passiva



CURVA DI DISPERSIONE



MASW 1			
Strato	Spessore [m]	Vs [m/s]	Profondità
1	0.95	210.97	0.95
2	1.18	233.76	2.13
3	1.48	110.57	3.61
4	1.85	209.55	5.46
5	2.31	318.66	7.77
6	2.89	288.14	10.00
7	3.81	350.07	14.27
8	4.51	485.17	18.78
9	5.84	536.11	24.43
10	7.05	525.70	31.48
11	8.92	623.24	40.30
12	10.05	803.18	50.27

Elaborazioni - MASW01 – Rif. Relazione Geologica Dott. Mancipopi - Novembre 2011

**Profilo di velocità estratto dallo studio di microzonazione sismica**



### **4.3 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)**

#### **4.3.1 Cenni Metodologici**

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- **Stratigrafia sismica passiva;**
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione  $f_0$ .

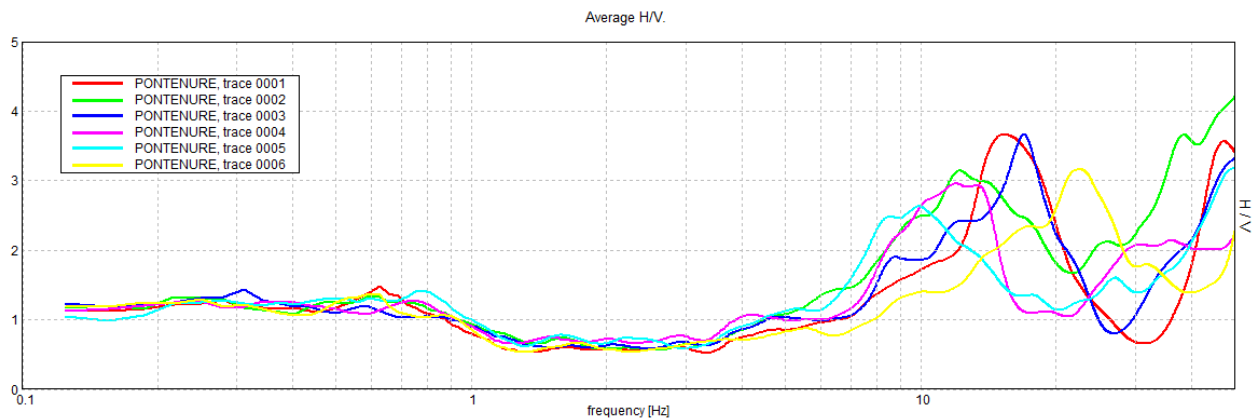
#### **4.3.2 Modalità esecutive**

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 512 Hz.

Sono state realizzate 6 prove di lunghezza pari a 20 minuti e campionamento a 128 Hz.

### 4.3.3 Analisi dei dati



**Grafico d'insieme delle prove Hvsr**

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Per frequenze inferiori a 10 Hz, le prove hanno un andamento molto simile, testimoniando l'uniformità dell'assetto litostratigrafico in profondità (oltre i 6 metri);
- La frequenza caratteristica del sito è stata individuata nell'intervallo 10-20 Hz; tale frequenza è di scarso interesse ingegneristico in quanto le normali tipologie edilizie hanno una frequenza di vibrazione inferiore;
- I valori del rapporto H/V piuttosto elevati (3-4), indicano un forte contrasto d'impedenza sismica imputabile al passaggio fra la copertura limo-argillosa e i sottostanti depositi ghiaiosi;
- La "dispersione" delle frequenze di risonanza individuate, evidenziano il diverso spessore della coltre fine di copertura; una frequenza di 10 Hz indica uno spessore di circa 6 metri; mentre una frequenza di 20 Hz, uno spessore di circa 2.5-3 metri.
- In base all'esito delle prove si possono escludere, in caso di sisma, significativi fenomeni di risonanza terreno-strutture.

## 5 MODELLO GEOLOGICO

Le indagini eseguite, unite alle informazioni geologiche più generali, hanno consentito di ricostruire un modello geologico - geotecnico del sito.

<b>Unità "A"</b> da -p.c. a -2.5/-6.0 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza
Comportamento geotecnico	Coesivo
Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.80
Coesione non drenata <b>Cu</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 - 0.6
Coesione drenata <b>C</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	0.05- 0.07
Angolo d'attrito $\phi$	23°- 24°
Modulo edometrico <b>Eed</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	60 - 80
Modulo elastico <b>E</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	50 - 70
<b>Unità "B"</b> Fra - 2.5/-6.0 e -10/-11 m	Materiale prevalentemente ghiaioso in abbondante matrice limosa a medio-alto addensamento
Comportamento geotecnico	Incoerente
Peso di volume $\gamma$ (t/mc)	1.90
Angolo d'attrito $\phi$	33-34
Modulo elastico <b>E</b> (Kg/cm <sup>q</sup> )	250-300
<b>Unità "C"</b> Fra -10/-11 e 17-19 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza
Comportamento geotecnico	Coesivo
Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.85
Coesione non drenata <b>Cu</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.5 - 0.6
Coesione drenata <b>C</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	0.05- 0.07
Angolo d'attrito $\phi$	23° - 24°
Modulo edometrico <b>Eed</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	60 - 80
Modulo elastico <b>E</b> (Kg/ cm <sup>2</sup> )	50 - 70

## 6 ASPETTI SISMICI

Come già accennato, per gli aspetti sismici si è fatto riferimento principalmente alla “Deliberazione della Giunta Regionale dell’Emilia Romagna N. 630 Del 29/04/2019”.

### 6.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l’individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *L’individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *La stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell’area di indagine (“Analisi della Risposta Sismica Locale”, RSL);*
- *La suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (“Microzonazione Sismica”, MZS).*

I risultati dell’analisi della pericolosità sismica locale e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

#### 6.1.1 Livelli di approfondimento

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

**La prima fase** è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L’individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.



**La seconda fase** (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

- a)** nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$  in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;
- b)** un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):
- *Aree soggette a liquefazione e densificazione;*
  - *Aree instabili e potenzialmente instabili;*
  - *Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
  - *Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

## 6.2 CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1 LIVELLO

### 6.2.1 Classificazione sismica del territorio comunale e sismicità di base

L'attuale normativa riprende la classificazione del territorio nazionale contenuta nell'OPCM 3274/03. In base alla nuova normativa, tutto il territorio nazionale risulta classificato come sismico. Le classi di sismicità sono 4, con grado di rischio decrescente dalla zona 1 alla zona 4. I valori di riferimento di accelerazione massima orizzontale, su substrato rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), per le 4 zone sono:

Zona	Valore di ag
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Il territorio Comunale di Pontenure, è stato classificato in zona 3. In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Pontenure sono compresi fra 0.090 e 0.110 g. Nel dettaglio per l'area d'interesse il valore di PGA previsto è di 0.098 g.

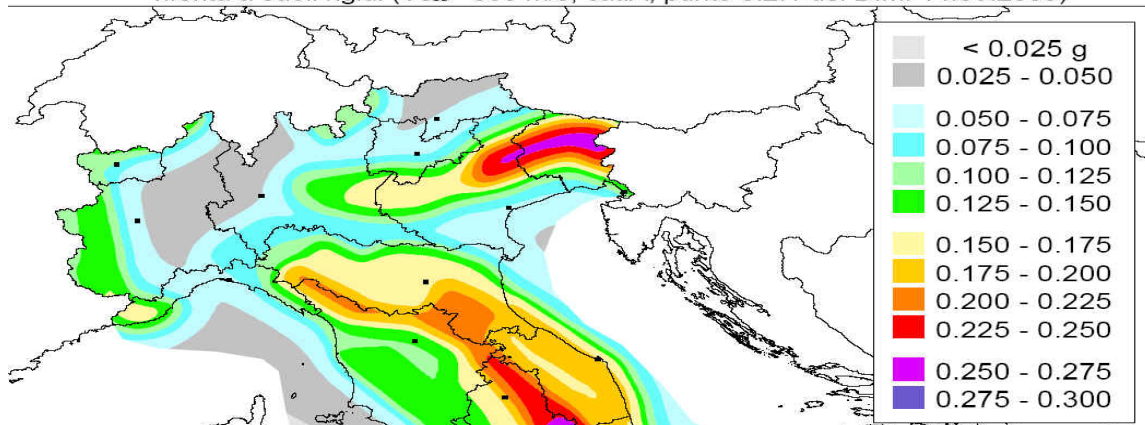
Dal punto di vista sismo-strutturale l'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona simogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area di Pontenure.

### **Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale**

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo  
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



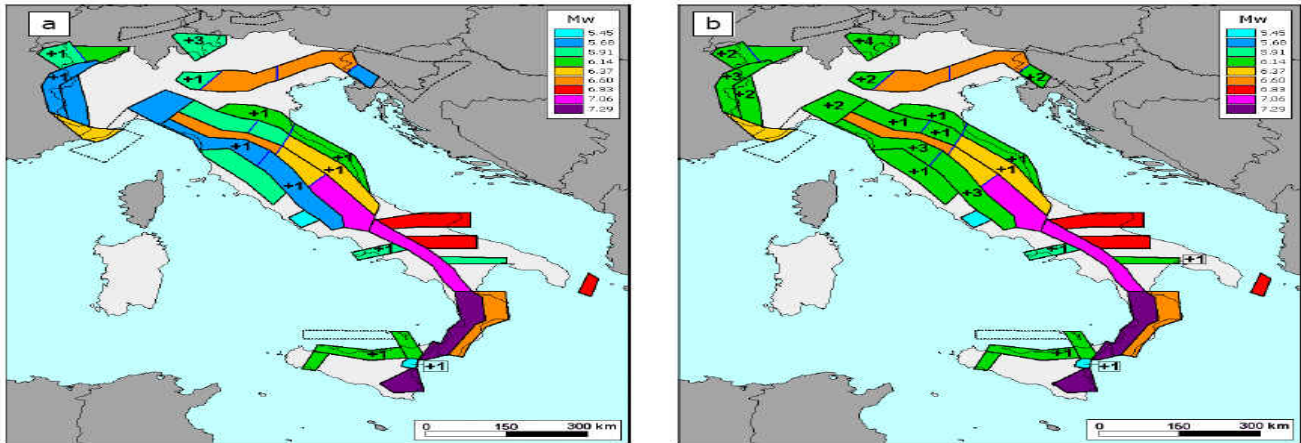


Figura 36. Valori di  $M_{wmax}$  corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" ( $M_{wmax1}$ ); b) "cautelativi" ( $M_{wmax2}$ ).

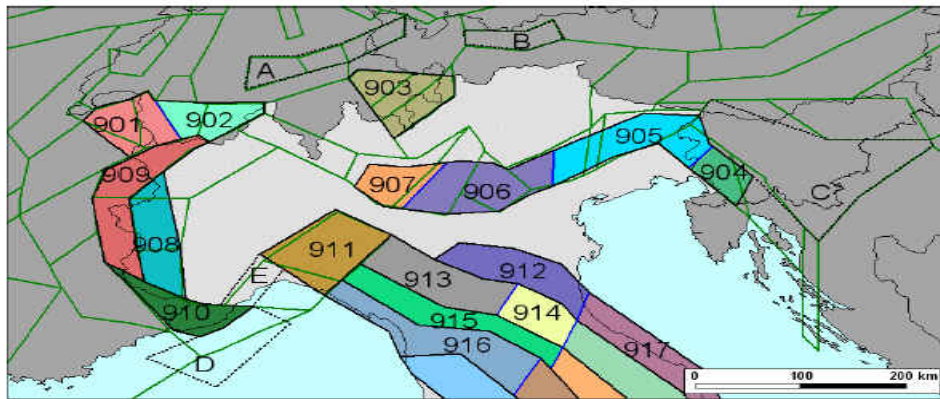


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

## 6.2.2 Caratteri geologico-geomorfologici dell'area in funzione della risposta sismica

L'area è collocata su un terrazzo alluvionale del T.Nure. Lo spessore della copertura limo-argillosa è di 2.5-6 metri.

La superficie topografica è sub-pianeggiante senza scarpate morfologiche significative.

In base alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area, gli effetti sismici di sito possono ricondursi ai soli fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Per la bassa sismicità di base e le caratteristiche del materiale presente nel sottosuolo (copertura coesiva e materiale ghiaioso ben addensato) sono da ritenere molto improbabili fenomeni di liquefazione.

### 6.2.3 Verifica della suscettibilità alla liquefazione

Per la verifica alla liquefazione sono stati utilizzati i metodi semplificati che utilizzano come dato d'ingresso la velocità delle onde sismiche "S" (Andrus et al. 2004).

Il software utilizzato è prodotto dalla società "GeoLogismiki".

Per l'area d'interesse, in base alla mappa della pericolosità sismica, la PGA prevista allo SLV (tempo ritorno 475 anni) è di 0,098g, il suolo di fondazione è di tipo "C" e il fattore di amplificazione stratigrafica è di 1.5.

Di conseguenza la PGA prevista al suolo è di  $0,098 \times 1.5 = 0,150$ . La magnitudo massima di riferimento è stata considerata pari a 6,50.

Cautelativamente nelle verifiche sono stati utilizzati i seguenti dati d'ingresso:

- Accelerazione massima al suolo = 0.150
- Magnitudo del sisma = 6.14
- Profondità della falda = 5 m
- Percentuale di materiale fine variabile da 10 a 30%.

Lo schema stratigrafico-geofisico rappresentativo dell'area indagata si può così sintetizzare:

Strato Nr.	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Velocità Vs (m/s)
1	Materiale prevalentemente limoso	0	4	230
2	Ghiaia in matrice limosa	4	10	470
3	Materiale prevalentemente limoso	10	17	230
4	Ghiaia in matrice limosa	17	20	430

#### Schema stratigrafico-geofisico

Dalle verifiche effettuate il fattore di sicurezza, anche considerando condizioni cautelative, risulta sempre superiore a 1.25, per cui si può affermare che il sito d'interesse non è a rischio liquefazione.



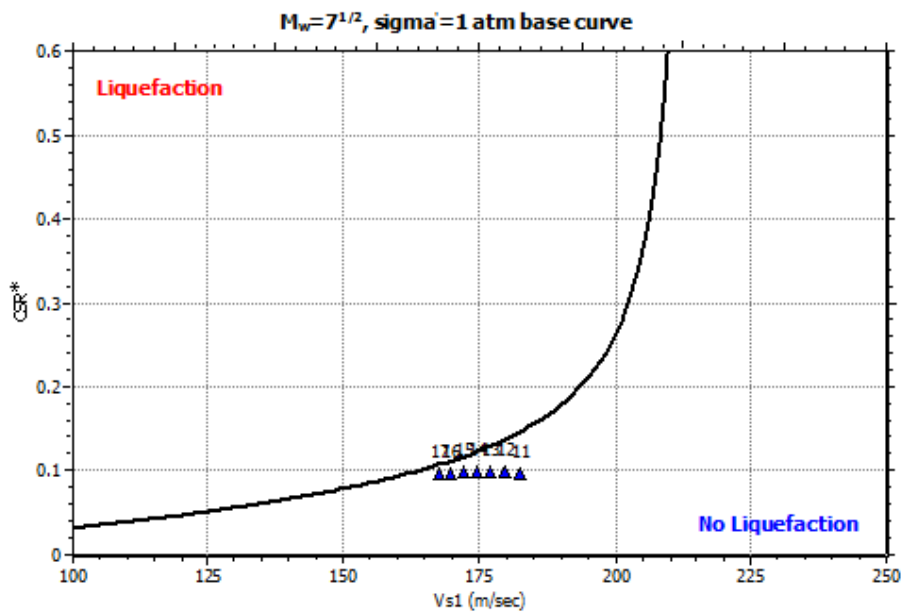
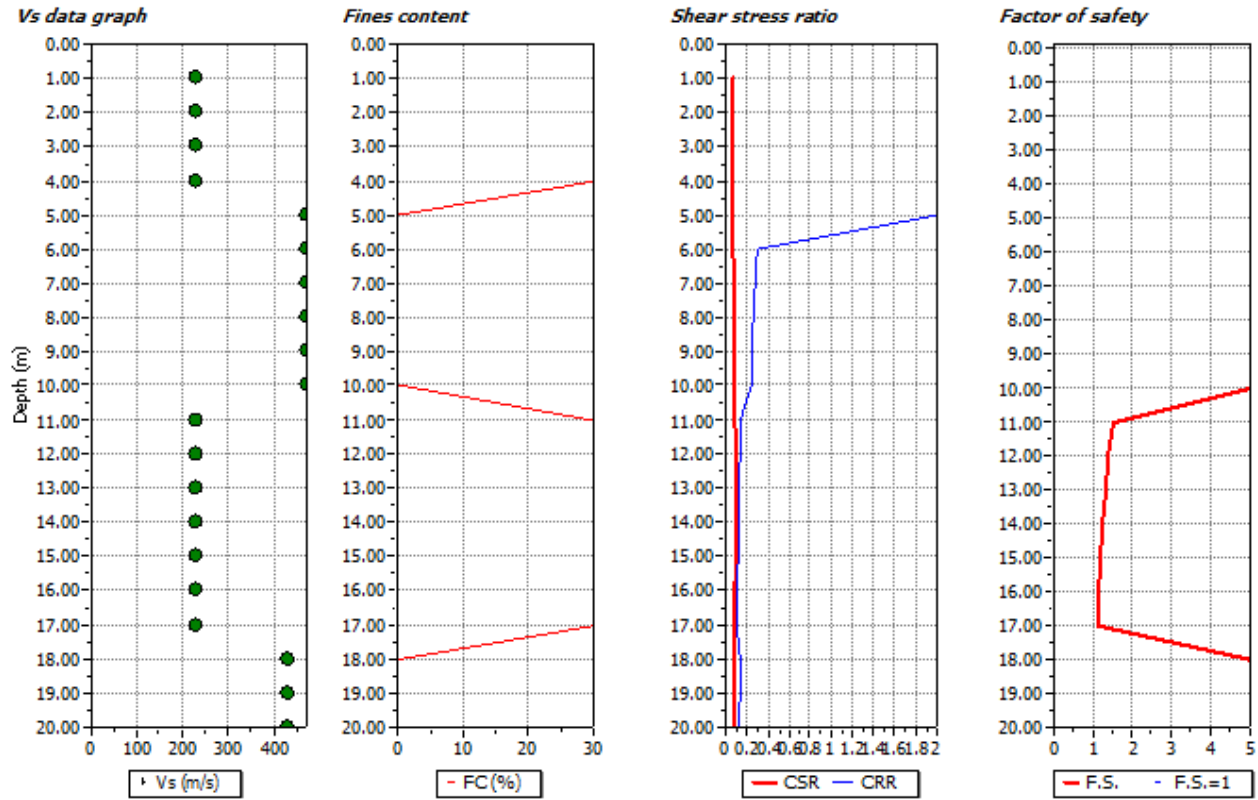
## LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

**Project title :**

**Project subtitle :**

**Input parameters and analysis data**

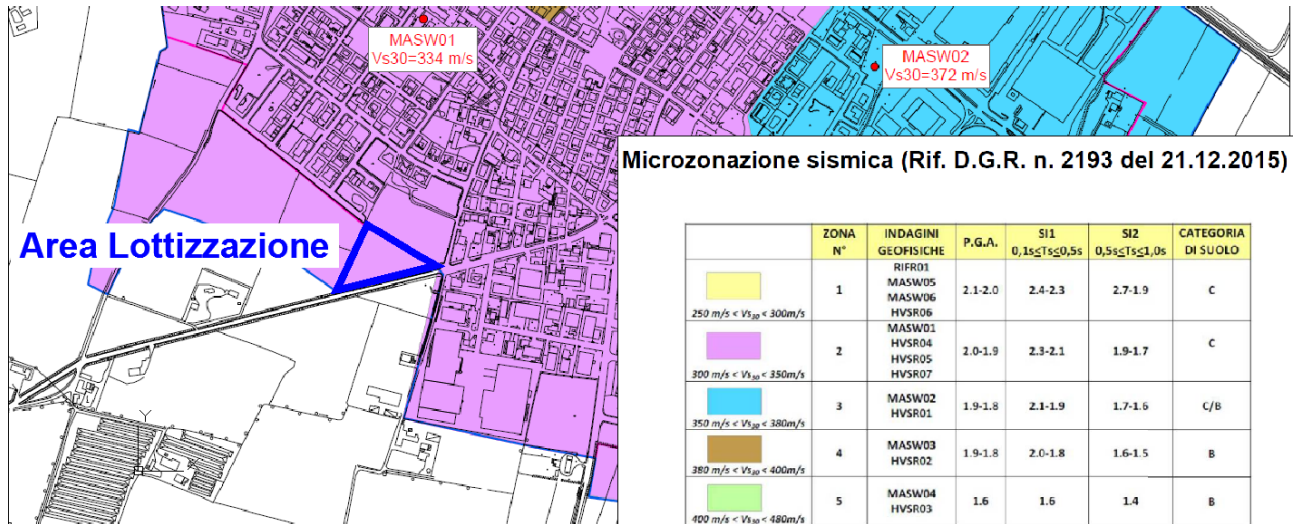
In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	5.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14
Analysis method:	Andrus et al. (2004)	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	Juang et al. (2002)	User defined F.S.:	1.25



**Risultati della verifica alla liquefazione metodo Andrus et al.**

## 6.3 ANALISI SISMICA DEL 2° LIVELLO

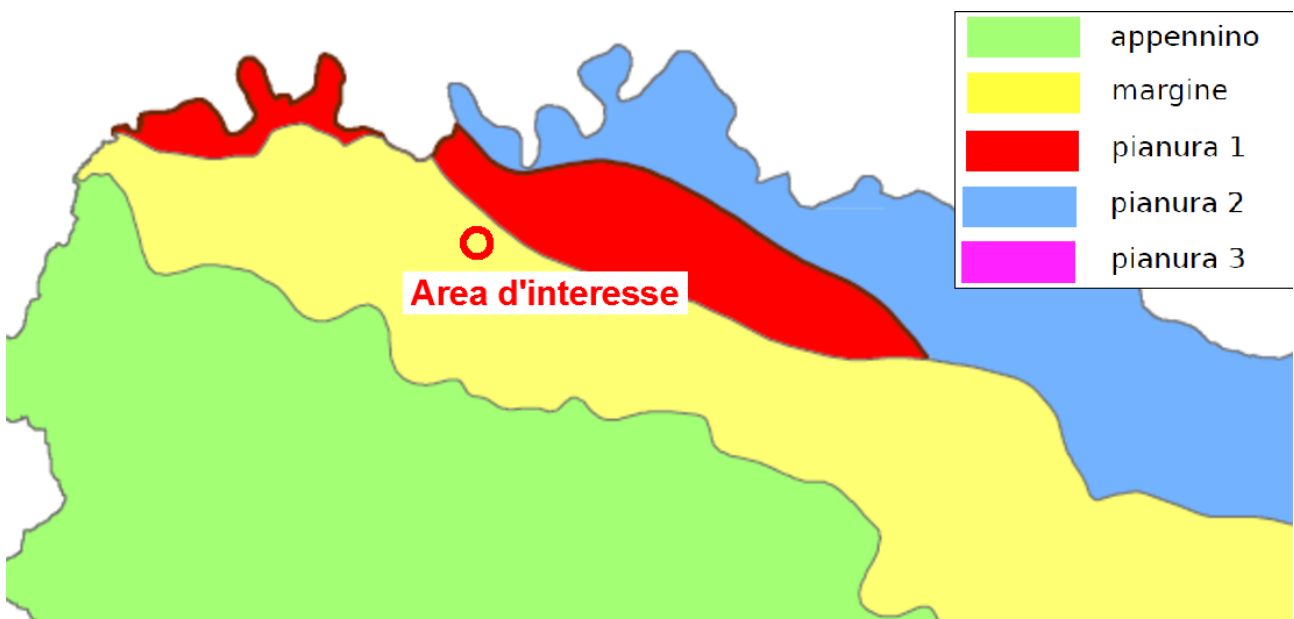
### 6.3.1 Valutazione del fattore di amplificazione



#### Fattore di amplificazione della PGA dell'area d'interesse – estratto dal POC

In base allo studio di microzonazione che, comunque non fa riferimento alle tabelle aggiornate della DGR 630-2019, il fattore di amplificazione della PGA è stato calcolato in 1.9-2.0.

Secondo gli scenari sismo-stratigrafici previsti dallo studio RER del 2015, l'area d'interesse sarebbe collocata al limite fra la zona di Margine e la zona di Pianura 1. In realtà, in base alle caratteristiche litostratigrafiche del sito, si ritiene più opportuno considerare le tabelle relative all'ambiente di Pianura 1.



#### Localizzazione indicativa delle ambienti geologici e sismostratigrafici in Emilia-Romagna

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un'importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità  $\leq 100$  m da p.c.;

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{S30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

#### **Tabelle relative allo scenario Pianura 1**

In base ai risultati delle prove "Masw" realizzate, i fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità  $V_s$  sono riassunti nella tabella seguente:

PROVA	V_EQ	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SA4	SI1	SI2	SI3
MA	313	1.6	1.7	2.2	2.7	2.4	1.8	2.5	2.5
MB	305	1.6	1.7	2.2	2.7	2.4	1.8	2.5	2.5

I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $T_R=475$  anni, con smorzamento  $\zeta=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)<sup>1</sup>;

- intensità spettrale  $SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$

dove  $A$  è lo spettro di risposta in accelerazione,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento<sup>2</sup>; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SA1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SA2</b>	0,4 s	0,8 s
<b>SA3</b>	0,7 s	1,1 s
<b>SA4*</b>	0,5 s	1,5 s

- intensità spettrale  $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove  $V$  è lo spettro di risposta in velocità,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento<sup>3</sup>; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio  $T$  ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>SI1</b>	0,1 s	0,5 s
<b>SI2</b>	0,5 s	1,0 s
<b>SI3*</b>	0,5 s	1,5 s

\*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.

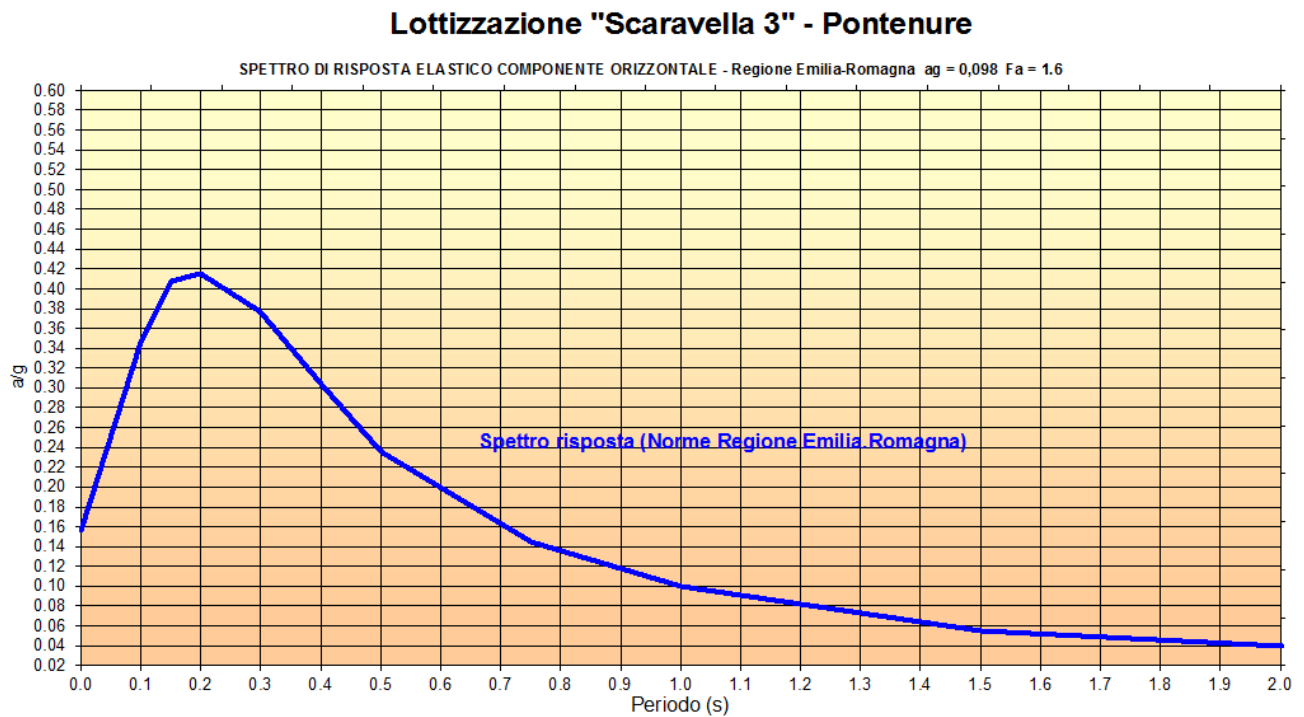
**Significato dei valori di amplificazione calcolati riferiti ai vari periodi**



### 6.3.2 Spettro di risposta (in pga) dell'area

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione. Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di  $a_{refg}$  del sito, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni sito dell'Emilia-Romagna.

Considerando il valore di  $a_{refg} = 0.098$  (valore ricavato dalla mappa di pericolosità sismica prevista dalle NTC 2018-2019), e il fattore di amplificazione (1.6), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



**Spettro di risposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna**

## 7 CONCLUSIONI

I risultati dell'approfondimento geologico-sismico condotto si possono così riassumere:

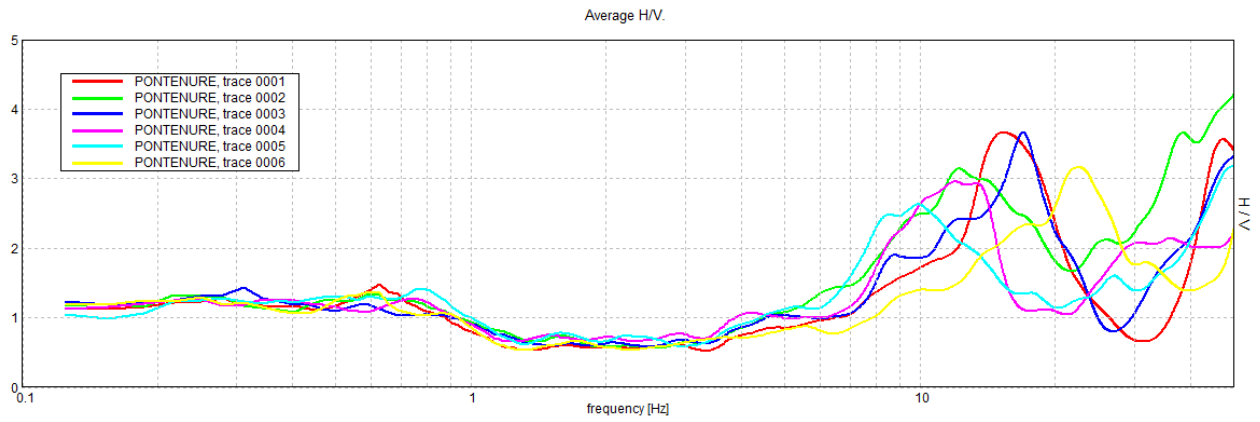
- L'area di nuova lottizzazione è collocata in un contesto senza particolari problematiche di natura geologico-geomorfologica e idrogeologica;
- Il modello geologico dell'area si può così sintetizzare:

<b>Unità "A"</b> da -p.c. a -2.5/-6.0 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza
<b>Unità "B"</b> Fra - 2.5/-6.0 e -10/-11 m	Materiale prevalentemente ghiaioso in abbondante matrice limosa a medio-alto addensamento
<b>Unità "C"</b> Fra -10/-11 e 17-19 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza

- In base a dati bibliografici (PSC, ecc.) la superficie piezometrica si colloca sui 7-8 metri dal p.c., senza possibilità d'interferenza con le opere di fondazione anche per edifici dotati di interrato;
- Nei fori delle prove penetrometriche, spinte ad un massimo di 6 metri, non è stata rilevata presenza d'acqua;
- Secondo la normativa antisismica vigente il territorio comunale di Pontenure è inserito in zona **3** (medio-bassa sismicità);
- La mappa della pericolosità sismica prevede per il sito un valore di **ag** di **0.098g**;
- In relazione alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area, gli effetti di sito possono ricondursi esclusivamente a fenomeni di amplificazione litologica;
- La categoria di suolo di fondazione, determinata con specifiche prove "Masw", con  $V_{s\_eq}$  compreso fra **305 e 313 m/s**, è di tipo "**C**";
- I fattori di amplificazione calcolati in base alla delibera regionale in materia antisismica "DGR 630-2019", per lo scenario sismostratigrafico "**Pianura 1**", sono riassunti nella tabella sotto riportata:

PROV A	V_EQ	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SA4	SI1	SI2	SI3
MA	313	1.6	1.7	2.2	2.7	2.4	1.8	2.5	2.5
MB	305	1.6	1.7	2.2	2.7	2.4	1.8	2.5	2.5

- Analizzando le 6 prove Hvsr (microtremori a stazione singola) realizzate, di cui si riporta il grafico di sintesi, si possono escludere, in caso di sisma, fenomeni di risonanza terreno-strutture in quanto il terreno è caratterizzato da frequenze di risonanza (10-20 Hz) sicuramente superiori a quelle dei fabbricati che saranno realizzati;



In conclusione si può affermare che la lottizzazione prevista è sicuramente compatibile con l'assetto geologico e sismico dell'area.

Farini: 10/07/2020

Dott. Alberto Lepori

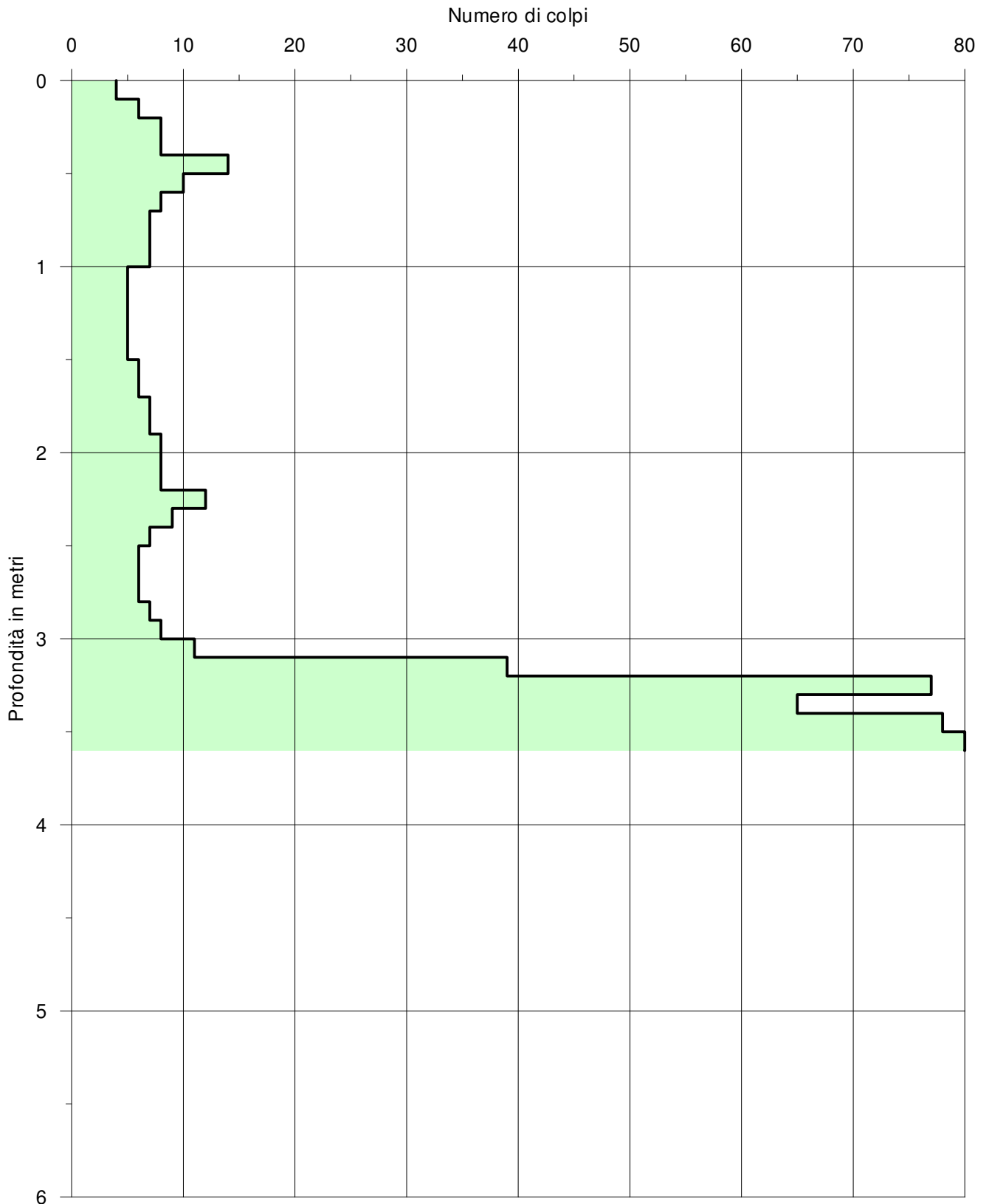




# Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Lottizzazione "Scaravella 3" - Loc. Pontenure

**P1**



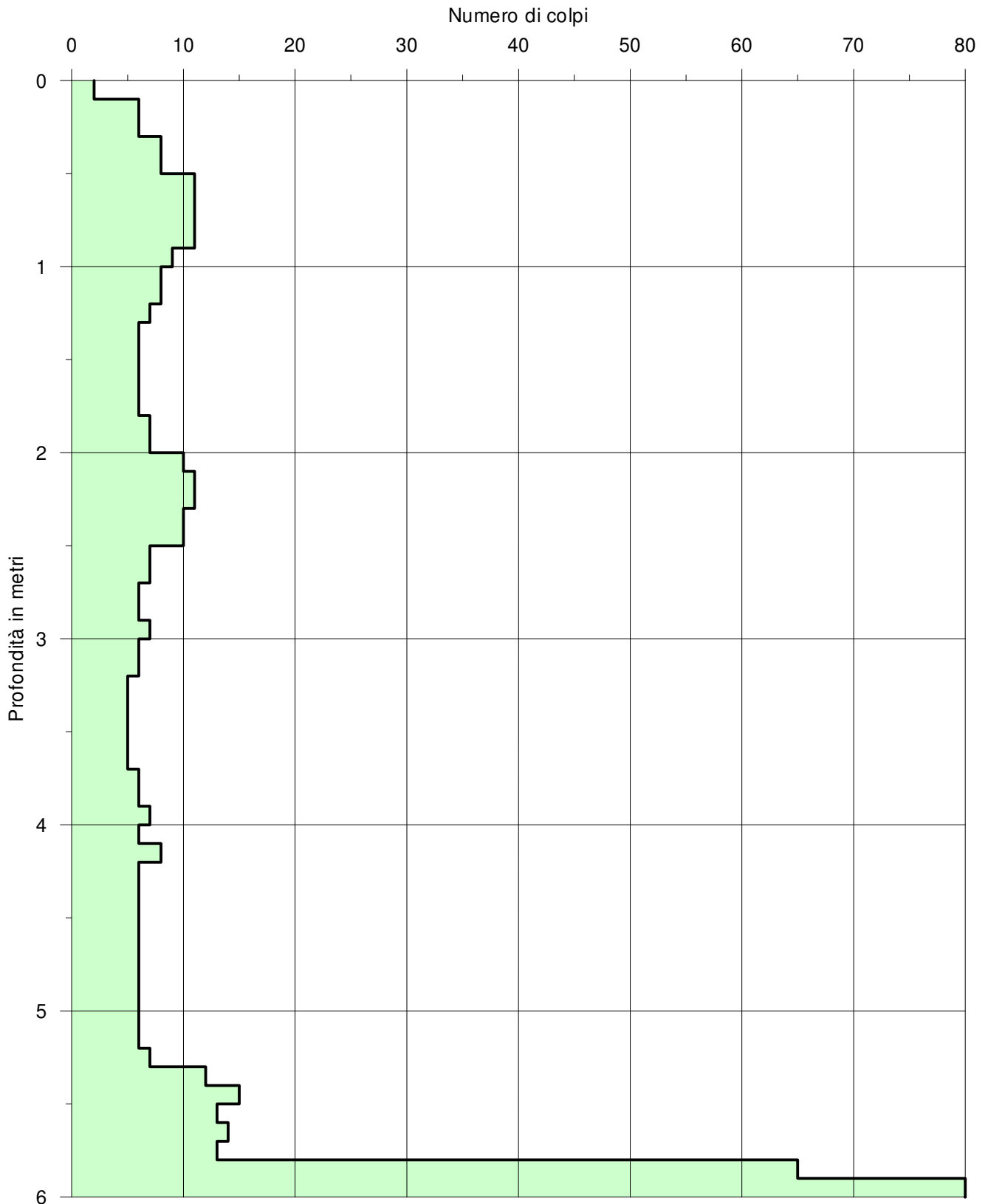
Data: *Luglio 2020*

**Fig. 1a**

# Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Lottizzazione "Scaravella 3" - Loc. Pontenure

**P2**



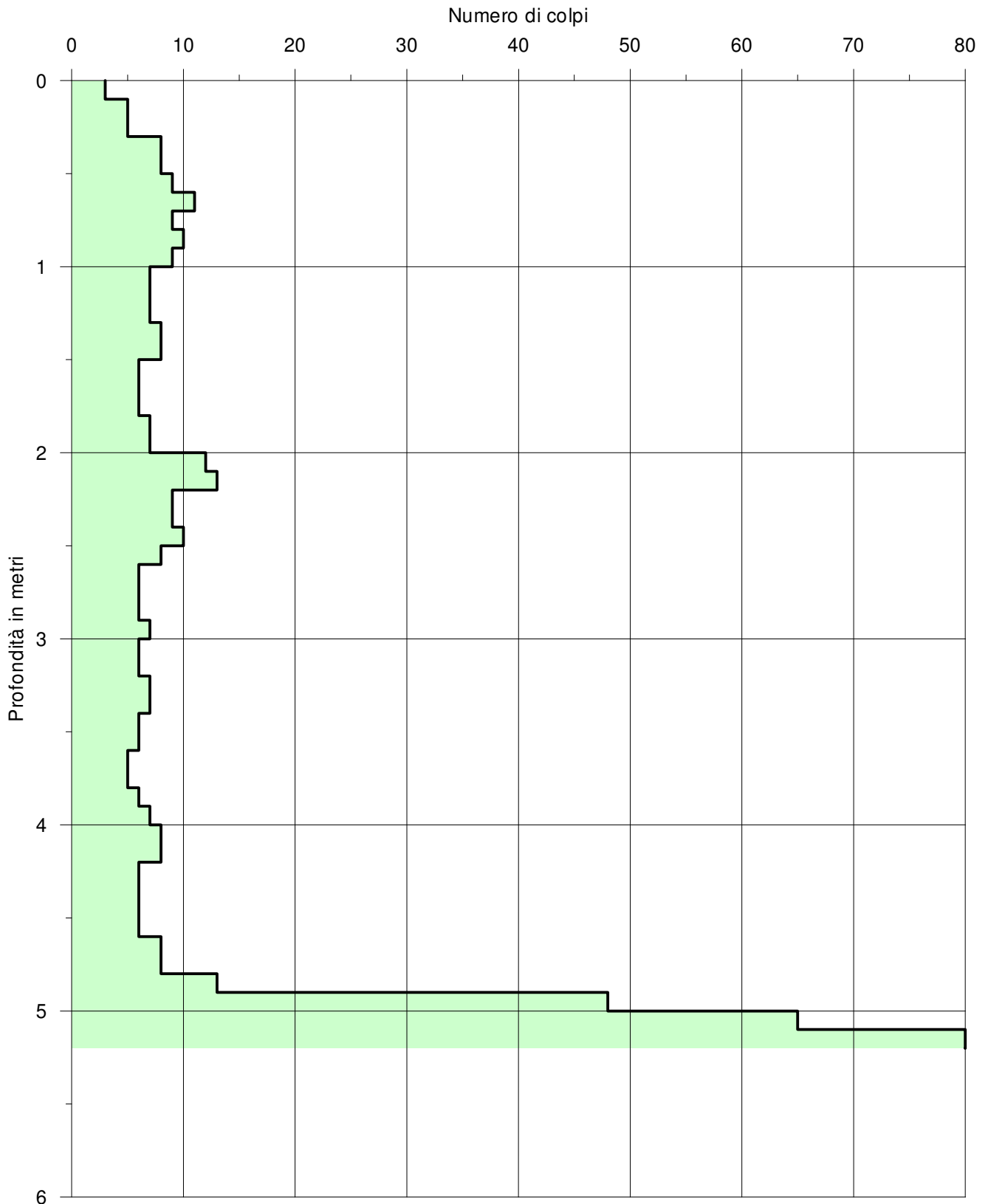
Data: *Luglio 2020*

**Fig. 1b**

# Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Lottizzazione "Scaravella 3" - Loc. Pontenure

**P3**



Data: *Luglio 2020*

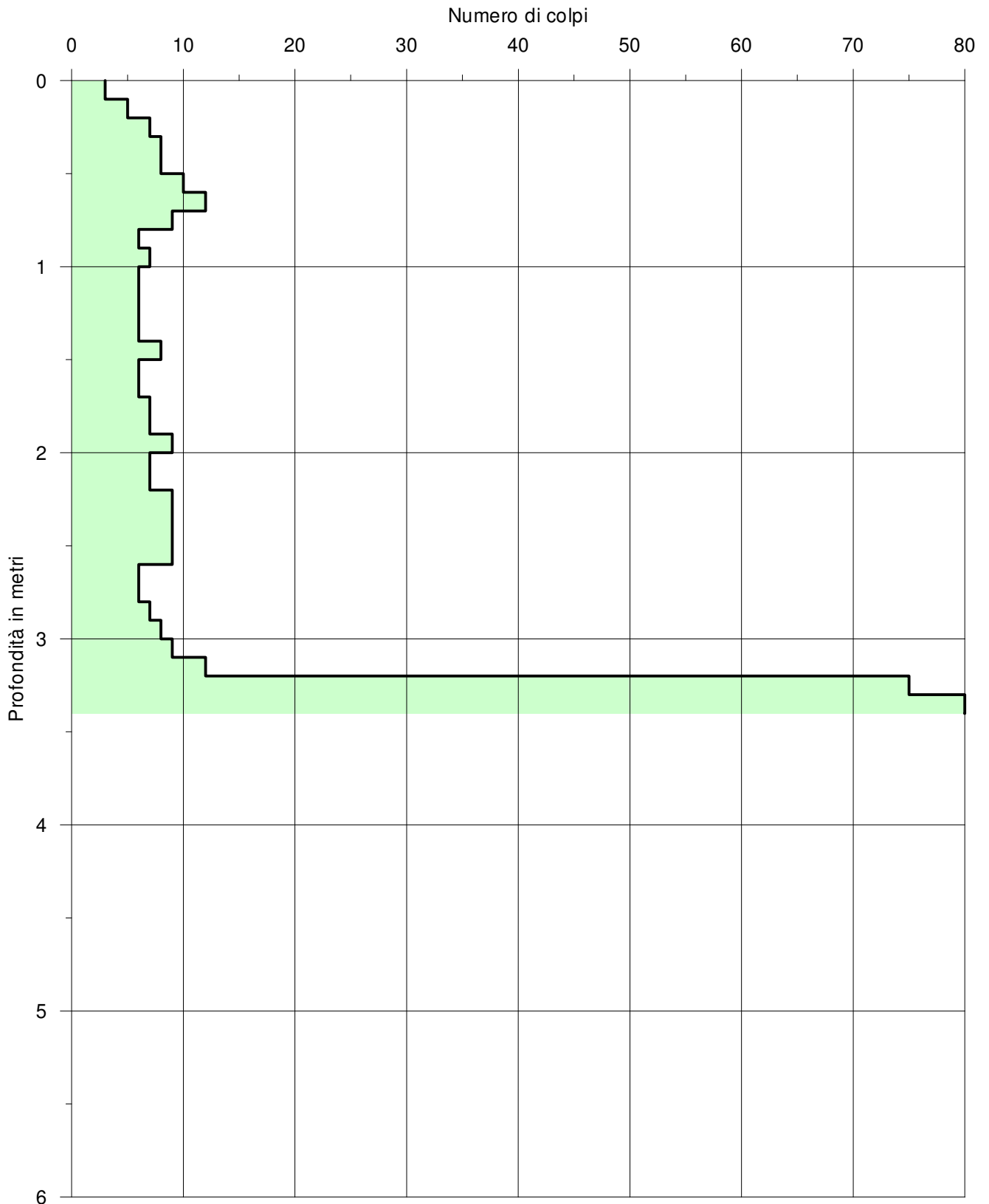
**Fig. 1c**



# Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Lottizzazione "Scaravella 3" - Loc. Pontenure

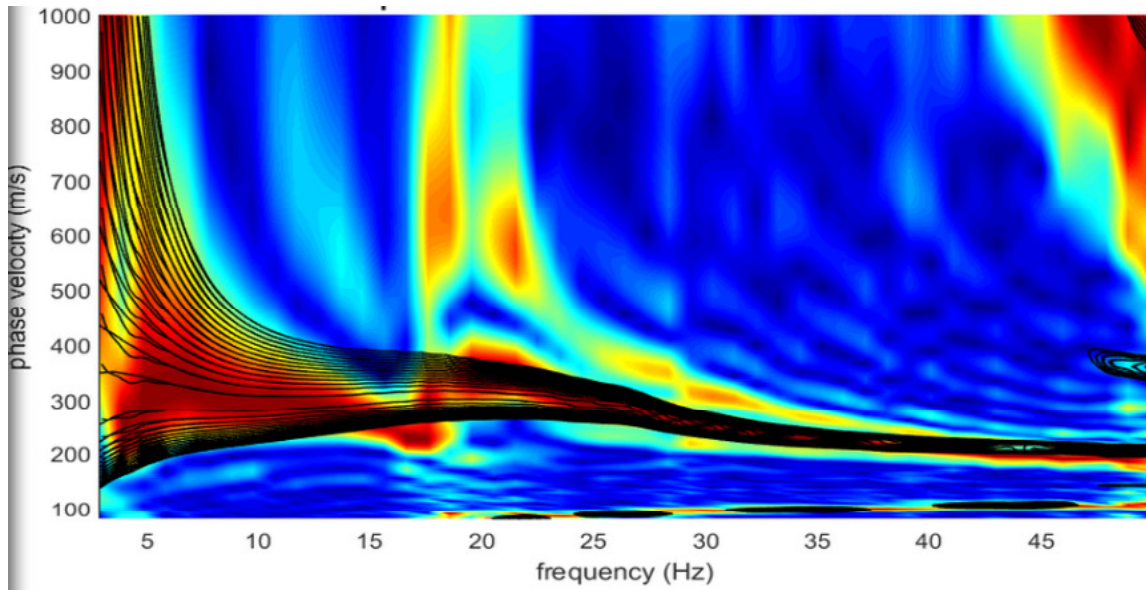
**P4**



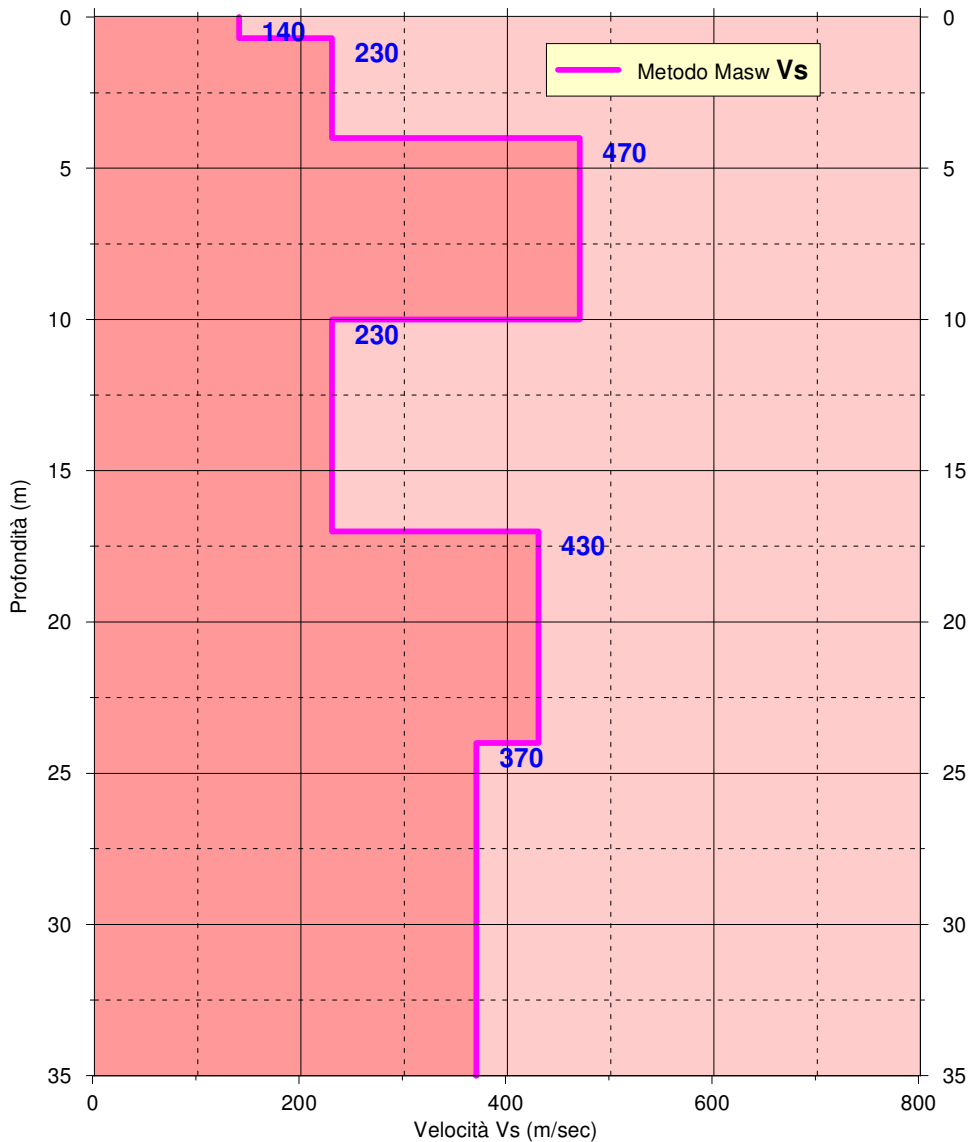
Data: *Luglio 2020*

**Fig. 1d**

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs

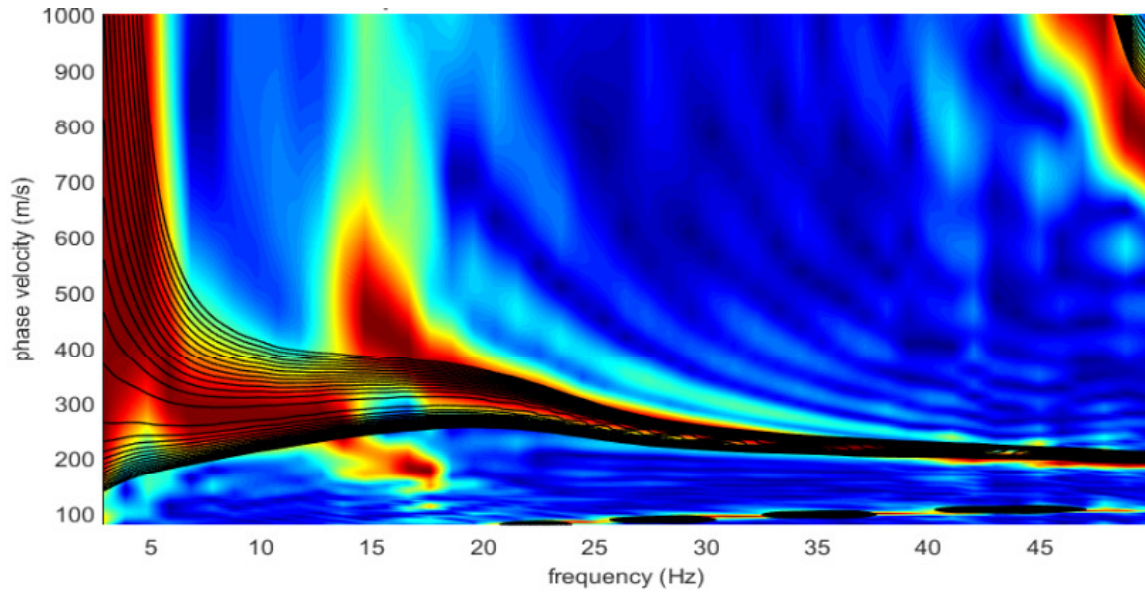


**$V_{s\_eq}$  (0-30 m) = 313 m/s**

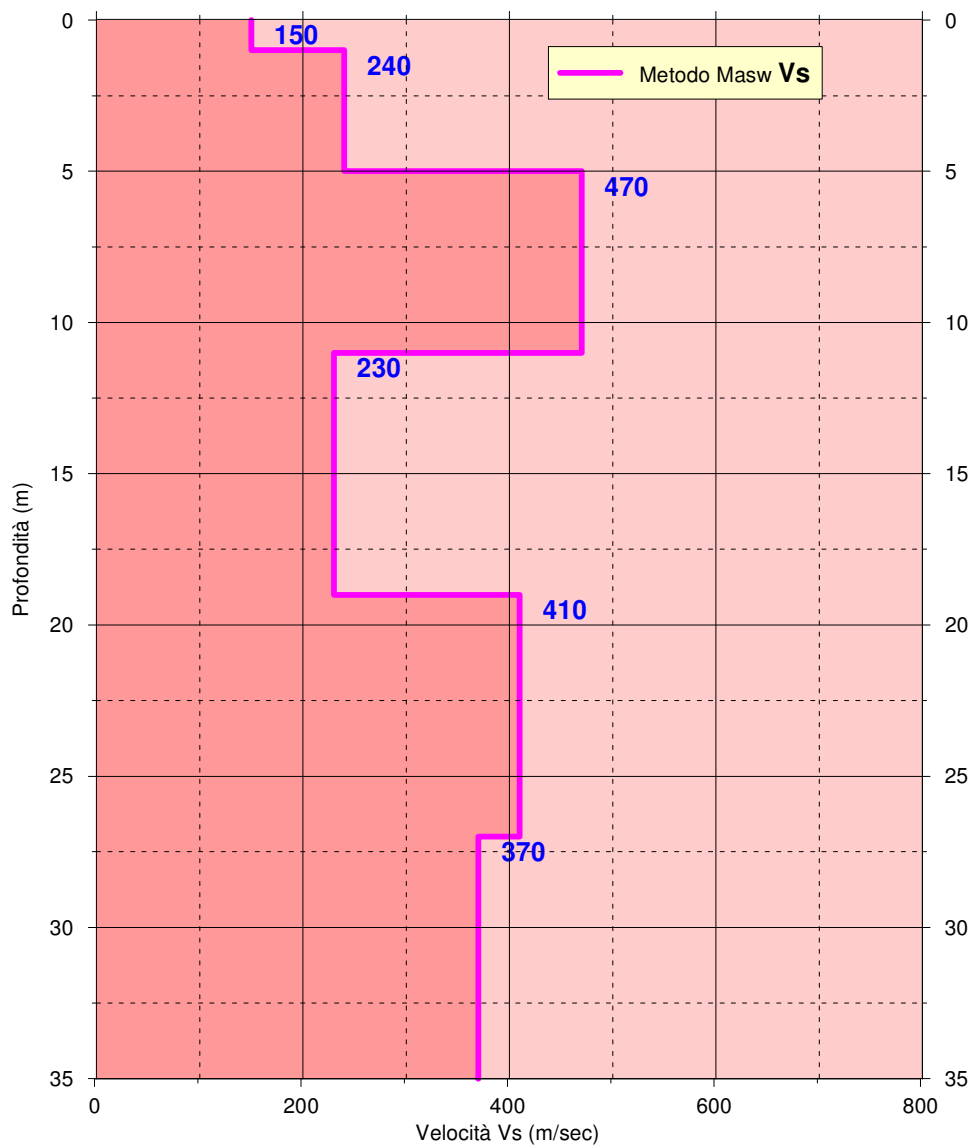
**SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"**

**Fig. 2a**

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs



**$V_{s\_eq}$  (0-30 m) = 305 m/s**

**SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "C"**

**Fig. 2b**