



di Carmignani e Seghieri

## COMUNE DI CASTELNUOVO GARFAGNANA

### RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(ai sensi del D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020 e relative Direttive Tecniche (Delibera n. 31 del 20-01-2020-Allegato A), della L.R. 41 del 24/07/2018, del P.A.I e P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale (Bacino del F. Serchio) ed ai sensi dello S.U. comunale vigente)

**Variante urbanistica al R.U. ai sensi della 65/2014 art. 238  
per la realizzazione di due R.S.A. 80+40 pl**

**via S.P. 72 per il passo delle Radici – loc. alle Monache**

Committente: 'SENECTUS s.r.l.  
Richiedente: NUMERIA S.G.R.

**dicembre 2020**

Dott. Geol. Andrea CARMIGNANI



**Studio Associato di Geologia di CARMIGNANI Andrea e SEGHERI Giorgio**

Sede legale : via Turati, 15/1 ALTOPASCIO ( LU ) P. IVA 01664030465

Uffici: via Savorniana, 3 – 51019 PONTE BUGGIANESE ( PT )

tel. e fax 0572-635589 cell. 335-5652208 e-mail [andreacarmignani@interfree.it](mailto:andreacarmignani@interfree.it)

---

# **COMUNE DI CASTELNUOVO GARFAGNANA**

**Variante urbanistica al R.U. ai sensi della 65/2014 art. 238  
per la realizzazione di due R.S.A. 80+40 pl**

**via S.P. 72 per il passo delle Radici – loc. alle Monache**

Committente: **'SENECTUS s.r.l.**

Richiedente: **NUMERIA S.G.R.**

## **RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

(ai sensi del D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020 e relative Direttive Tecniche (Delibera n. 31 del 20-01-2020-Allegato A), della L.R. 41 del 24/07/2018, del P.A.I e P.G.R.A. del Distretto Appennino Settentrionale (Bacino del F. Serchio) ed ai sensi dello S.U. comunale vigente)

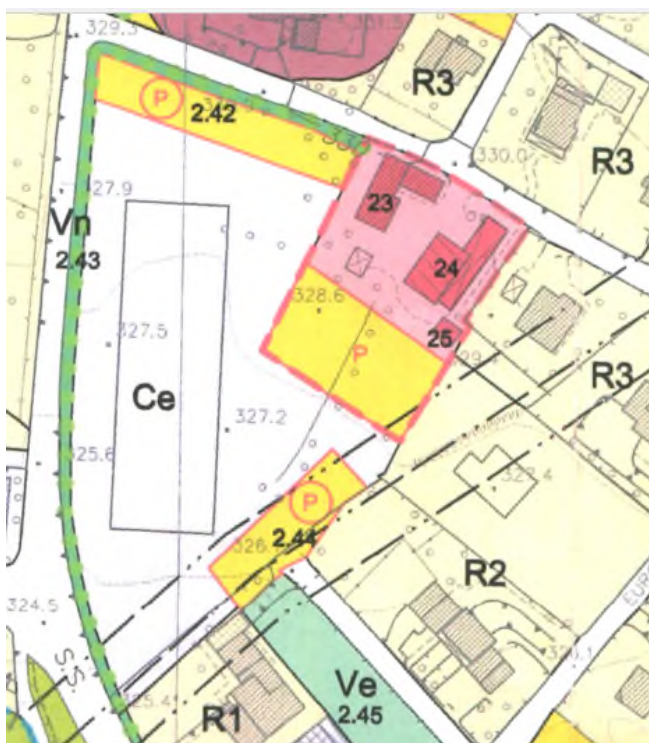
---

### **1 - PREMESSA**

Il presente rapporto espone i risultati di un'indagine geologica di approfondimento delle caratteristiche del territorio in cui si colloca una struttura edilizia in parte realizzata in ambito di previsione urbanistica come di seguito rappresentato, di cui è richiesta Variante al R.U. finalizzata alla sostituzione edilizia dell'edificio esistente articolato in un seminterrato, piano terra e piano primo a destinazione Commerciale, con la realizzazione di una struttura per R.S.A. composta da due unità per 80 e 40 posti letto ciascuna, articolata in seminterrato, piano terra, primo e secondo piano,

Si rimanda al progetto redatto dall'Arch. Valerio Baggiani per i dettagli ed i contenuti tipologici, volumetrici ed urbanistici connessi.

**R.U. VIGENTE**



**PROPOSTA PROGETTUALE**



---

L'attuale fase di predisposizione della Variante al R.U., si confronta con uno Strumento Urbanistico generale costituito dal Piano Strutturale e contestuale R.U. del 2011, che complessivamente caratterizzano il territorio comunale in ottemperanza della DGRT 53/R/2011, con specifiche carte di pericolosità e valutazione di fattibilità degli interventi urbanistici.

Nel periodo 2017 – 2019 si è infine sviluppata la procedura di adozione e poi di approvazione del Piano Strutturale Intercomunale dei Comuni della Garfagnana tra cui anche Castelnuovo Garfagnana, con riproposizione di carte di Quadro Conoscitivo e di pericolosità territoriale.

Unitamente a quanto sopra i territorio comunale è interessato anche dalle carte di Q.C. e Progetto del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del F. Serchio, poi confluite negli strumenti di P.A.I. e P.G.R.A. dell'Autorità di Distretto Appennino Settentrionale, le quali determinano un approfondito quadro conoscitivo e valutativo dell'assetto geomorfologico ed idraulico del territorio, comprendendo in tale contesto di riferimento anche i dati sismici delle indagini effettuate dalla Regione Toscana nell'ambito del progetto VEL di base allo sviluppo della microzonazione sismica di 1° livello.

Riferendosi alle norme regionali in tema di pianificazione relativamente alle indagini geologiche di supporto, l'Allegato A della Delibera n. 31 del 20-01-2020 “*Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche*” di cui alla D.P.G.R.T. 5/R del 30/01/2020, stabilisce la necessità di effettuare indagini specifiche ed approfondimenti geognostico-geofisici nei casi in cui si abbiano mutazioni della realtà conoscitiva e sostanziale del Q.C. di riferimento del sito e che quindi siano variate le condizioni di pericolosità del territorio cui confrontare gli impatti indotti dalla utilizzazione edificatoria prevista.

Dalla conoscenza dello stato dei terreni interessati dalla Variante al R.U. risulta che non vi sono state evoluzioni di incremento o diversificazione della pericolosità territoriale del sito, peraltro costituito da un'area stabile, a blanda pendenza, in assenza di rischio idraulico e in contesto sismicamente standard e senza peculiarità di criticità specifiche, e che quindi si può dare ***atto che non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento, relativamente agli aspetti geologico, idraulico e sismico, che mantengono la loro validità per sostenere la attuale Variante semplificata al R.U.***

In ogni caso, quale primo approccio alla caratterizzazione stratigrafico – geotecnica e sismica del sito oggetto di Variante, si sono effettuate indagini di primo approccio consistenti in due prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH ed uno stendimento geofisico Masw all'interno dell'area di attuale imposta della struttura parzialmente realizzata, che hanno permesso di incrementare lo stato di conoscenza specifico del sottosuolo in tale area e confermare, nello specifico dell'attuale sito, le caratterizzazioni sismiche relative alle Vs dei rifrattori del sottosuolo deducibili dalle altre prove VEL esistenti nell'area denominata Pian delle Monache.

---

Relativamente alle condizioni di impatto sul territorio da parte della destinazione urbanistica attuale (Ce – commerciale esistente) e di quanto proposto nella Variante finalizzata alla utilizzazione per R.S.A. delle volumetrie edilizie ammesse sull'area, non determina un incremento di incidenza della utilizzazione prevista nei confronti delle criticità geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche, lasciando pressochè immutato il rapporto tra l'utilizzazione edificatoria prevista e le peculiarità territoriale di imposta dell'intervento.

## **2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO**

L'area oggetto di indagine è situata nella zona blandamente pianeggiante del Piano delle Monache in sinistra idrografica del F. Serchio a Castelnuovo Garfagnana, lungo la S.P. 27 del Passo delle Radici, ad una quota di 325-328 m s.l.m., come appare dalla CTR 2k antecedente alla realizzazione dell'attuale struttura parzialmente edificata e che ha livellato la morfologia originaria di leggera pendenza da settentrione verso meridione, contestualmente all'andamento morfologico dell'intera zona per gran parte edificata ed urbanizzata (VEDI Corografia Generale in scala 1:5.000 allegata).

La zona di studio è situata nella parte centrale della Garfagnana, che si inquadra in un generale contesto morfologico montano, con ripidi versanti alternati a profonde valli in cui scorrono torrenti e fossi dotati di alta energia erosiva. Talora i pendii, nelle parti di minor pendenza e nei pressi degli insediamenti, risultano modellati secondo diverse serie di terrazzamenti antropici i quali di fatto diminuiscono la pendenza generale dell'area.

I versanti montani sono caratterizzati da valori di acclività accentuati a causa del ringiovanimento della morfologia avvenuto a seguito delle spinte tettoniche quaternarie, sino a risultare del tutto privi di copertura vegetazionale nei dirupi rocciosi di vetta dei rilievi di crinale, prodotti dalla dinamica crostale che ha determinato notevoli innalzamenti dei rilievi rispetto alle aree di pianura ed al reticolo idrografico, che ha subito un conseguente processo di rapido incassamento dei letti in cui scorrono i corsi di acqua. Tale evidenza viene avvalorata dai relitti residui di zone di alluvioni terrazzate poste anche a quote molto elevate rispetto agli attuali fondovalle, così come appare dalla carta Geologica in Appendice.

Alla base dei rilievi che delimitano la valle in cui scorre il F. Serchio, vi è la ampia pianura di fondovalle prodotta per evoluzione strutturale differenziale del compendio montuoso tra *alti* e *bassi* tettonici, che ha visto la impostazione di un ampio *graben* di deposizione lacustre e fluviale, articolato in zone differenziate da faglie dislocative di tipo Appenninico (quelle di limite orientale e occidentale) e di tipo anti appenninico (quelle che determinano i vari tronconi di bacino posti a quote differenziate tra loro e delimitati talora da strettoie morfologiche quali quella che chiude verso sud la pianura di Castelnuovo.

---

Il territorio di Castelnuovo si colloca nell'ambito della parte orientale della Garfagnana che rientra nell'ambito dell'Appennino Settentrionale, la cui evoluzione tettonica può essere riferita a tre fasi successive:

- a** – uno stile compressivo nel periodo *Cretaceo medio-Miocene sup.*, responsabile della sovrapposizione e della giustapposizione delle varie unità tettoniche riferibili a diversi domini paleogeografici;
- b** – uno stile distensivo dal tardo *Miocene al Pliocene inferiore*, con formazione di depressioni tettoniche delimitate da faglie dirette con direzione appenninica in cui si sono instaurati cicli deposizionali continentali;
- c** – uno stile di sollevamento differenziale nel *quaternario*, con movimenti relativi di innalzamento e localizzate depressioni, che ha creato l'attuale conformazione collinare, i terrazzamenti alluvionali e le profonde incisioni torrentizie.

Nello specifico della zona del Graben del F. Serchio, questo costituisce una finestra tettonica di affioramento delle formazioni mesozoiche e del loro raddoppio metamorfico sottostante, delimitata sul versante orientale da una serie di faglie distensive ad andamento Appenninico che delimitano la parte montana del territorio dalle conoidi di passaggio tra le zone in innalzamento tettonico ed il fondovalle del fiume principale in abbassamento.

La formazione geologica che caratterizza il basamento del fondovalle è costituita da arenarie quarzoso-feldspatiche, talora grossolanamente stratificate ed alternate ad arenarie fini e siltiti (mg) denominata “macigno” (di età *Oligocene medio-superiore/Oligocene superiore*) e che costituisce l'ultimo termine della Successione Toscana (Falda Toscana Auctt.).

Stratigraficamente al di sotto vi sono le litologie riferibili alla formazione geologica delle calcareniti a Nummuliti (calcareniti a calcilutiti Eocenico-Oligoceniche intercalate nella parte medio-alta della Scaglia Rossa Toscana), questa ultima costituita da argilliti rosse e marne varicolori di età Cretaceo inf. p.p. – Oligocene, estesamente affiorante in successione stratigrafica verso il basso.

Più ad Ovest rispetto al fondovalle del F. Serchio, sono presenti, dislocate lungo faglie, le litologie calcaree della successione mesozoica toscana (calcari massicci, selciferi, maiolica, dispri), il cui raddoppio e metamorfismo ha infine prodotto l'horst della serie dei marmi posta ancora più ad occidente.

Su tale strutturazione litologica di base si sono infine imposte le formazioni liguri alloctone che a lembi interessano il territorio con lembi dislocati e talora caoticizzati lungo le linee di sovrascorrimento e di faglia.

Relativamente all'area di Castelnuovo Garfagnana, il fondovalle del F. Serchio corrisponde al residuo dell'esteso invaso lacustre che ha determinato spessori rilevanti di sedimenti lacustri di tipo

---

argilloso alla base (con lignite) e di tipo ciottoloso conglomeratico nella sua parte superiore, messi in luce dei sondaggi profondi eseguiti nella zona, per svariate decine di metri di spessore.

Le formazioni fluvio-lacustri rilevate all'interno dell'area di base della Garfagnana vengono fatte risalire a due formazioni geologiche distinte di cui quella inferiore denominata ARGILLE SABBIE E CONGLOMERATI DI FORNACI DI BARGA (arg – AFB) - argille grigie ed argille sabbiose con intercalazioni di conglomerati sabbiosi e sabbie in matrice argillo sabbiosa; le argille contengono frequenti resti vegetali e livelli di lignite (età: Pliocene medio sup. – Villafranchiano)

Al di sopra vi sono i CONGLOMERATI DI BARGA (cg – PLB) costituiti da conglomerati polimitici localmente cementati e conglomerati sabbioso-argillosi di età villafranchiana.

Si richiama a tal proposito il sondaggio eseguito presso il plesso scolastico I.T.C. Campedelli in destra idrografica del F. Serchio che si è sviluppato sino a 84 m all'interno di tali materiali, evidenziando la prevalenza di terreni granulari di colore marrone alternati a sabbie argillose in subordine sino a ca. 25-30 m dal p.c., a cui fanno seguito materiali fini argilloso-sabbiosi e limosi prevalenti sui livelli sporadici di ghiaie, di colore grigio e riferibili alla formazione delle argille di Barga sottostanti.

In parallelo, sul lato opposto della valle ed in corrispondenza del Piano delle Monache (sondaggio VEL presso l'asilo nido) si ha una successione stratigrafica costituita da 17-18 m di terreni sabbioso limosi con ghiaie marroni, seguiti da depositi argilloso sabbiosi grigi con frammenti di lignite e conchiglie sino a ca. 30 m e da sabbie argillose con intercalazioni ghiaiose grigie sino a 40 m dal p.c.

Al di sopra di tali materiali di origine lacustre villafranchiana, in graduale passaggio litologicamente di difficile differenziazione per analogia di sedimenti, vi sono infine le alluvioni recenti ed attuali grossolane del F. Serchio (area del fondovalle) o i depositi alluvionali terrazzati delle aree morfologicamente rialzate rispetto al fiume (zona del Piano delle Monache), che si sono prodotte per divagazione dei flussi idrici del corso di acqua primario e dei suoi affluenti laterali.

Facendo riferimento alle carte geologiche e geomorfologiche allegate in Appendice, il sito di attuale studio è caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati antichi (bn2) posti al di sopra di un substrato arenaceo della formazione “macigno” (MAC) affiorante alla base della scarpata che delimita l'area di Piani alle Monache dal fondovalle del F. Serchio – linea ferroviaria per Aulla – Cartiera di Castelnuovo.

Riferendosi all'assetto geomorfologico, le suddette carte confermano la natura stabile del sito determinato da una spianata fluviale terrazzata con leggera pendenza verso SW ed in assenza di segni o corpi di accumuli o processi evolutivi di versante, sia riferiti a movimenti di massa, che di dilavamento ed erosione da parte delle acque di ruscellamento, anche grazie all'avvenuta urbanizzazione della zona e regolazione dei flussi dal reticolo fognari delle viabilità esistenti.

---

La carta litotecnica di caratterizzazione complessiva dell'area comunale del P.S. definisce per la zona del Piano delle Monache una unità litologico-tecnica in classe C2 attinente a *depositi ghiaiosi, sabbiosi e di breccie con medio grado di cementazione*. La omologa carta del P.S.I. classifica il sito nella classe GM: *ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia ed argilla*.

#### **4 - IDROGEOLOGIA**

La estesa pianura di fondovalle del F. Serchio è costituita da materiali grossolani che rappresentano un importante acquifero in diretto collegamento ai flussi idrici nel fiume e che risente direttamente di tale livello di alimentazione – drenaggio delle acque di sottosuolo presenti nel subalveo e nelle aree alluvionali contigue all'alveo principale.

L'area di Castelnuovo edificata all'altezza del corso di acqua (zona della cartiera e della linea ferroviaria) è posta alla chiusura di valle dell'area di deposizione alluvionale del F. Serchio, rappresentando quindi area di “accumulo” dei flussi ipogei che vedono ridursi le geometrie di acquifero rispetto alle spalle litiche della morfologia della valle. I flussi di falda avvengono all'interno del materasso ciottoloso con sabbia presente per molti metri al di sotto del p.c. e direttamente collegati in entità e quota alle acque di scorrimento in alveo.

Relativamente invece alle aree rialzate quali quella del Piano delle Monache posta a ca. 40-50 m più in alto rispetto al fiume, la circolazione idrica è connessa ai ravvenamenti dalle aree di monte e drenata dai corsi di acqua incisi in impluvi che scendono da NE verso SW, mantenendo generalmente basso il livello freatico nel sottosuolo, relegato a flussi nei livelli più granulari e ghiaiosi presenti alternati ai depositi argilloso sabbiosi poco permeabili.

Nell'ambito delle prove effettuate in questa sede e spintesi sino alla profondità di 5 m dal p.c., le aste penetrometriche si sono sempre rilevate asciutte al loro recupero a prove terminate.

Riferendosi alla Carta idrogeologica del PS comunale, la zona viene indicata essere a media vulnerabilità in ambito di rete acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista sciolti o parzialmente cementati, al di fuori di qualsiasi interferenza potenziale con punti di captazione per approvvigionamento idrico per uso acquedottistico.

Analoga condizione di media pericolosità (classe IIi) viene riproposta dalla carta idrogeologica del P.S.I.

#### **5 - IDROLOGIA SUPERFICIALE E RISCHIO IDRAULICO**

Il terreno di intervento è posto in un contesto edificato ed urbanizzato di Castelnuovo nell'ambito di una spianata terrazzata posta ad alcune decine di metri rialzata rispetto al corso di acqua del F. Serchio e dei suoi affluenti minori provenienti dai rilievi ad oriente e costituenti approvvigionamenti in sinistra idrografica dell'asta fluviale principale.

---

Il reticolo idrografico del territorio in senso generale è costituito da corsi di acqua minori che drenano le acque, collegandosi anche al sistema fognario, verso SW ed il suddetto corso di acqua principale, ricettore unico dei flussi idrici secondari provenienti dai versanti laterali.

Relativamente alle condizioni di rischio idraulico, si fa riferimento alle carte del RU, PS comunali e P.S.I. intercomunale e dell'Autorità di bacino del F. Serchio, 1° e 2° aggiornamento del PAI, da cui complessivamente risulta che il terreno di intervento è privo di rischio idraulico ed al di fuori delle aree potenzialmente allagabili, con classe di pericolosità bassa I.1 (P.S. e P.S.I.).

La carta del P.G.R.A. del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale, identifica per il sito una condizione esterna rispetto alle classi di pericolosità per alluvionamento e per fenomeni di flash flood, determinando una situazione di sicurezza nei confronti delle dinamiche attinenti le acque, del tutto assenti.

## **6 - VALUTAZIONE DI PERICOLOSITA' TERRITORIALE**

**Il P.S. comunale approvato nel 2011**, definisce le seguenti condizioni di pericolosità:

- geologica – pericolosità bassa – G.1
- idraulica – pericolosità bassa – I.1
- sismica – pericolosità elevata – S.3 da Z.M.P.S.L.

**Il P.S.I. intercomunale approvato nel 2019**, definisce le seguenti condizioni di pericolosità:

- geologica – pericolosità bassa – G.1
- sismica – pericolosità sismica locale elevata – S.3
- idraulica - pericolosità bassa - I.1
- idrogeologia – carta delle problematiche idrogeologiche – vulnerabilità media III
- Il **P.G.R.A.** identifica per la zona la condizione di assenza di pericolosità per alluvioni e per flash flood.
- Il **P.A.I.** Autorità di Bacino del F. Serchio individua l'area esterna alle determinazioni della carta della franosità e della carta di riferimento per le norme di Piano
- Il **P.A.I.** dell'Autorità di Distretto Idrografico indica per il sito una condizione di pericolosità bassa con propensione P1



---

## **7 - CARATTERIZZAZIONE GEOGNOSTICO-GEOTECNICA DEL SITO**

### **7.1 - Indagini geognostiche**

E' stata programmata ed eseguita una campagna geognostica che si è articolata mediante l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti ( *DPSH* ) nei pressi delle strutture esistenti, così come è rappresentato nella carta di UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE in scala 1:1.000.

L'attrezzatura utilizzata è un penetrometro abilitato ad eseguire sia prove statiche che dinamiche, modello TG 63-200 prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT.

La **prova penetrometrica dinamica continua DPSH-ISSMFE** consiste nella infissione, mediante una massa battente, di una batteria di aste munita all'estremità di una punta conica e nella registrazione del numero di colpi ( $N_{20}$ ) necessari all'approfondimento di tratti consecutivi di 20 cm della prova; le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata sono le seguenti:

- |  |         |
|--|---------|
| - peso del maglio                      | 63,5 Kg |
| - altezza di caduta                    | 75 cm   |
| - diametro della punta conica          | 5,05 cm |
| - angolo al vertice della punta conica | 60°     |

I risultati delle prove effettuate, forniti in ALLEGATO, hanno consentito di elaborare il grafico del numero di colpi ( $N_{20}$ ) registrati durante la infissione della punta e di ricavare da essi il corrispondente valore di  $N_{SPT}$  da utilizzare poi nella caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo secondo abachi e formule esistenti in letteratura, mediante la seguente relazione:

$$N_{SPT} = N_{30} = 1,5 N_{20}$$

La interpretazione dei dati rilevati ha permesso poi la realizzazione di una sezione di correlazione tra le due verticali così come rappresentato nella CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO – GEOTECNICA in scala 1:100.

In tale contesto si è inoltre fatto riferimento alle già citate indagini reperibili in letteratura sull'area di Castelnuovo ed in particolare anche alla interpretazione di uno stendimento geofisico molto prossimo all'area di indagine (basatosi anche sui risultati di un sondaggio profondo) che ha confermato la ricostruzione effettuata dalla prova MASW eseguita in questa sede.

### **7.2 - Stratigrafia**

Sulla base dei dati derivanti dalla campagna di indagini geognostiche effettuata si sono distinti i seguenti orizzonti litologici:

- **LIVELLO I**

**terreni misti ghiaiosi e con matrice in parte rimaneggiati ed addensati** (  $N_{SPT} = 15 - 20$  colpi/<sub>30cm</sub> ), presente sino alla profondità di 1.20-1.40 m dal p.c. comprendono la parte superiore riaddensata dei materiali di livellamento dell'area per la realizzazione della struttura esistente e che hanno modificato la superficie originaria dell'appezzamento per renderla fruibile agli scopi edilizi intrapresi

- **LIVELLO II**

**limi sabbiosi ed argillosi di mediocre consistenza** (  $N_{SPT} = 3 - 6$  colpi/<sub>30cm</sub> ), presente fino alla profondità di 2.0-3.0 m rispetto alla quota di inizio indagine e con spessore in incremento da settentrione verso meridione, costituisce livello scadente rispetto alla generale buona compattezza del sottosuolo indagato, in cui si associano sedimenti fini poco consolidati

- **LIVELLO III**

**sabbie argillose addensate con ghiaie associate** (  $N_{SPT} = 20 - 25$  colpi/<sub>30cm</sub> ), presenti fino alla profondità di 3.5-4.0 m rispetto alla quota di inizio indagine, costituiscono passaggio tra i sopra descritti materiali compressibili ai sottostanti materiali addensati

- **LIVELLO IV**

**ghiaie in scarsa matrice sabbiosa ed argillosa molto addensata** (  $N_{SPT} = 45 - >75$  colpi/<sub>30cm</sub> ), sono presenti a partire dalla profondità di 3.5-4.0 m dal p.c. e costituiscono il banco sedimentario molto addensato e compatto in cui si è avuto il rifiuto alla ulteriore penetrazione dinamica delle prove

### 7.3 - Caratterizzazione geotecnica

Sulla base delle correlazioni empiriche e semi empiriche proposte dalla letteratura specializzata, unitamente alle conoscenze delle indagini geognostiche di sondaggi eseguiti nella zona e citati in precedenza, si sono attribuiti i seguenti parametri geotecnici, riferendosi alla resistenza a taglio in termini drenati per la tipologia di materiali presenti nel sottosuolo. In particolare si ha:

<b>I</b>	$N_{SPT} = 15-20$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 31^\circ - 32^\circ$	$\gamma' = 18.5 \text{ kN/mc}$
<b>II</b>	$N_{SPT} = 3-6$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 25^\circ - 27^\circ$	$\gamma' = 18.0 \text{ kN/mc}$
<b>III</b>	$N_{SPT} = 20-25$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 32^\circ - 33^\circ$	$\gamma' = 19.5 \text{ kN/mc}$
<b>IV</b>	$N_{SPT} = 45>75$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 36^\circ - 40^\circ$	$\gamma' = 20.0 \text{ kN/mc}$

---

$c' = \text{coesione drenata relativa alla assunzione di comportamento attritivo del materiale caratterizzato}$

$\varphi' = \text{angolo di attrito drenato relativo alla assunzione di comportamento attritivo del materiale caratterizzato}$

$\gamma = \text{peso di volume}$

## **8 - ASPETTI SISMICI**

Nella classificazione sismica della Regione Toscana (**O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.06, Del.G.R.T. 421 del 26.05.2014, Del.G.R.T. 878 del 08.10.2012**) il Comune di Castelnuovo Garfagnana in cui si inquadra l'intervento in oggetto si colloca in zona **2**.

Per la determinazione della categoria di suolo di fondazione, è stato realizzato un accertamento in situ tramite *indagine sismica con tipologia MASW* eseguito all'interno dell'area di studio, come risulta dalla **UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE** in scala 1:1.000.

### PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

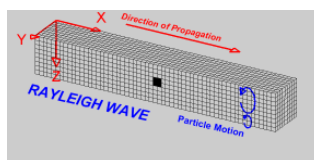
L'indagine MASW è stata effettuata per la caratterizzazione della velocità delle onde Sh dei terreni presenti, per determinare il parametro  $V_{Seq}$  necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17/01/2018).

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali. E' stato possibile, per ottimizzare l'interpretazione, riferirsi al locale assetto geolitologico-geotecnico.

### GENERALITÀ SUL METODO MASW

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in Onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di Rayleigh, le onde di Love e le onde di Lamb.

Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.

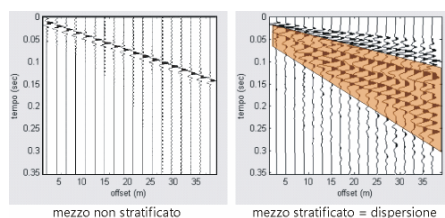


Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di  $\lambda/2\pi$ . L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di  $r$ , e non con  $r$  come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella

delle onde di taglio.

In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè dispersione, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di  $\lambda/2$  circa.



Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la  $V_s$  è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione.

Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz).

La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona  $\lambda_{max}$ , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile.

E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione è necessaria l'assunzione

di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità.

La procedura di inversione utilizzata dal software winMASW è legata agli “algoritmi genetici”, il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana.

E’ estremamente utile, per una interpretazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una “modellazione diretta” di ausilio a un corretto “picking” della curva di dispersione.

#### ATTREZZATURA E METODOLOGIE IMPIEGATE

L’attrezzatura AMBROGEO “ECHO 12-24/2002 Sismic Unit” utilizzata ha le seguenti caratteristiche:

. numero di canali: 24 . sampler interval: 0,296 msec . A/D conversion: 16 bit . input impedance: 1KOhm . Gain: 10 dB – 100 dB (step 1 dB) . saturation tension: +/- 2,3 V . saturation level: 100 dB . distorsion: 0,01%	. sampler: 25 msec (191 punti) 50 msec (383 punti) 100 msec (756 punti) 200 msec (1530 punti) 400 msec (3060 punti) 1000 msec (7560 punti) . sampling: 130 microsec . filter low pass: 50/950 Hz, step 1 Hz	. digital filter low pass: 1000-50 . digital filter high pass: 0-250 . frequency response: 7-950 Hz, filter at 950 Hz . dynamic range: 93 dB . noise: 0,66 uV RMS, gain = 55 dB . crosstalk: 52 dB, gain = 55 dB . power: 12 V.
--	---	---

Il software di acquisizione dati è “ECHO 12-24” vers. 7.00. L’attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spazati a 5 m, con connettori cannon, montati su rullo, geofoni “Geospace” a 4,5 Hz, cannoncino per cartucce industriali, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, geofono starter, cavo trigger da 200 m montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo MASW in oggetto ha le seguenti caratteristiche:

- n. geofoni: 12
- spaziatura fra i geofoni: 2,0 m
- n. shots: sono state effettuate n. 3 rilevazioni, impiegando esclusivamente la mazza di battuta, a distanza di 8, 9 e 10 metri dalla linea geofonica.
- tempo di acquisizione : 1.000 msec.

Il profilo è assimilabile ad orizzontale, in quanto i dislivelli massimi lungo lo stendimento non sono significativi.

#### INTERPRETAZIONE DEI DATI

Per il processo di interpretazione è stata utilizzata la curva di dispersione relativa allo “shot” posto a offset di 10 m dalla linea geofonica.

Per l’interpretazione dei dati è stato impiegato il software winMASW. Tale programma è in grado di operare sui records in formato SGY prodotti dalla strumentazione Ambrogeo secondo la procedura specifica descritta nel capitolo introduttivo. Come già accennato, per la verifica attraverso la modellazione diretta, ci si è basati anche sul contesto geolitologico locale e sulle indagini geognostiche effettuate. I diagrammi ed il report relativi al procedimento di elaborazione sono allegati alla presente relazione. Sono stati individuati 4 strati a differente velocità Vsh:

strato	1	2	3	4
VSh (m/sec)	311	467	689	1.000
spessore (m)	6.0	7.4	4.3	

Nell'ambito del contesto litostratigrafico in oggetto, le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle **NTC 2018**, e si può quindi fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente Tab. 3.2.II:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

---

Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Con i dati ottenuti, tenendo conto che a partire dalla profondità di 17-18 m si hanno rifrattori con  $V_s > 800$ , la  $V_{S,eq}$  relativa al comportamento dei materiali al di sopra di tale quota risulta di:

$$V_{S,eq} = 428-430 \text{ m/s corrispondente ad una categoria di suolo "B"}$$

I dati di prove down hole e sismiche a rifrazione del sito della indagine VEL poco distante, confermano nel complesso tale ricostruzione geofisica del sito di indagine attuale; analogamente escluse appaiono condizioni di contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo che possano ingenerare risposte sismiche critiche nei confronti di una utilizzazione edificatoria quale quella oggetto della proposta di Variante al RU

## **9 –PERICOLOSITA' E FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO DI Variante (DCRT 5/20)**

Alla luce delle valutazioni espresse relativamente alla caratterizzazione del sito dalle carte di riferimento e dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area oggetto di Variante al R.U. ed utilizzando i criteri della D.C.R.T. 5/2020 vigente, si ritiene di attribuire la seguente caratterizzazione di pericolosità, determinando le seguenti classi analoghe alle condizioni di pericolosità tracciate dal P.S. – P.S.I. ed in particolare:

- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ✓ pericolosità <b>geologica media</b> | <b>G.2</b> |
| ✓ pericolosità <b>idraulica bassa</b> | <b>I.1</b> |
| ✓ pericolosità <b>sismica media</b>   | <b>S.3</b> |

I criteri di fattibilità contenuti nella DGRT 5/R/20 per le tre diverse situazioni di rapporto tra pericolosità dei siti e la loro utilizzazione ai fini edificatori sanciscono quanto segue:

### **3.2.3 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti geologici**

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità geologica media G.2 le condizioni di attuazione sono indicate in funzione delle specifiche indagini da eseguirsi a livello edificatorio al fine di non modificare negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici presenti nell'area.

**In particolare si sottolinea la necessità di eseguire approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo, il tutto nell'ambito delle indagini**

---

geognostiche e geofisiche a livello di progetto esecutivo, ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009 sulle costruzioni.

### **3.3. Criteri generali di fattibilità in relazione al rischio di alluvioni**

Nelle aree caratterizzate da pericolosità per alluvioni frequenti e poco frequenti la fattibilità degli interventi è perseguita secondo quanto disposto dalla l.r. 41/2018, oltre a quanto già previsto dalla pianificazione di bacino.

La fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio di alluvioni rispetto allo scenario per alluvioni poco frequenti, con opere idrauliche, opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale, ai sensi dell'articolo 8, comma 1 della l.r.41/2018.

.....

La normativa detta direttive e prescrizioni solamente per le zone classificate in pericolosità idraulica da PGRA (rimandando e coordinandosi alla LRT 41/2018) e quindi non determina condizioni per i terreni riconosciuti in sicurezza idraulica.

### **3.6 Criteri generali di fattibilità in relazione agli aspetti sismici**

**3.6.3.** Nelle aree caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S3), in sede di piano attuativo o, in sua assenza, dei progetti edilizi, sono da studiare e approfondire i seguenti aspetti:

- per i terreni potenzialmente soggetti a liquefazione dinamica sono effettuati indagini geognostiche e verifiche geotecniche per il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla liquefazione dei terreni e della distribuzione areale dell'Indice del potenziale di liquefazione (LPI), così come indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione" – LIQ, approvate con la deliberazione della Giunta regionale 23 febbraio 2015 , n.144 (Redazione delle specifiche tecniche regionali per la Microzonazione sismica). Tali valutazioni sono finalizzate alla individuazione della "zona di suscettibilità a liquefazione - ZSLQ" e della "zona di rispetto a liquefazione – ZRLQ";
- nel caso di terreni di fondazione particolarmente scadenti, sono effettuate adeguate indagini geognostiche e verifiche geotecniche finalizzate alle verifiche dei cedimenti;
- in presenza di zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse è effettuata una campagna di indagini geofisiche di superficie che definisca geometrie e velocità sismiche dei litotipi, posti a contatto, al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica. E' opportuno che tale ricostruzione sia tarata mediante indagini geognostiche;
- nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locale, caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido o entro le coperture stesse entro alcune decine di metri, sono raccolti i dati bibliografici oppure è effettuata una specifica campagna di indagini geofisiche (quali, ad esempio, profili sismici a riflessione o rifrazione, prove sismiche in foro e, ove risultino significative, profili MASW) e geognostiche (quali, ad esempio, pozzi o sondaggi, preferibilmente a carotaggio continuo) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti per valutare l'entità del (o dei) contrasti di rigidità sismica tra coperture e bedrock sismico o entro le coperture stesse. Nelle zone di bordo della valle è preferibile l'utilizzo di prove geofisiche di superficie capaci di effettuare una ricostruzione bidimensionale del sottosuolo, quale quella sismica a rifrazione o riflessione.
- nel caso di zone di instabilità di versante quiescente e relativa zona di evoluzione sono realizzati studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche, secondo quanto definito al paragrafo 3.1.1, tenendo conto anche dell'azione sismica e in coerenza con quanto indicato nelle "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte" - FR, emanate dalla Commissione Nazionale per la Microzonazione Sismica e recepite all'interno delle specifiche tecniche regionali di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010.

Nell'ambito dell'area caratterizzata a pericolosità sismica locale elevata (S3), la valutazione dell'azione sismica (NTC 2018, paragrafo 3.2), da parte del progettista, è supportata da specifiche analisi di risposta sismica locale (in conformità NTC 2018, paragrafo 3.2.2 e paragrafo 7.11.3), da condurre in fase di progettazione, nei seguenti casi:



- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

**3.6.4.** Per le aree caratterizzate dalla classe di pericolosità sismica locale elevata (S3), è necessario rispettare i seguenti **criteri**:

- per le aree individuate come zone di suscettibilità a liquefazione (ZSLQ) e di rispetto a liquefazione (ZRLQ), la fattibilità degli interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche delle condizioni di liquefazione dei terreni e, in funzione di tale analisi, alla realizzazione di interventi di riduzione della pericolosità sismica dei terreni (in conformità a NTC2018, punto 7.11.3.4);
- per le aree di instabilità di versante quiescenti, la fattibilità di interventi di nuova edificazione è subordinata all'esito delle verifiche di stabilità di versante e alla preventiva realizzazione, qualora necessario, degli interventi di messa in sicurezza individuati al paragrafo 3.1.1, lettera a). La fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente è subordinata a quanto indicato al paragrafo 3.1.1 punto b);
- la fattibilità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente, fatti salvi quelli che non incidono sulle parti strutturali degli edifici e fatti salvi gli interventi di riparazione o locali (NTC18, punto 8.4.3), è subordinata all'esecuzione di interventi di miglioramento o adeguamento sismico (in coerenza con le NTC 2018, punto 8.4).

Limitatamente alle aree di suscettibilità (ZSLQ) e rispetto alla liquefazione (ZRLQ), oltre agli interventi di miglioramento o adeguamento, la fattibilità è subordinata, in funzione dell'esito delle verifiche, anche ad interventi di riduzione della pericolosità (in conformità a NTC 2018, punto 7.11.3.4).

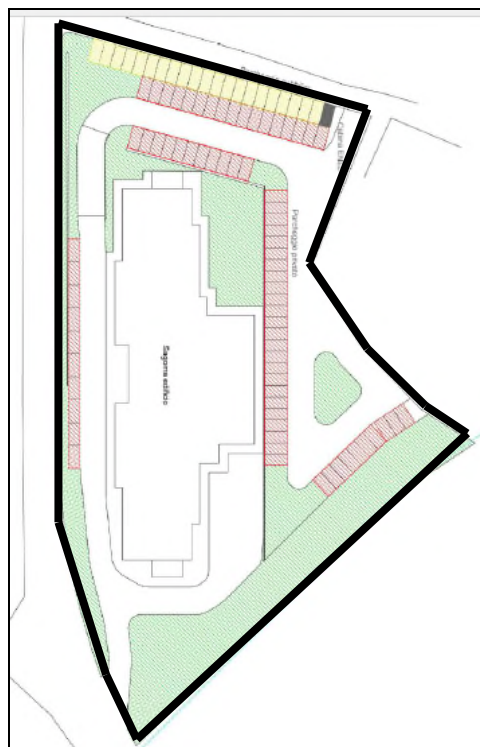
In ragione della tipologia di criticità territoriale in base alla quale è stata attribuita la classe di pericolosità sismica S.3 alla zona in cui si colloca l'area di Variante al RU, si sottolinea la necessità di eseguire, a supporto del progetto strutturale, approfondimenti geofisici e indagini di caratterizzazione geognostico - geotecnica del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009, relativamente alla classe di indagine 4 in cui ricadrà la struttura edilizia ai sensi dell'art. 7 di questa ultima, con riferimento alla necessità di esecuzione di un accertamento down hole in foro ed alla rilevazione di sismica passiva HVSR, di base alla redazione di una analisi di RSL come sopra indicato essere richiesta dall'art. 3.6.3. della DGRT 5/R/20, assimilando l'intervento di progetto alla stessa rilevanza di quelli citati nella norma regionale:

- realizzazione o ampliamento di edifici strategici o rilevanti, ricadenti, nelle classe d'indagine 3 o 4, come definite dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014;
- realizzazione o ampliamento di edifici a destinazione residenziale, ricadenti in classe d'indagine 4, come definita dal regolamento di attuazione dell'articolo 181 della l.r.65/2014.

La sintesi rappresentativa delle condizioni di fattibilità dell'intervento di Variante possono ricondursi alle seguenti classi di fattibilità:

- |                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| ✓ fattibilità <b>geologica F.g.2</b> | <b>con normali vincoli</b>   |
| ✓ fattibilità <b>idraulica F.i.1</b> | <b>senza condizionamenti</b> |
| ✓ fattibilità <b>sismica F.s.3</b>   | <b>condizionata</b>          |

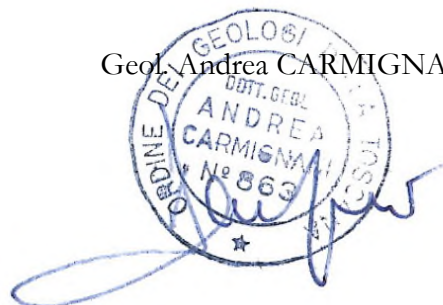
**F.g.2**  
**F.i.1**  
**F.s.3**



classi di fattibilità della Variante al R.U.

Altopascio, 07/12/2020

Geol. Andrea CARMIGNANI



---

TAVOLE:

COROGRAFIA GENERALE – scala 1:5.000

- CARTE DEL P.S. 2011

Carta geologica

carta geomorfologica

carta litotecnica

carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi

Carta della pericolosità geomorfologica

Carta delle Z.M.P.S.L.

Carta della pericolosità idraulica

Carta delle aree allagate

Carta della categoria di suolo – prove VEL di riferimento

- CARTE DEL P.S. intercomunale approvato 2019

Carta geologica e geomorfologica

Carta litologico – tecnica

Carta della pericolosità geologica

Carta della pericolosità sismica

Carta delle problematiche idrogeologiche

Carta dei battenti con Tr 200 anni

Carta della pericolosità idraulica

Carta della franosità del bacino del F. Serchio

Bacino Idrografico pilota del F. Serchio

Carta di riferimento delle norme di piano nel settore rischio idraulico – PAI 2° aggiornamento

Autorità di Distretto Idrografico Appennino Settentrionale

PGRA: Carta della pericolosità da alluvionamento e da flash flood

PAI: Carta della pericolosità da frane e processi geomorfologici

UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE – scala 1:1.000

CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA (sezioni in scala 1:100)

ALLEGATI:

-Tabulati e grafici prove penetrometriche dinamiche superpesanti D.P.S.H.

-Indagine MASW

# COROGRAFIA GENERALE

scala 1:5.000





**PAI** *Depositi antropici*

rp h5

**Depositi alluvionali attuali**  
Ghiaie eterometriche, sabbie e limi di composizione generalmente poligenica (b1)

all2	b
------	---

**Depositi detritici**  
*Accumuli di frammenti litici eterometrici, frequentemente monogenici, con matrice sabbiosa o sabbioso-limosa in quantità variabile; possono essere organizzati in falde (aa).*

dt aa

**Corpi di frana in evoluzione**  
*Accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali  
 litici in matrice limoso-argillosa e assetto scompaginato (a1a);  
 sono riconoscibili indizi di evoluzione in atto o molto recente*

fa 

**Corpi di frana senza indizi di evoluzione**  
 Accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali  
 litici in matrice limoso-argillosa e assetto scompaginato (a1b);  
 non sono riconoscibili indizi di evoluzione

$fq$   $a1q$

**Corpi di frana bonificate**  
*Accumuli generalmente eterogenei ed eterometrici di materiali litici in matrice limoso-argillosa e assetto scompaginato (a1b); gli interventi effettuati e collaudati permettono di considerare bonificato il dissesto*



**Depositi alluvionali terrazzati**  
*Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica (bn 1)*

all, all1, bn1

**Depositi alluvionali terrazzati antichi**  
 Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica, ghiaie monogeniche a ciottoli di arenaria Macigno in matrice sabbiosa, localmente prevalente, di colore rosso ocra in più ordini di terrazzi (bn2)

at, ct/mg bn2

**cg** **PLB** **CONGLOMERATI DI BARGA (PLB):** Conglomerati polimittici localmente cementati e conglomerati sabbiosi-argillosi. Età: Villafranchiano

**cg** **PLB** **CONGLOMERATI DI BARGA (PLB):** Conglomerati polimittici localmente cementati e conglomerati sabbiosi-argillosi. Età: Villafranchiano

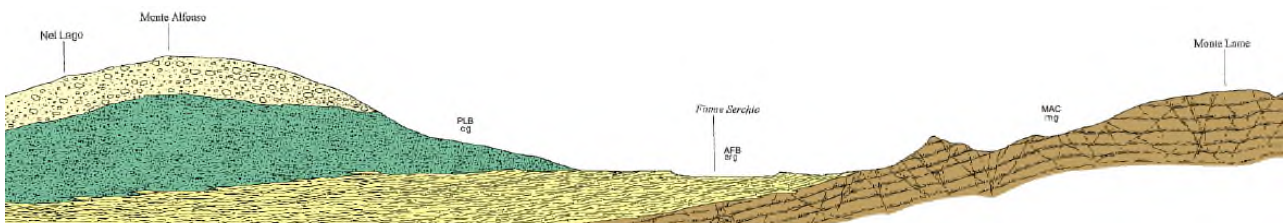
*arg* AFB

**MARNE DI MARMORETO (MMA):** Marne e marne calcaree e grigio verdi o verdi, a frattura scagliosa, a cui si intercalano strati sottili e medi di areniti, areniti manganesifere e siltiti; a luoghi possono essere presenti depositi in massa, con clasti di calcari silicei. Età: Oligocene sup. - Miocene inf.

**MARNE DI MARMORETO (MMA):** Marne e marne calcaree e grigio verdi o verdi, a frattura scagliosa, a cui si intercalano strati sottili e medi di areniti, areniti manganesifere e siltiti; a luoghi possono essere presenti depositi in massa, con clasti di calcari silicei. Età: Oligocene sup. - Miocene inf.

ol OMM

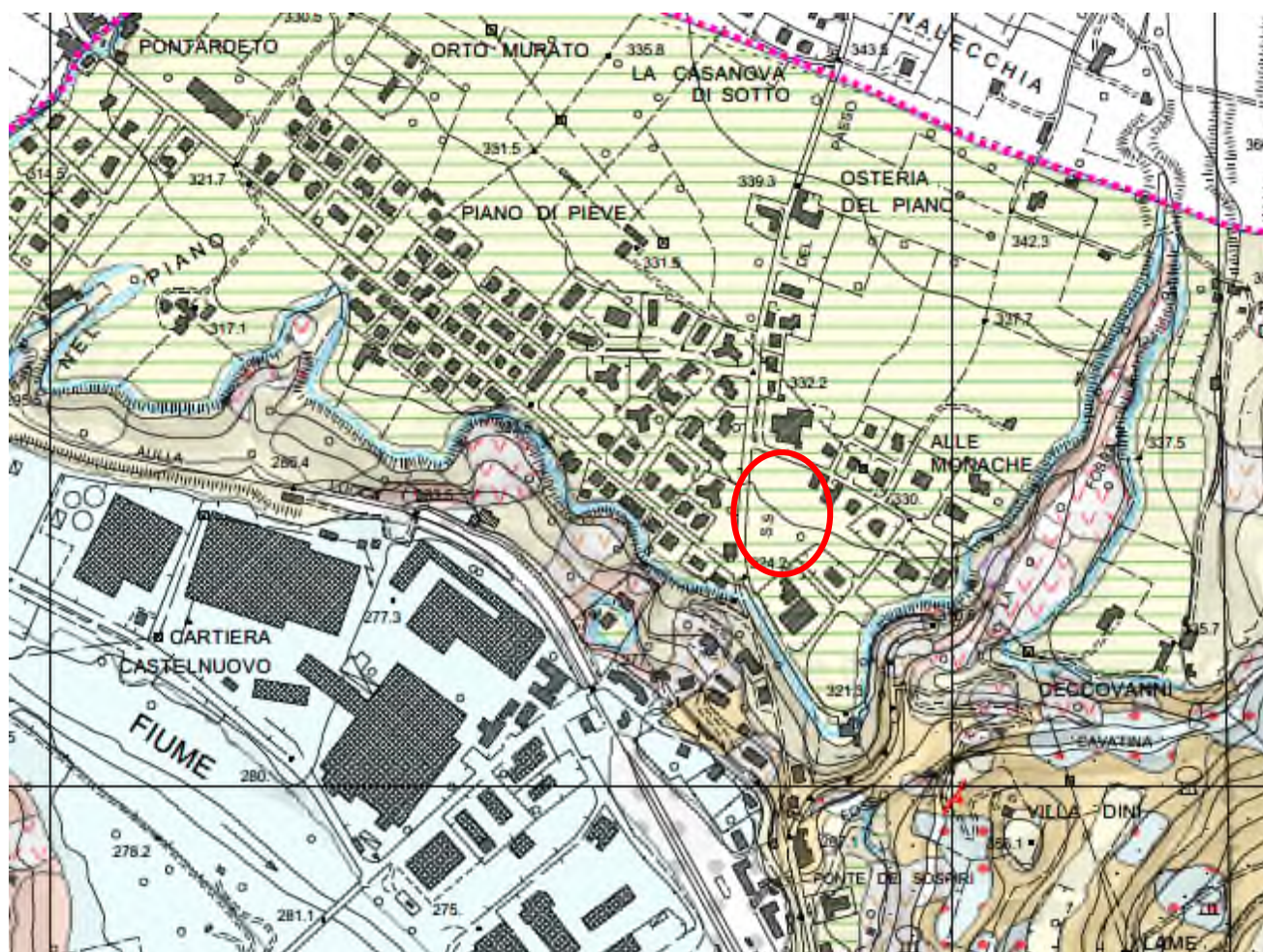
Diagram showing a red dashed line and a yellow box labeled "MAC".





# CARTA GEOMORFOLOGICA

## Piano Strutturale 2011



### CLASSI LITOGEO MORFOLOGICHE

- Depositi alluvionali
- Depositi terrazzati
- Sabbie, sabbie argillose e conglomerati neogenico-quadernari
- Argille e complessi caotici a dominante argillosa
- Rocce filladiche, scistose, argilliti ed argilloscisti
- Flysch arenacei, calcarei e calcareo-marnosi
- Rocce stratificate competenti
- Calcari cavernosi e brecce
- Calcari "massicci" e marmi
- Rocce magmatiche e metabrecce

### PROCESSI E FORME DI ORIGINE GRAVITATIVA

- Orlo di scarpata di frana attiva
- Orlo di scarpata di frana quiescente
- Frana di scorrimento attiva
- Frana di scorrimento quiescente
- Frana di scorrimento bonificata
- Deformazione Gravitativa Profonda di Versante
- Deposito di versante

### FORME DOVUTE AI PROCESSI FLUVIALI

- Conoide alluvionale
- Superficie di terrazzo
- Orlo di terrazzo

### DEPOSITI DI ORIGINE ANTROPICA

- Terreno di riporto

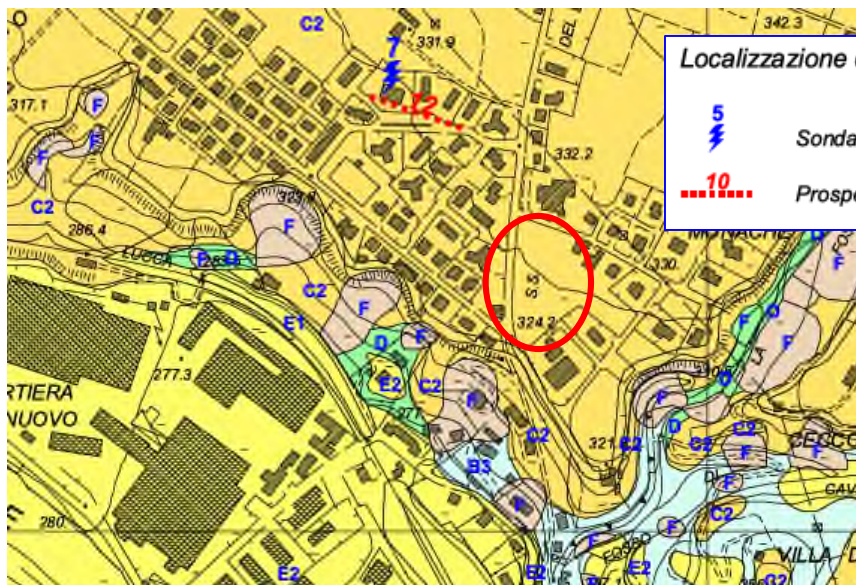
### ELEMENTI GEOLOGICI E STRUTTURALI

- Stratificazione diritta
- Stratificazione rovesciata
- Stratificazione a polarità sconosciuta
- Stratificazione verticale
- Stratificazione orizzontale
- Faglia
- Faglia presunta



# CARTA LITOTECNICA

## Piano Strutturale 2011



### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA A

Materiale lapideo costituito da unico litotipo non stratificato



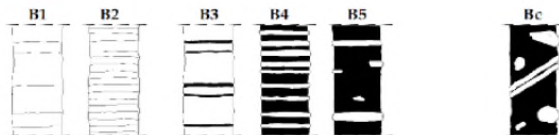
A - Rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 m

### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA B

Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi



B - Rocce stratificate e/o costituite da alternanze di litotipi diversi



Strutturalmente ordinati

Strutturalmente disordinati

### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA C

Materiali granulari cementati



C - Breccie, conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione



### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA D

Materiali coesivi consistenti



D - Argille e limi

### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA E

Materiali granulari non cementati o poco cementati



E1 - ciottoli e blocchi

E3 - sabbie

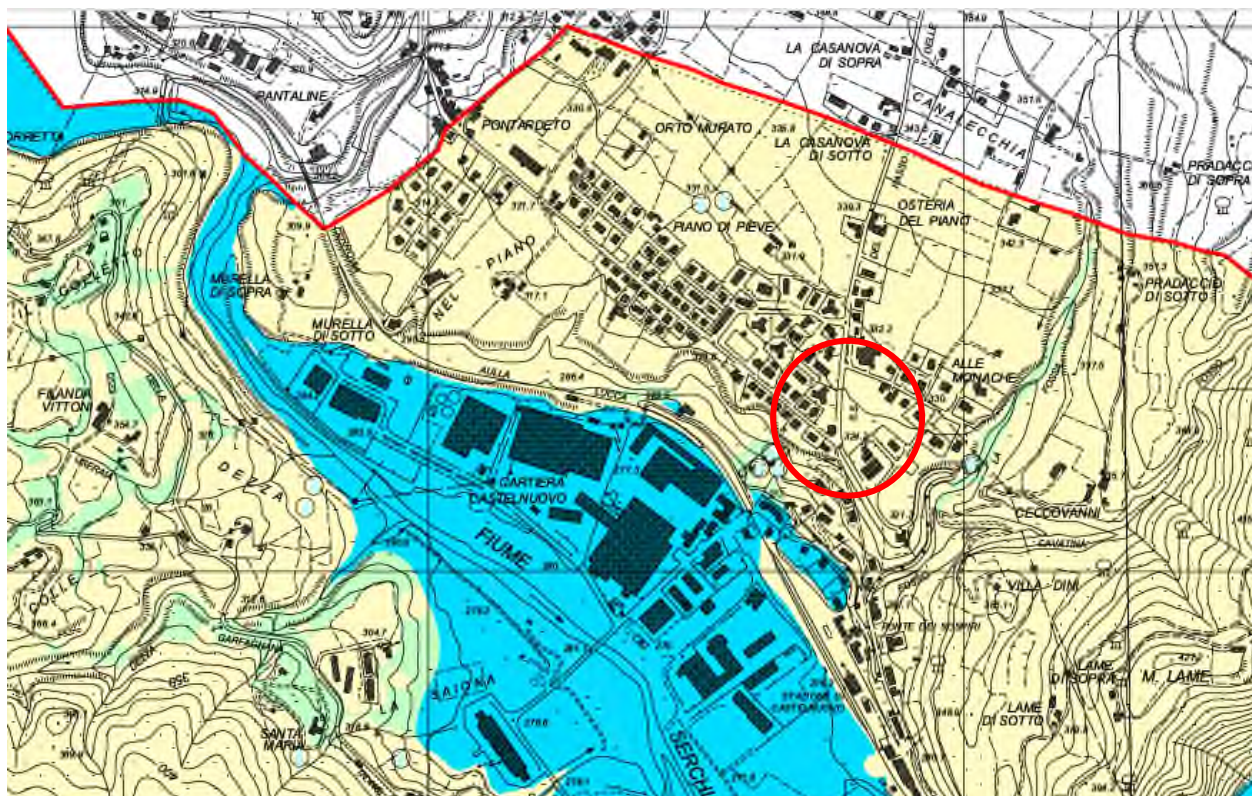
### UNITA' LITOLOGICO-TECNICA F











Materiali con consistenza limitata o nulla



F - limi e argille

# CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI Piano Strutturale 2011



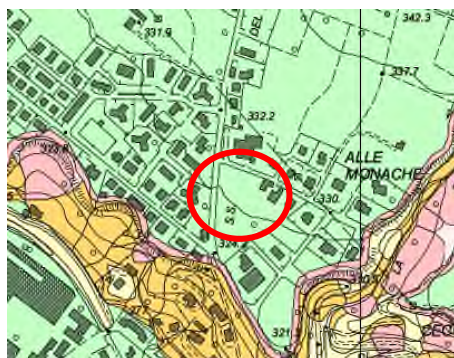
<b>Grado di Vulnerabilità</b>	<b>Tipo di acquifero e formazione geologica correlata</b>
	<b>Estremamente elevato</b> <i>Falda acquifera libera in materiali alluvionali, da grossolani a medi, con scarsa o nulla copertura: Depositi alluvionali recenti e attuali (bn1, b1). Rete acquifera in complessi carbonatici fratturati con carsismo molto sviluppato: MAI, RSA, MAS, CCA, MMR, CGV</i>
	<b>Alto</b> <i>Rete acquifera in complessi carbonatici stratificati, interessati da un moderato carsismo e da interstrati argillitici e/o marmosi: STO3, LIM, SVL, ANL, RET, ENT</i>
	<b>Medio</b> <i>Rete acquifera libera in depositi continentali a granulometria mista, sciolti o parzialmente cementati: PLB, bn1, bn2 Rete acquifera in rocce arenacee e silicee molto fratturate: MAC, DSD</i>
	<b>Basso</b> <i>Complessi argillitico-marmosi con circolazione idrica sotterranea modesta e compartimentata: POD, MMA, ACC, SSR</i>
	<b>Bassissimo</b> <i>Complessi argillitici con circolazione idrica sotterranea da assente a molto modesta: STO, CCVc. Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limoso-sabbiosi praticamente privi di circolazione idrica sotterranea: AFB</i>
	<b>Sorgenti captate</b>
	<b>Sorgenti libere</b>
	<b>Pozzo</b>
	<b>Risorgenze e stillicidi</b>
	<b>Area di rispetto dei punti di prelievo ad uso acquedottistico</b>



# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

## Piano Strutturale 2011

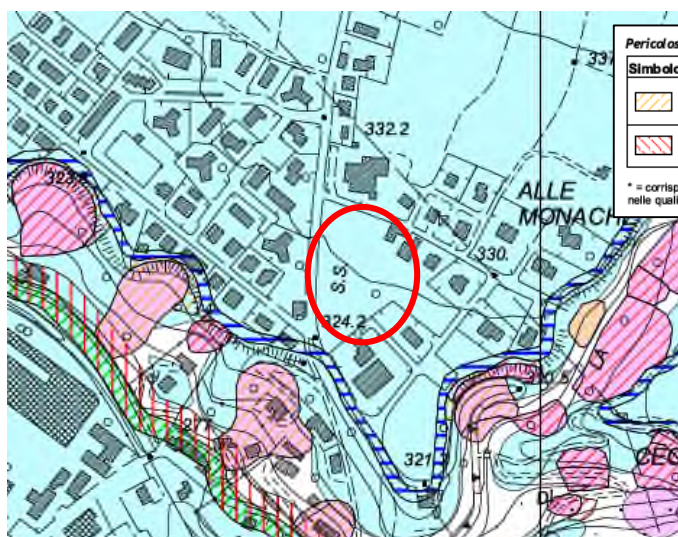
### PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA



- G4** Pericolosità geomorfologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi; con (i) sono indicate le relative aree di influenza
- G3** Pericolosità geomorfologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee; aree interessate da intensi fenomeni erosivi; aree potenzialmente soggette a fenomeni di dinamica torrentizia (d).
- G2** Pericolosità geomorfologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto
- G1** Pericolosità geomorfologica bassa (G.1): aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacaturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

# CARTA DELLE Z.M.P.S.L.

## Piano Strutturale 2011



Pericolosità sismica extra aree ZMPSL*			
Simbolo	Pericolosità sismica	Caratteri	Classe
	MEDIA	Aree non interessate da fenomeni attivi, suscettibili, per costituzione geologica di subire fenomeni di moderata amplificazione della sollecitazione sismica, senza deformazioni permanenti del suolo.	3t
	ELEVATA	Aree interessate da fenomeni attivi.	4t

\* = corrispondono alle aree individuate secondo le direttive di cui al punto C.5 dell'Allegato A al DPGR 27 aprile 2007, n. 26/R, nelle quali vengono riportate le Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale - ZMPSL.

### Pericolosità sismica aree ZMPSL\*

Simbolo	Tipologia delle situazioni	Possibili effetti	Pericolosità sismica
	Movimenti franosi attivi	Accentuazione dei fenomeni di instabilità in atto e potenziali dovuti ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici	<b>S4</b>
	Movimenti franosi quiescenti		<b>S3</b>
	Zone potenzialmente franose		
	Movimenti franosi inattivi	Amplificazione sismica dovuta ad effetti topografici	<b>S2</b>
	Zona di ciglio h>10m costituita da scarpate con parete sub-verticale, bordi di cava, nicchie di distacco e/o scarpate di erosione		<b>S2</b>
	Zona di cresta rocciosa sottile e/o cocuzzolo		
	Zone di bordo della valle e/o aree di raccordo con il versante	Amplificazione sismica dovuta a morfologie sepolte	<b>S3</b>
	Depositi alluvionali granulari e/o sciolti	Amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura dovuta a fenomeni di amplificazione stratigrafica	<b>S3</b>
	Coltri detritiche di alterazione del substrato roccioso e/o coperture colluviali		
	Conoidi alluvionali e/o con detritici		
	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse	Amplificazione differenziata del moto del suolo e dei cedimenti; meccanismi di focalizzazione delle onde	<b>S3</b>
	Faglie e/o strutture tettoniche		

## CARTA PERICOLOSITA' IDRAULICA Piano Strutturale 2011



Perimetrazione  
di pericolosità  
ex PAI Serchio

**Pericolosità  
idraulica**

**Caratteri**



**BASSA**

Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:  
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni  
b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.



**MEDIA**

Aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr > 200$  anni.  
Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:  
a) non vi sono notizie storiche di inondazioni  
b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.



**ELEVATA**

Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr \leq 200$  anni.  
Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:  
a) vi sono notizie storiche di inondazioni  
b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.



**MOLTO  
ELEVATA**

Aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr \leq 30$  anni.  
Fuori dalle unità territoriali organiche elementari (UTOE) rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle per le quali ricorrono contestualmente le seguenti condizioni:  
a) vi sono notizie storiche di inondazioni  
b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.



Alveo fluviale in modellamento attivo

## CARTA DELLE AREE ALLAGATE Piano Strutturale 2011

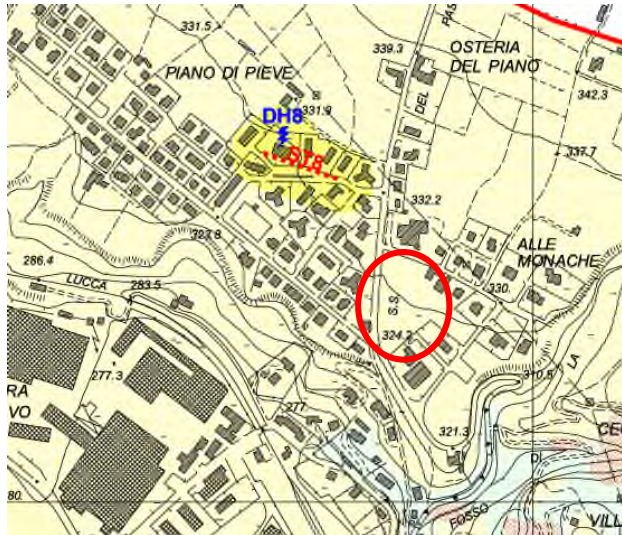


- Aree allagabili con Tempo di Ritorno  $Tr=30$  (dati 2009)
- Aree allagabili con Tempo di Ritorno  $Tr=200$  (dati 2009)



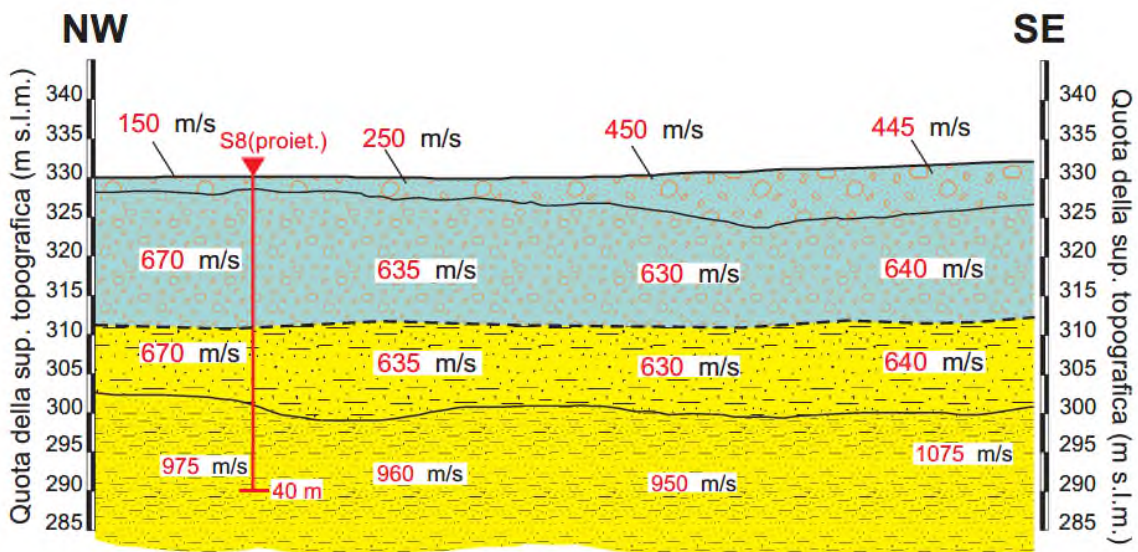
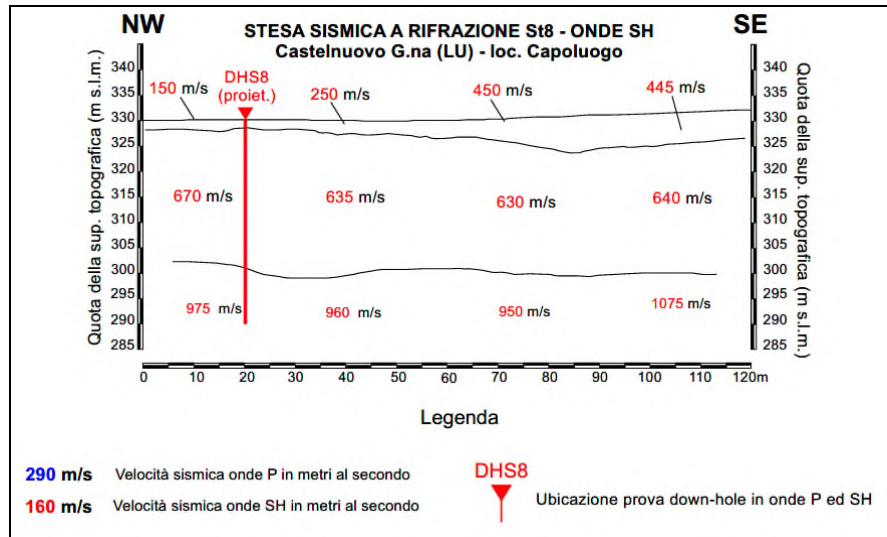
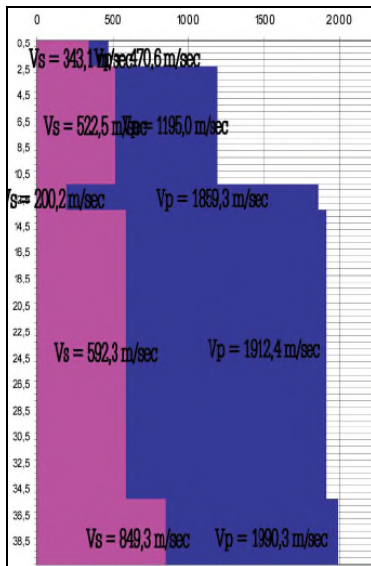
# CARTA DELLA CATEGORIA DI SUOLO

## Piano Strutturale 2011



- A)** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B)** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec.
- E)** Terreni dei sottosuoli tipo C per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_{s30} > 800$  m/sec).

- Aree con profilo A accertato tramite indagine sismica
- Aree con profilo A presunto da dati stratigrafici
- Aree con profilo B accertato tramite indagine sismica
- Aree con profilo B presunto da dati stratigrafici
- Aree con profilo E accertato tramite indagine sismica
- Aree con profilo E presunto da dati stratigrafici

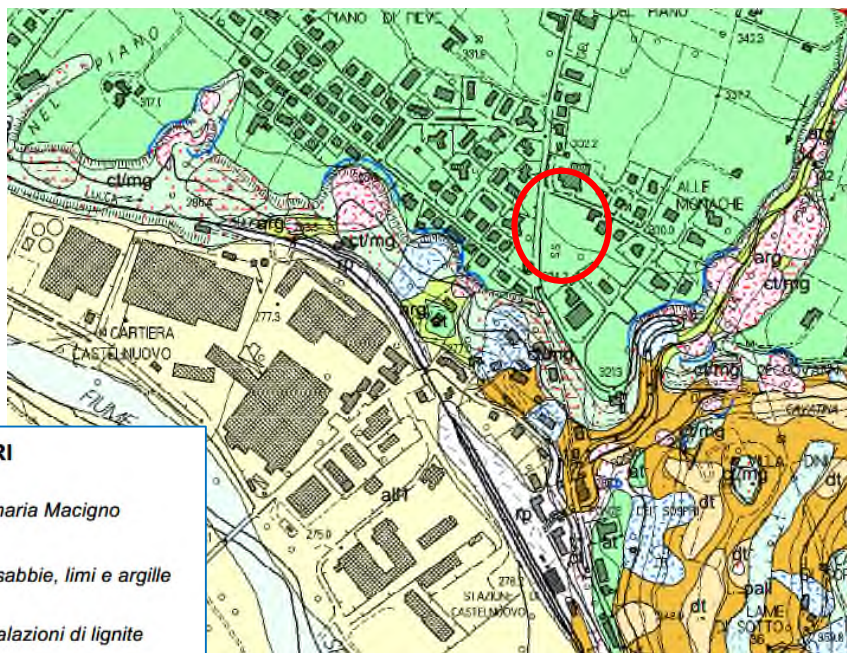


- a)  Alluvioni terrazzate antiche ( $bl=ct/mg$  Aucct.):  
b) a) poco addensate; b) mediamente addensate
- a)  Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga (AFB=arg Aucct.):  
b) a) mediamente consistenti; b) molto consistenti



# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019



### DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI

	Ciottoli a prevalenti elementi di arenaria Macigno Pleistocene medio (?) - Superiore
	Ghiaie e conglomerati con livelli di sabbie, limi e argille Villafranchiano
	Argille e argille sabbiose con intercalazioni di lignite (Lg, ove distinte), sabbie e ghiaie Villafranchiano inf.
	Livelli di ciottoli di arenaria Macigno in matrice argillosa Villafranchiano inf.



Frane attive: area di accumulo e nicchia di distacco



Frane quiescenti: area di accumulo e nicchia di distacco



Terreni di riporto e discariche



Discariche di cave, ravaneti



Detriti e terreni di copertura



Alluvioni recenti e attuali;  
ove distinte: alluvioni recenti (all<sub>1</sub>) e attuali (all<sub>2</sub>)



Scarpate di alluvioni terrazzate



Depositi morenici e fluvioglaciali



Depositi palustri



Depositi alluvionali e colluviali di paleovalli



Superfici subpianeggianti con suoli relitti



Spianate di origine fluviale, con o senza  
depositi alluvionali in diversi ordini (at<sub>1</sub>, at<sub>2</sub>, ..... ove distinti)



Coni di detrito pedomontano



Coni di deiezione alluvionale e coni di origine mista



Terre rosse residuali



Doline



Aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillitici acclivi e/o  
con situazioni morfologiche locali che ne favoriscono l'imbibizione



Aree soggette a franosità in terreni acclivi argilloso-sabbiosi e  
sabbioso-conglomeratici



Aree soggette a franosità per erosione di sponda



Aree in rocce coerenti e semicoerenti soggette a franosità per forte acclività  
In particolare: aree esposte a possibili fenomeni di crollo o di distacco di massi



Aree al bordo di terrazzi fluviali e/o di terrazzi morfologici in genere soggette a  
possibili collassi o frane








Aree interessate da deformazioni gravitative profonde



# CARTA LITOLOGICO TECNICA

## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019

### TERRENI DI COPERTURA







- |   |  |
|---|--|
|  | RI - Terreni contenenti resti di attività antropica  |
|  | GW - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie                                 |
|  | GM - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla  |
|  | ML - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità     |
|  | CL - Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre |



# CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

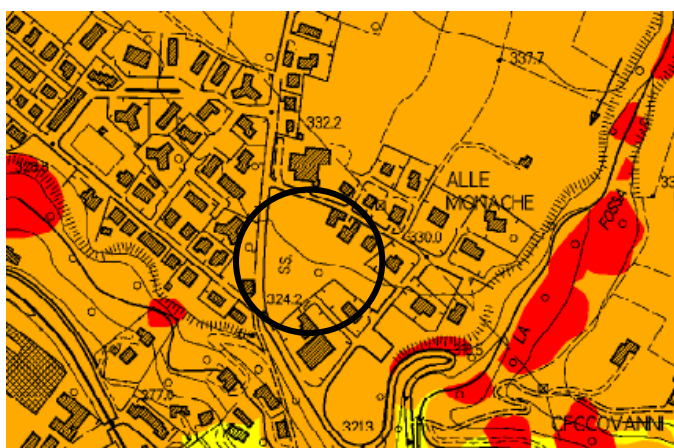
## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019







- |   |   |
|---|---|
|  | G1 - Pericolosità geologica bassa   |
|  | G2 - Pericolosità geologica media   |
|  | G3 - Pericolosità geologica elevata   |
|  | G4 - Pericolosità geologica molto elevata   |
|  | G4* - Pericolosità geologica molto elevata (aree di possibile evoluzione del dissesto all'interno del territorio urbanizzato) |
|  | Aree potenzialmente interessate da fenomeni di esondazione in caso di sormonto/collasso del corpo della diga                  |

# CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

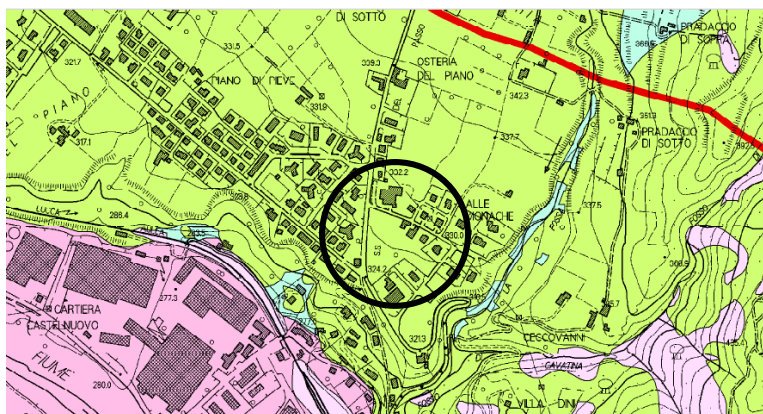
## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019



- |   |  |
|---|--|
|  | S1 - Pericolosità sismica locale bassa         |
|  | S2 - Pericolosità sismica locale media         |
|  | S3 - Pericolosità sismica locale elevata       |
|  | S4 - Pericolosità sismica locale molto elevata |

# CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE

## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019



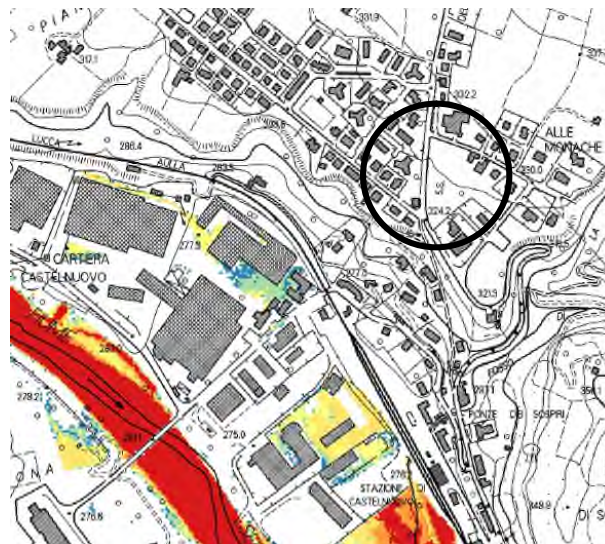
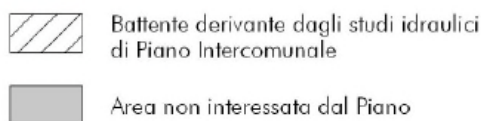
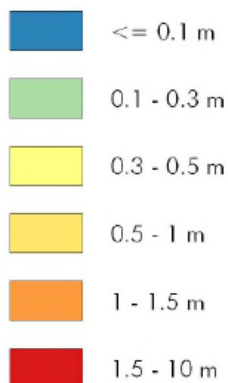
GRADO DI VULNERABILITA'	
<b>I</b>	<p>La vulnerabilità si riferisce alle falde contenute nei terreni non litoidi (coperture detritiche, corpi di frana e depositi alluvionali di fondovalle) e alle reti idriche delle rocce permeabili per fratture, che alimentano le sorgenti ed i pochi pozzi perforati in queste rocce.</p> <p><b>Molto alto</b></p> <p>Le falde contenute nei depositi alluvionali di fondovalle e negli acquiferi carbonatici sono estremamente vulnerabili all'inquinamento da parte di eventuali sversamenti in superficie. Il rischio di inquinamento riguarda essenzialmente le sorgenti alimentate da queste falde ed i pochi pozzi scavati in questi terreni.</p>
<b>II</b>	<p><b>Alto</b></p> <p>I calcari delle formazioni geologiche affioranti in queste aree hanno alta permeabilità per fratture e carsismo. Sono inseriti in questa classe i depositi di copertura a permeabilità primaria molto elevata. Un eventuale inquinante può arrivare facilmente alla rete idrica sotterranea ed inquinare sorgenti o pozzi in zone anche non vicine.</p>
<b>III</b>	<p><b>Medio</b></p> <p>Le formazioni litoidi che affiorano in queste aree, composte in prevalenza da arenarie o calcari massosi, hanno una permeabilità media per fratture. Rientrano in questa classe le aree in frana ed altri depositi di copertura con permeabilità primaria media. Un inquinamento consistente può raggiungere la rete idrica sotterranea ed inquinare le sorgenti alimentate.</p>
<b>IV</b>	<p><b>Basso</b></p> <p>La permeabilità medio-bassa delle unità litologiche affioranti rende basso il rischio che un inquinante disperso in superficie raggiunga le sorgenti di bassa portata alimentate dalla modesta rete idrica.</p>
<b>V</b>	<p><b>Molto basso</b></p> <p>In queste zone le formazioni geologiche, composte prevalentemente da argilliti, hanno permeabilità nulla e quindi non contengono falde idriche di qualche interesse e non consentono l'infiltrazione di sostanze contaminanti agli acquiferi eventualmente sottostanti. Tuttavia un inquinante sparso in superficie può essere trasportato facilmente, dalle acque di ruscellamento superficiale, agli eventuali acquiferi delle aree confinanti topograficamente più basse.</p>

- Pozzi ad uso acquedottistico
- Sorgenti captate ad uso acquedottistico
- a b c Sorgenti: a-regimate, b-non regimate, c- termali
- ⦿ Risorgenze e stillicidi d'acqua
- Zona di rispetto di pozzi e sorgenti ad uso acquedottistico (raggio di 200 m)
- Limite di Bacino del Fiume Serchio
- Limiti comunali

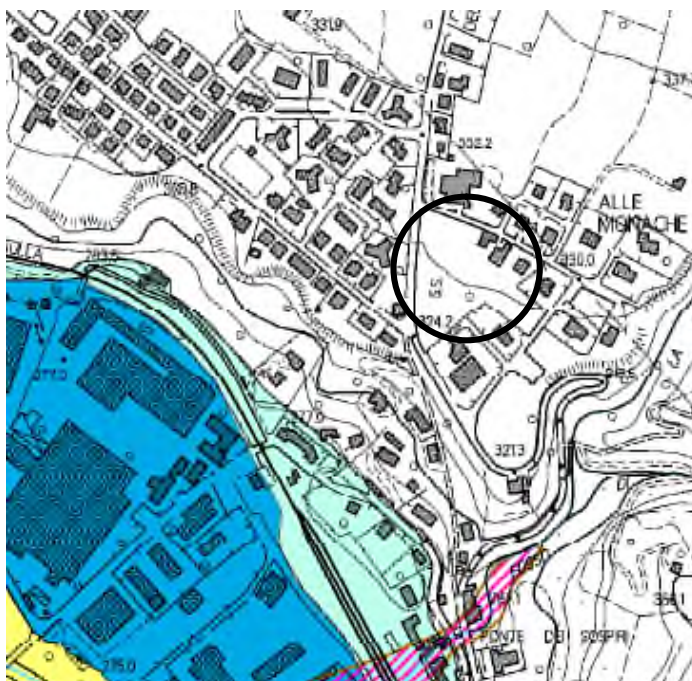


# **CARTA DEI BATTENTI CON Tr 200 anni** **Piano Strutturale intercomunale approvato 2019**

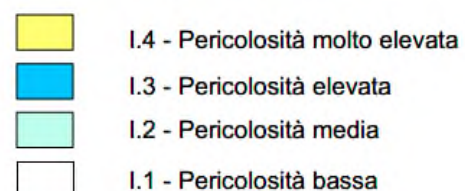
## **Battenti Tr200**



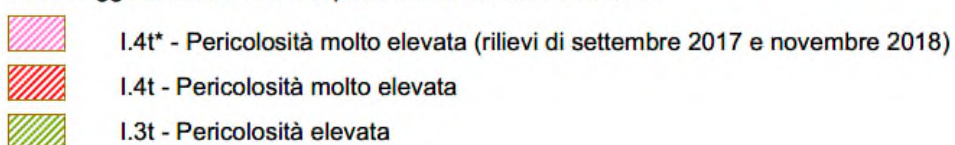
# **CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA** **Piano Strutturale intercomunale approvato 2019**



## **Classi di Pericolosità Idraulica**



## **Aree soggette ad elevato trasporto solido e colate detritiche**

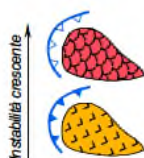
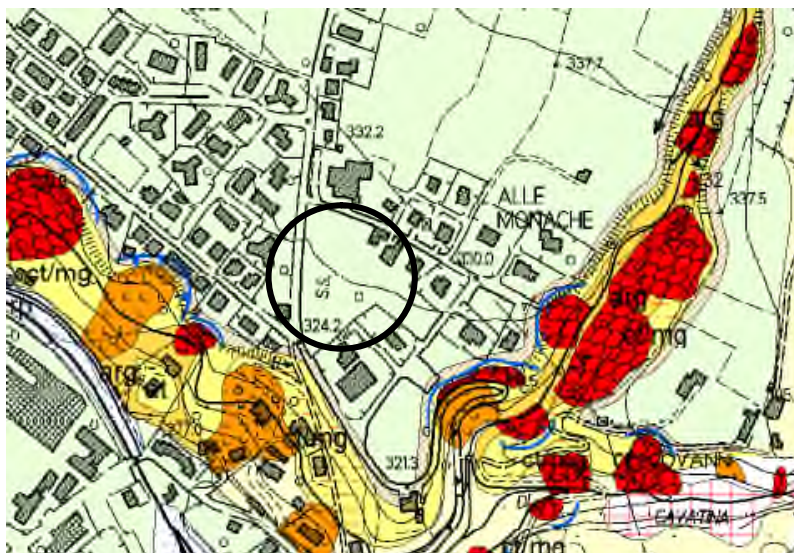


 Reticolo di gestione (L.R. 79/2011 e s.m.i.)



# CARTA DELLA FRANOSITA' DEL BACINO DEL F. SERCHIO

## Piano Strutturale intercomunale approvato 2019



### AREE INSTABILI AD ALTA PERICOLOSITÀ

Frane attive: area di accumulo e nicchia di distacco (Norma: art. 12)

Frane quiescenti: area di accumulo e nicchia di distacco (Norma: art. 13)

### AREE CON INSTABILITÀ POTENZIALE ELEVATA PER CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE



Aree soggette a franosità in terreni prevalentemente argillitici acclivi e/o con situazioni morfologiche locali che ne favoriscono l'imbibizione (Norma: art. 13)



Aree soggette a franosità in terreni detritici acclivi (Norma: art. 13)



Aree soggette a franosità in terreni acclivi argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici (Norma: art. 13)



Aree soggette a franosità per erosione di sponda (Norma: art. 12)



Aree in rocce coerenti e semicoerenti soggette a franosità per forte acclività  
In particolare: aree esposte a possibili fenomeni di crollo o di distacco di massi (Norma: art. 12)

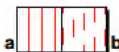


Aree al bordo di terrazzi fluviali e/o di terrazzi morfologici in genere soggette a possibili collassi o frane (Norma: art. 12)

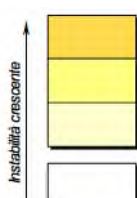


Coni di detrito pedemontano (Norma: art. 13)

### AREE POTENZIALMENTE INSTABILI PER GRANDI MOVIMENTI DI MASSA



Aree interessate da deformazioni gravitative profonde: certe (a) (Norma: art. 13); presunte (b) (Norma: art. 14)



### AREE POTENZIALMENTE FRANOSE PER CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Norma: art. 13

Norma: art. 14

Norma: art. 15

**AREE DI MEDIA STABILITÀ**, con sporadici e locali indizi di instabilità e **AREE STABILI** con assenza di frane attive e quiescenti (Norma: art. 15)



**AREE DI FONDOVALLE E/O PIANEGGIANTI**, con eventuali problemi relativi alla capacità portante dei terreni ed ai cedimenti



Terreni di riporto e discariche (Norma: art. 15bis)

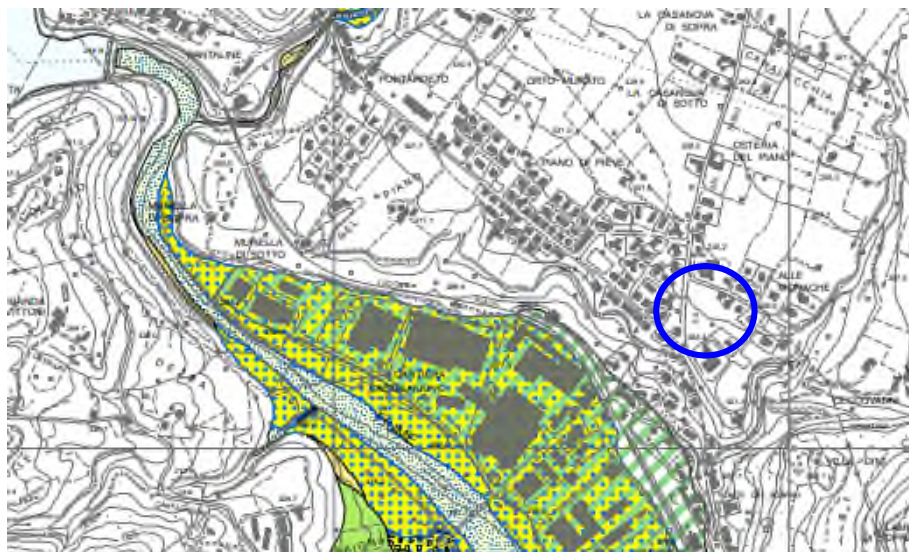
### FORMAZIONI GEOLOGICHE

**FORME E DEPOSITI QUATERNARI:** **rp:** Terreni di riporto e discariche. **sa:** Spianate antropiche. **rv:** Discariche di cave, Ravaneli. **dc:** Sabbie eoliche della duna costiera. **de:** Depositi eolici. **dt:** Depositi lacustri. **s:** Depositi di spiaggia. **dt:** Detriti e terreni di copertura. **all:** Alluvioni recenti e attuali; ove distinte: alluvioni recenti (**all<sub>1</sub>**) e attuali (**all<sub>2</sub>**), aree golenali (**g**) e paleovalle (**pa**). **ct:** Scarpare di alluvioni terrazzate. **mo:** Depositi morenici e fluvio-glaciali. **p:** Terreni palustri. **tb:** Terreni torbosi. **tl:** Terreni limoso-sabbiosi. **pal:** Depositi alluvionali e colluviali di paleovalle. **sr:** Superfici subpianeggianti con suoli relitti. **at:** Spianate di origine fluviale, con o senza depositi alluvionali, in diversi ordini (**at<sub>1</sub>**, **at<sub>2</sub>**, ove distinti). **cd, c:** Coni di detrito pedemontano (**cd**), coni di deiezione alluvionale e coni di origine mista (**c**), talora terrazzati in vari ordini (cfr. **at**), localmente costituiti da "terra rossa" con frammenti litici, **?Pleistocene medio-sup.** **rc:** Depositi di riempimento carsici. **tr:** Terre rosse residuali.

**DEPOSITI FLUVIO - LACUSTRI:** **a)** Bacino di Lucca: **fv1:** Argille sabbiose e limi con ghiaie poligeniche, **?Pleistocene medio-sup.** **b)** Garfagnana e media valle del Serchio: **clmg:** Ciottoli a prevalenti elementi di arenaria Macigno, **?Pleistocene medio-sup.** **cg:** Ghiaie e conglomerati con livelli di sabbie, limi e argille, **Villafranchiano.** **arg:** Argille e argille sabbiose con intercalazioni di lignite (**Lg**, ove distinte), sabbie e ghiaie; livelli di ciottoli di arenaria Macigno in matrice argillosa (**clmg**). **Villafranchiano inf.**

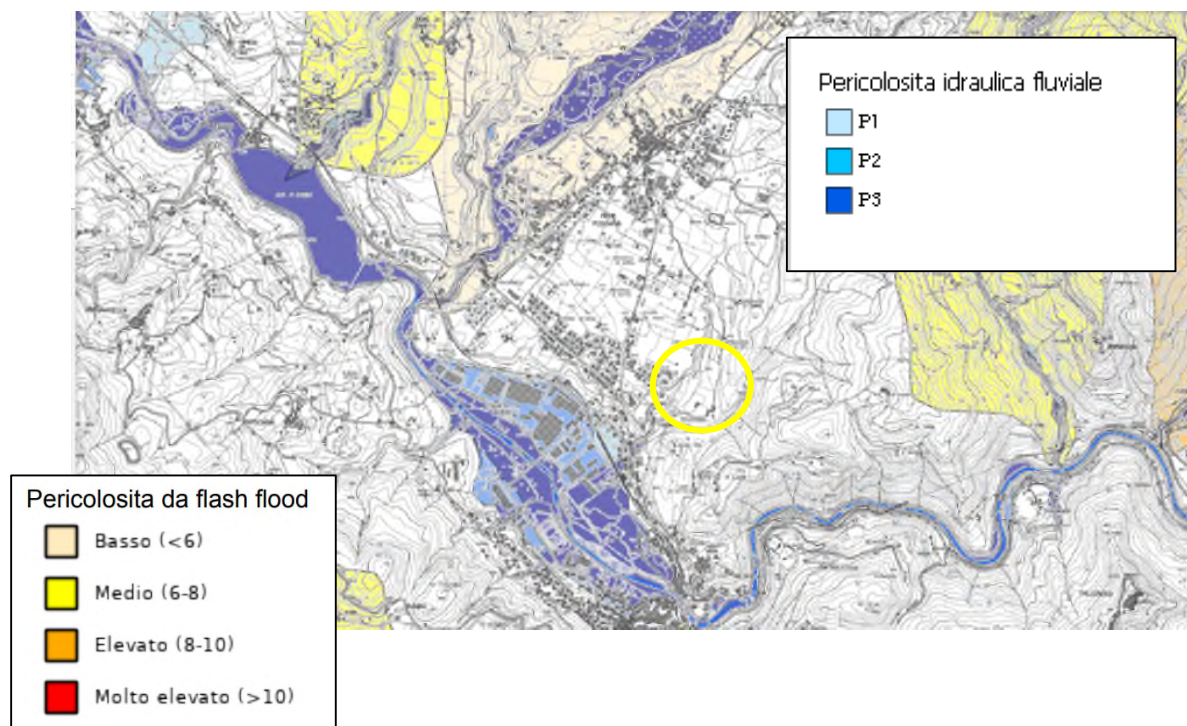


(Autorità di Bacino Pilota del F. Serchio)  
Variente al Piano di Bacino Assetto Idrogeologico (P.A.I.)  
 2° aggiornamento  
**CARTA DI RIFERIMENTO DELLE NORME DI PIANO**  
**NEL SETTORE RISCHIO IDRAULICO**

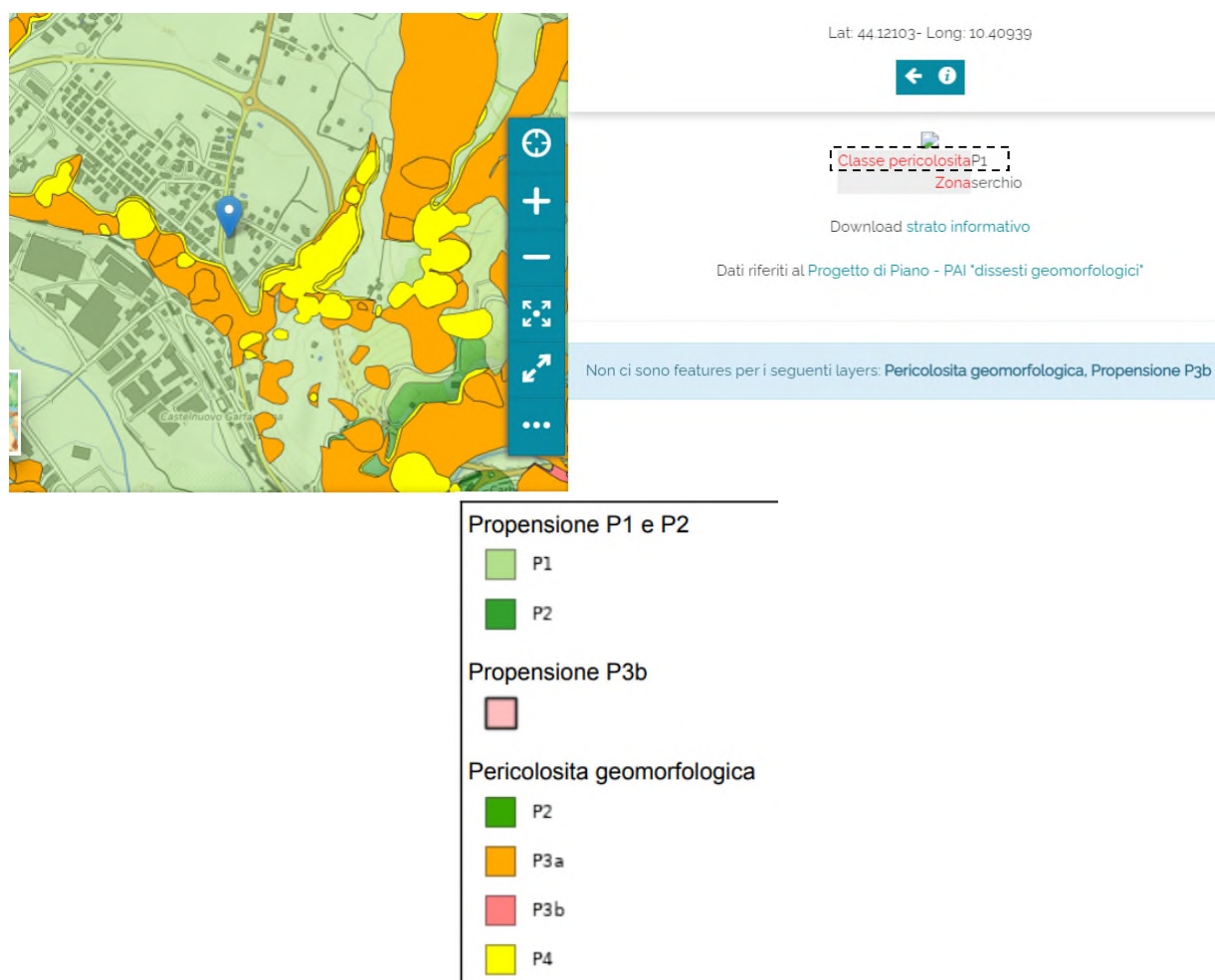


	Norma (art.)	
	20	I - Aree di laminazione delle piene e/o destinate ai principali interventi idraulici di riduzione del rischio idraulico
	21	a1 - Alveo fluviale in modellamento attivo; a2 Alveo relitto (pericolosità idraulica molto elevata)
	21	a2a - Alveo relitto antropizzato (pericolosità idraulica elevata)
	21	P1 - Aree golenali (pericolosità idraulica molto elevata)
	24	APL - Aree palustri prevalentemente incluse entro gli argini del lago di Massaciuccoli (pericolosità idraulica molto elevata)
	24	PL - Aree di pertinenza lacuale (pericolosità idraulica molto elevata)
	24	PU - Aree morfologicamente depresse (pericolosità idraulica molto elevata)
	22	AP - Aree ad alta probabilità di inondazione (pericolosità idraulica molto elevata)
	22 bis	APg - Aree inondabili in contesti di particolare fragilità geomorfologica e/o ad alta probabilità di inondazione (pericolosità idraulica molto elevata)
	23	P2 - Aree a moderata probabilità di inondazione (pericolosità idraulica elevata)
	25	P2a - Aree di pertinenza fluviale, collocate oltre rilevati infrastrutturali (rilevati stradali, ferroviari, etc.), o localmente caratterizzate da una morfologia più elevata (pericolosità idraulica moderata)
	23	Ps - Aree storicamente interessate da allagamenti (pericolosità idraulica elevata)
	23 bis	P2g - Aree di pertinenza fluviale e/o aree a moderata probabilità di inondazione in contesti di fragilità geomorfologica (pericolosità idraulica elevata)
	25	MP - Aree a moderata probabilità di inondazione e a moderata pericolosità (pericolosità idraulica moderata)
	25	BP - Aree a bassa probabilità di inondazione (pericolosità idraulica bassa)

**AUTORITA' DI DISTRETTO IDROGRAFICO APPENNINO SETTENTRIONALE**  
**PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (P.G.R.A.)**  
**Carta della pericolosità idraulica e da flash flood**



**PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)**



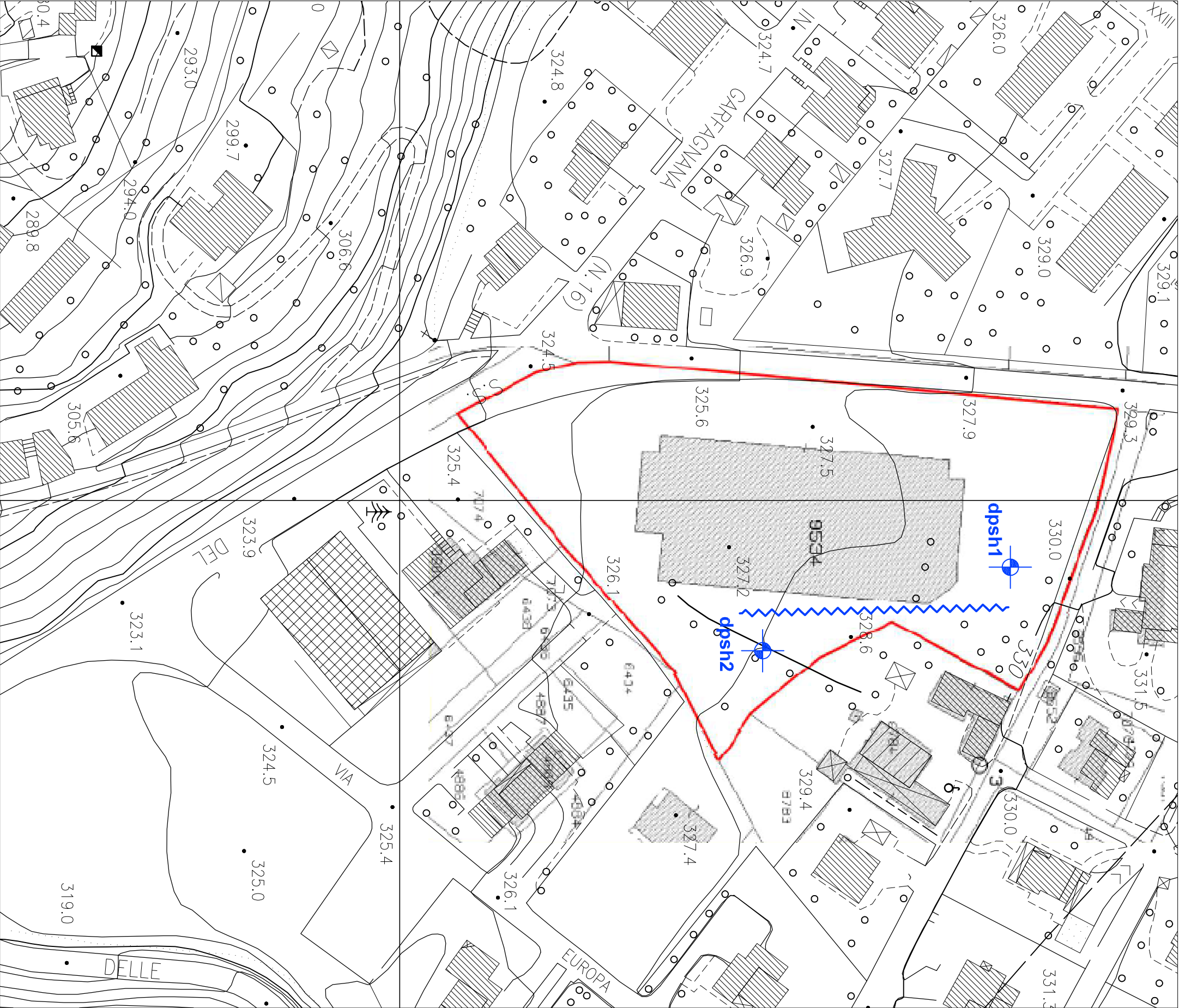



UBICAZIONE DELLE INDAGINI  
GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE  
scala 1:1.000




dps h1

dps h2





indagine geofisica MASW



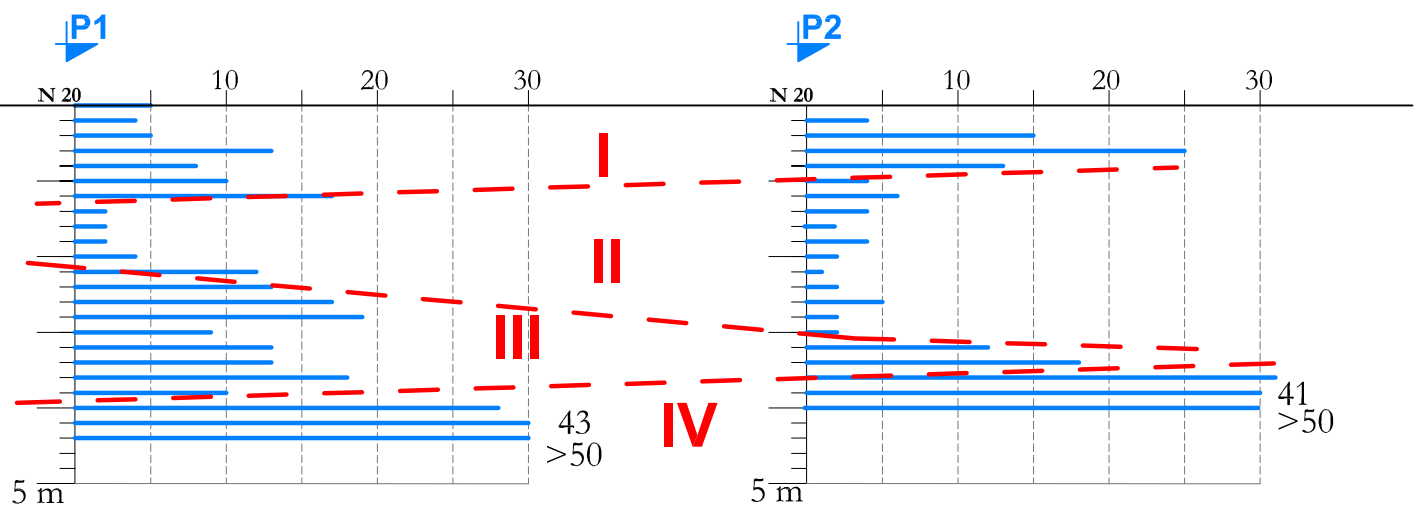
indagini penetrometriche  
dinamiche superpesanti  
D.P.DS.H.



indagine geofisica MASW

# CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO - GEOTECNICA

scala 1:100



## MODELLO STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO

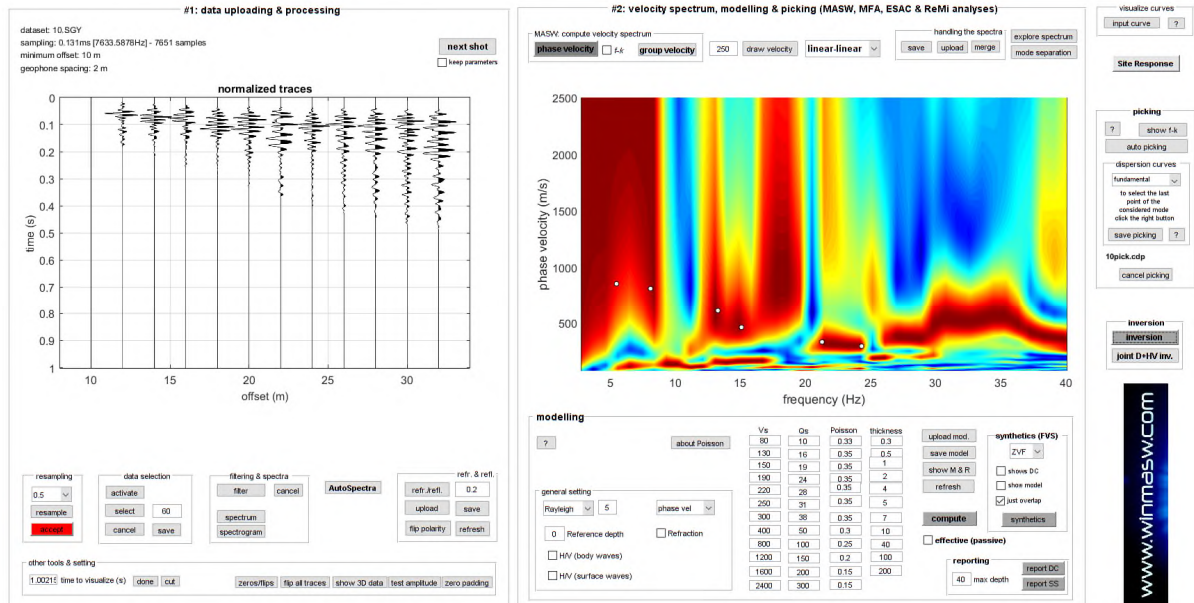
- I** terreni misti ghiaiosi e con matrice in parte rimaneggiati ed addensati
- II** limi sabbioso-argillosi di mediocre consistenza
- III** sabbie argillose addensate con ghiaie associate
- IV** ghiaie in scarsa matrice sabbioso argillosa molto addensata

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA INTERPRETATA DA PROVE D.P.S.H.

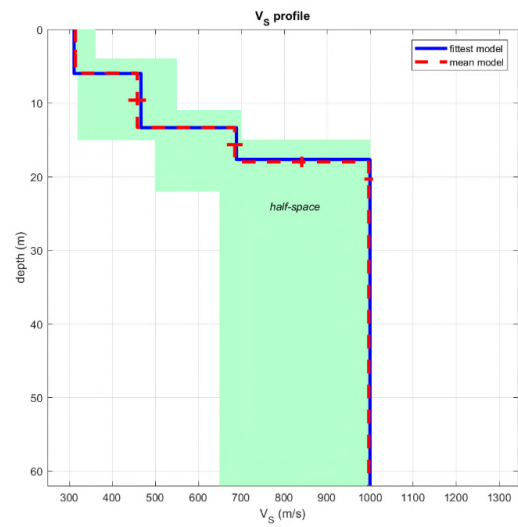
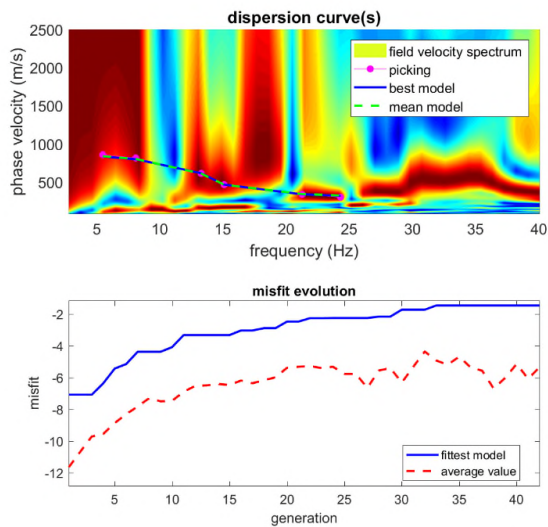
<b>I</b>	$N_{SPT} = 15-20$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 31^\circ - 32^\circ$	$\gamma' = 18.5 \text{ kN/mc}$
<b>II</b>	$N_{SPT} = 3-6$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 25^\circ - 27^\circ$	$\gamma' = 18.0 \text{ kN/mc}$
<b>III</b>	$N_{SPT} = 20-25$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 32^\circ - 33^\circ$	$\gamma' = 19.5 \text{ kN/mc}$
<b>IV</b>	$N_{SPT} = 45 > 75$	$c' = 0 \text{ kPa}$	$\phi' = 36^\circ - 40^\circ$	$\gamma' = 20.0 \text{ kN/mc}$



# GRAFICI INDAGINE SISMICA MASW



## Common-shot gather e spettro di velocità



www.winmasw.com

dataset: 10.SGY  
dispersion curve: 10pick.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 559 428 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 557 430 m/s

## Risultato inversione

## RISULTATI ELABORAZIONE MASW – loc. alle Momache – CASTELNUOVO G.NA

**Richiedente : NUMERIA sgr**

dataset: 10.SGY  
sampling (ms): 0.131  
minimum offset (m): 10  
geophone spacing (m): 2  
offsets (m): 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32  
Dispersion curve: 10pick.cdp  
Number of individuals: 32  
Number of generations: 33

### Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 310 320 500 650  
Adopted search space (maximum Vs): 360 550 700 1000  
Adopted search space (minimum Poisson): 0.175 0.175 0.175 0.175  
Adopted search space (maximum Poisson): 0.499 0.499 0.499 0.499  
Adopted search space (minimum Qs): 30.6791 49.8438 69.0085 88.1732  
Adopted search space (maximum Qs): 61.35814 99.68757 138.017 176.3464  
Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
Adopted search space (maximum reference frequency): 24.3176  
Adopted search space (minimum thickness): 4 7 4  
Adopted search space (maximum thickness): 6 9 7

### Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits:	-11.6434	-7.08514
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits:	-10.6724	-7.08514
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits:	-9.7123	-7.0851
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits:	-9.5532	-6.3682
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits:	-8.863	-5.4396
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits:	-8.311	-5.1552
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits:	-7.821	-4.3817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits:	-7.3031	-4.3817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits:	-7.5008	-4.3817
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:	-7.47	-4.0897
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:	-6.8988	-3.3316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:	-6.5309	-3.3316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:	-6.4978	-3.3316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:	-6.408	-3.3316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:	-6.4723	-3.3316
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:	-6.1928	-3.0424
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:	-6.3608	-3.0424
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:	-6.1739	-2.8988
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:	-5.9922	-2.8988
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:	-5.3942	-2.4849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:	-5.3267	-2.4849

Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -5.2845    -2.2707  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -5.406    -2.2707  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -5.3236    -2.2601  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -5.7718    -2.2601  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -5.7785    -2.2601  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -6.65    -2.2601  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -5.5622    -2.1717  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -5.4088    -2.1717  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -6.3201    -1.7359  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -5.3293    -1.7359  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -4.3682    -1.7359  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -4.9343    -1.4694

Adopted search space (minimum Vs): 310 320 500 650

Adopted search space (maximum Vs): 360 550 700 1000

Adopted search space (minimum Qs): 30.6791 49.8438 69.0085 88.1732

Adopted search space (maximum Qs): 61.35814 99.68757 138.017 176.3464

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 24.3176

Adopted search space (minimum Poisson): 0.175 0.175 0.175 0.175

Adopted search space (maximum Poisson): 0.497 0.497 0.497 0.497

Adopted search space (minimum thickness): 4 7 4

Adopted search space (maximum thickness): 6 9 7

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -5.1955    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -4.69    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -5.3689    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -5.5729    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -6.6997    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -6.024    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -5.1526    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -6.0812    -1.4694

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -5.3489    -1.4694

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 311 467 689 1000

Thickness (m): 6 7.4 4.3

Number of models considered to calculate the average model: 34

#####

RESULTS

#####

## MEAN MODEL

Vs (m/s): 314 458 685 997  
Standard deviations (m/s): 4 21 18 10

Thickness (m): 5.9 7.4 4.7  
Standard deviations (m): 0.1 0.1 0.7

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 510 2319 1862 1772  
Density (gr/cm3): 1.89 2.26 2.21 2.19  
Vp/Vs ratio: 1.62 5.06 2.72 1.78  
Poisson: 0.19 0.48 0.42 0.27  
Shear modulus (MPa): 186 474 1035 2180  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.4897	835.9307
8.10321	800.0534
13.2769	607.7501
15.0903	462.4134
21.2774	339.4369
24.3176	319.9725

## BEST MODEL

Vs (m/s): 311 467 689 1000  
thickness (m): 6 7.3523 4.3325

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 503 2156 1927 1696  
Density (gr/cm3): 1.89 2.24 2.21 2.18  
Vp/Vs ratio: 1.62 4.62 2.80 1.70  
Poisson: 0.19 0.48 0.43 0.23  
Shear modulus (MPa): 183 489 1051 2182  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.4897	831.7062



8.10321	795.4364
13.2769	612.6923
15.0903	462.6834
21.2774	335.3658
24.3176	315.7411

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 62 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 557 430 m/s

Vs30 & VsE (best model): 559 428 m/s

---

---

winMASW - Surface Waves & Beyond  
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Number of models used to define the mean model: 34

Vs30 for the best model: 559 428

Analyzing phase velocities

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **TG 63-100 EML.C**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

**CARATTERISTICHE TECNICHE : TG 63-100 EML.C**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11,66 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

## UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na  
 - note : rifiuto strumentale

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	4	42,0	----	1	2,20 - 2,40	13	115,8	----	3
0,20 - 0,40	9	94,6	----	1	2,40 - 2,60	17	140,8	----	4
0,40 - 0,60	13	125,4	----	2	2,60 - 2,80	19	157,4	----	4
0,60 - 0,80	8	77,1	----	2	2,80 - 3,00	9	74,5	----	4
0,80 - 1,00	10	96,4	----	2	3,00 - 3,20	13	107,7	----	4
1,00 - 1,20	17	163,9	----	2	3,20 - 3,40	13	107,7	----	4
1,20 - 1,40	2	19,3	----	2	3,40 - 3,60	18	139,2	----	5
1,40 - 1,60	2	17,8	----	3	3,60 - 3,80	10	77,4	----	5
1,60 - 1,80	2	17,8	----	3	3,80 - 4,00	28	216,6	----	5
1,80 - 2,00	4	35,6	----	3	4,00 - 4,20	43	332,6	----	5
2,00 - 2,20	12	106,9	----	3	4,20 - 4,40	99	765,8	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na  
 - note : rifiuto strumentale

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	4	42,0	----	1	2,00 - 2,20	1	8,9	----	3
0,20 - 0,40	15	157,6	----	1	2,20 - 2,40	2	17,8	----	3
0,40 - 0,60	25	241,1	----	2	2,40 - 2,60	5	41,4	----	4
0,60 - 0,80	13	125,4	----	2	2,60 - 2,80	2	16,6	----	4
0,80 - 1,00	4	38,6	----	2	2,80 - 3,00	2	16,6	----	4
1,00 - 1,20	5	48,2	----	2	3,00 - 3,20	12	99,4	----	4
1,20 - 1,40	4	38,6	----	2	3,20 - 3,40	18	149,1	----	4
1,40 - 1,60	2	17,8	----	3	3,40 - 3,60	31	239,8	----	5
1,60 - 1,80	4	35,6	----	3	3,60 - 3,80	41	317,2	----	5
1,80 - 2,00	2	17,8	----	3	3,80 - 4,00	99	765,8	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

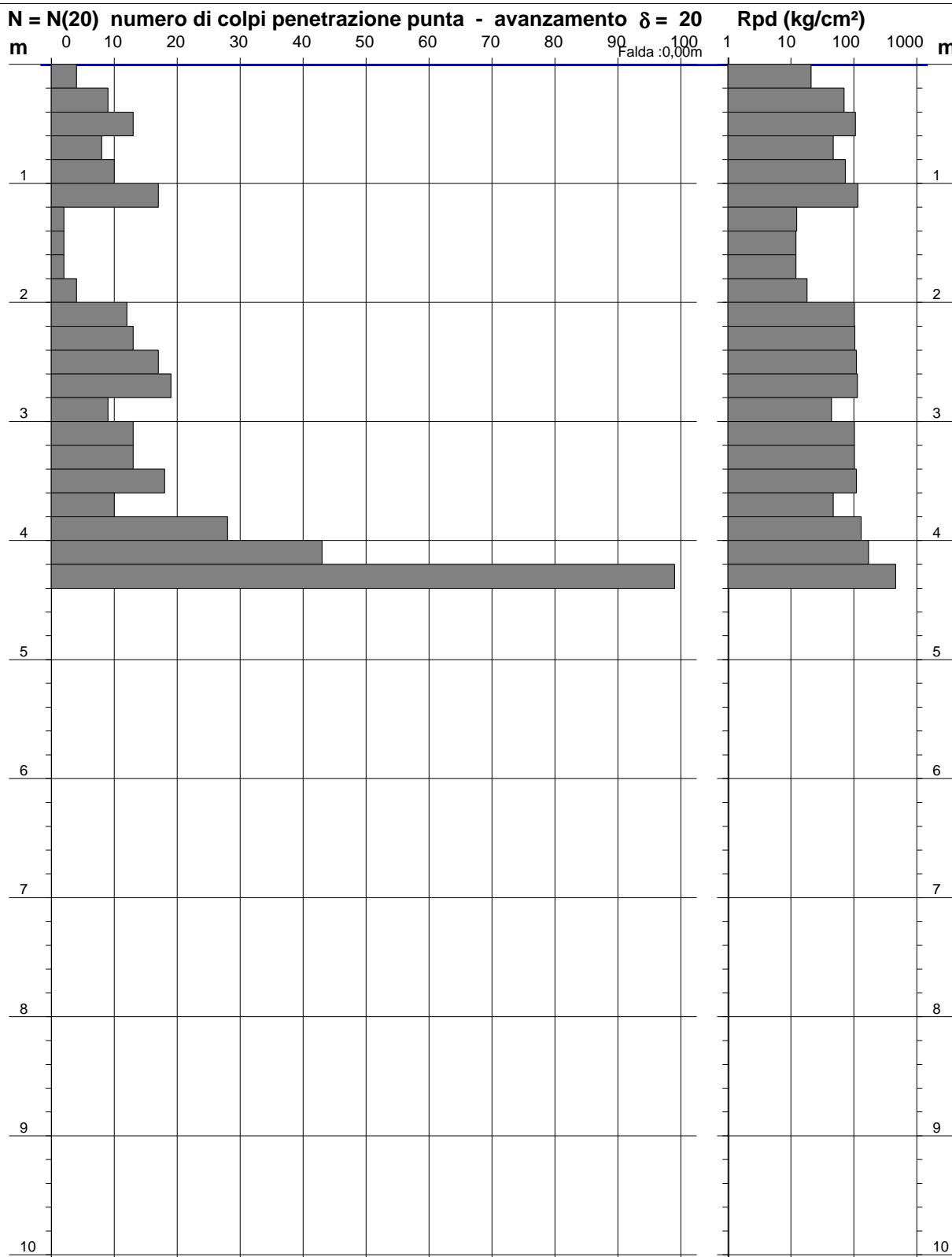
## DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

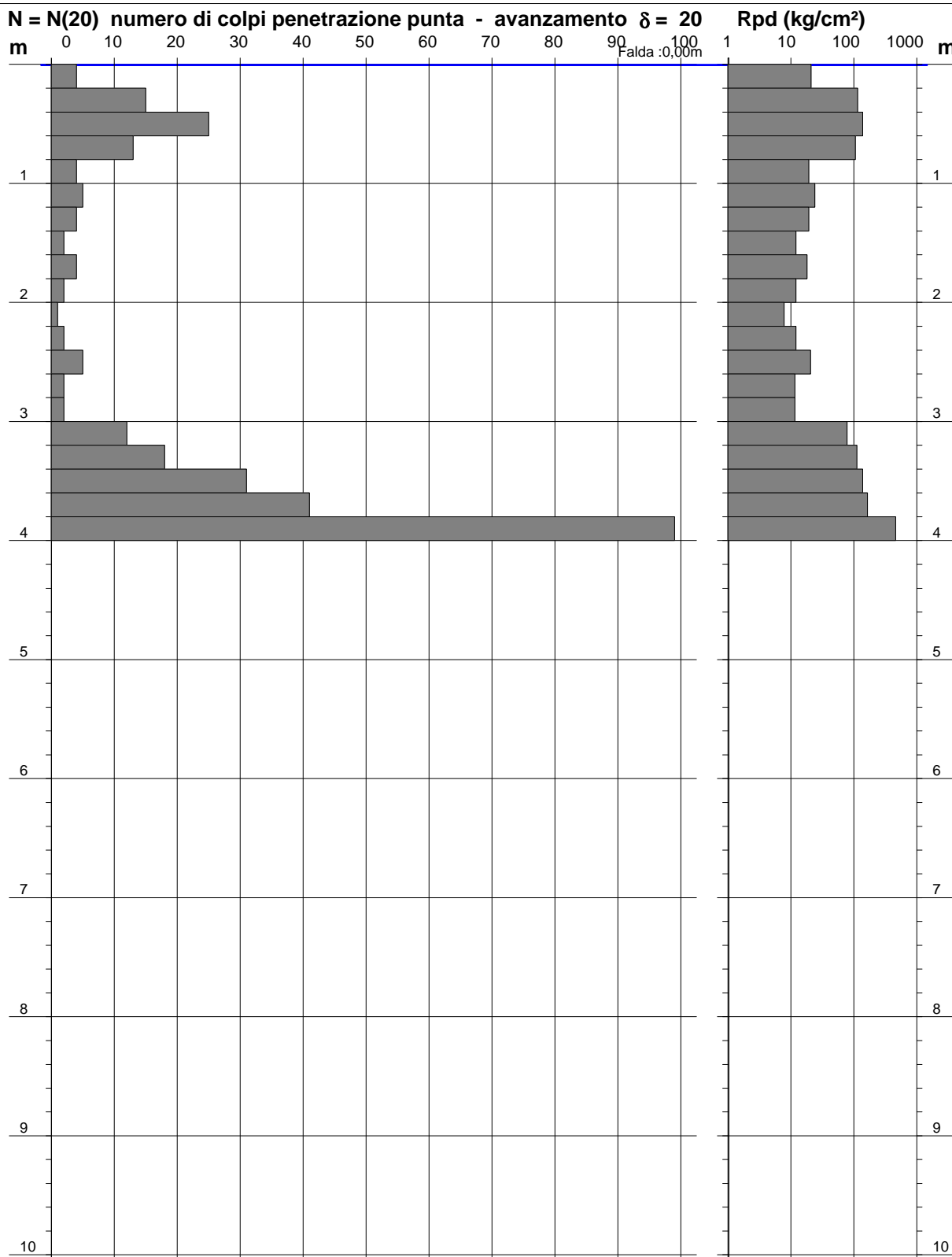
## DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

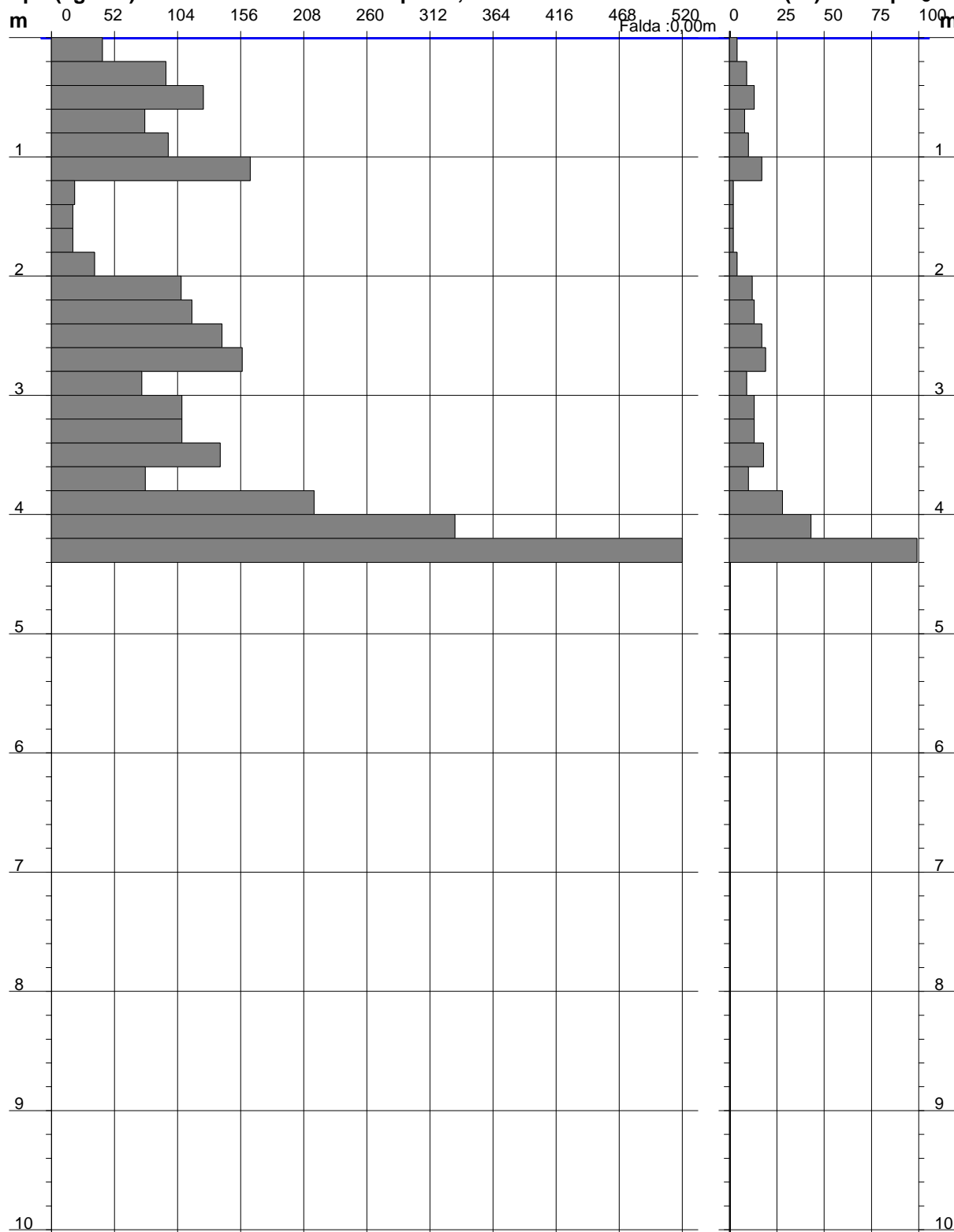
n° 1

Scala 1: 50

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

**Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"** **N = N(20) n° colpi  $\delta = 20$**



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

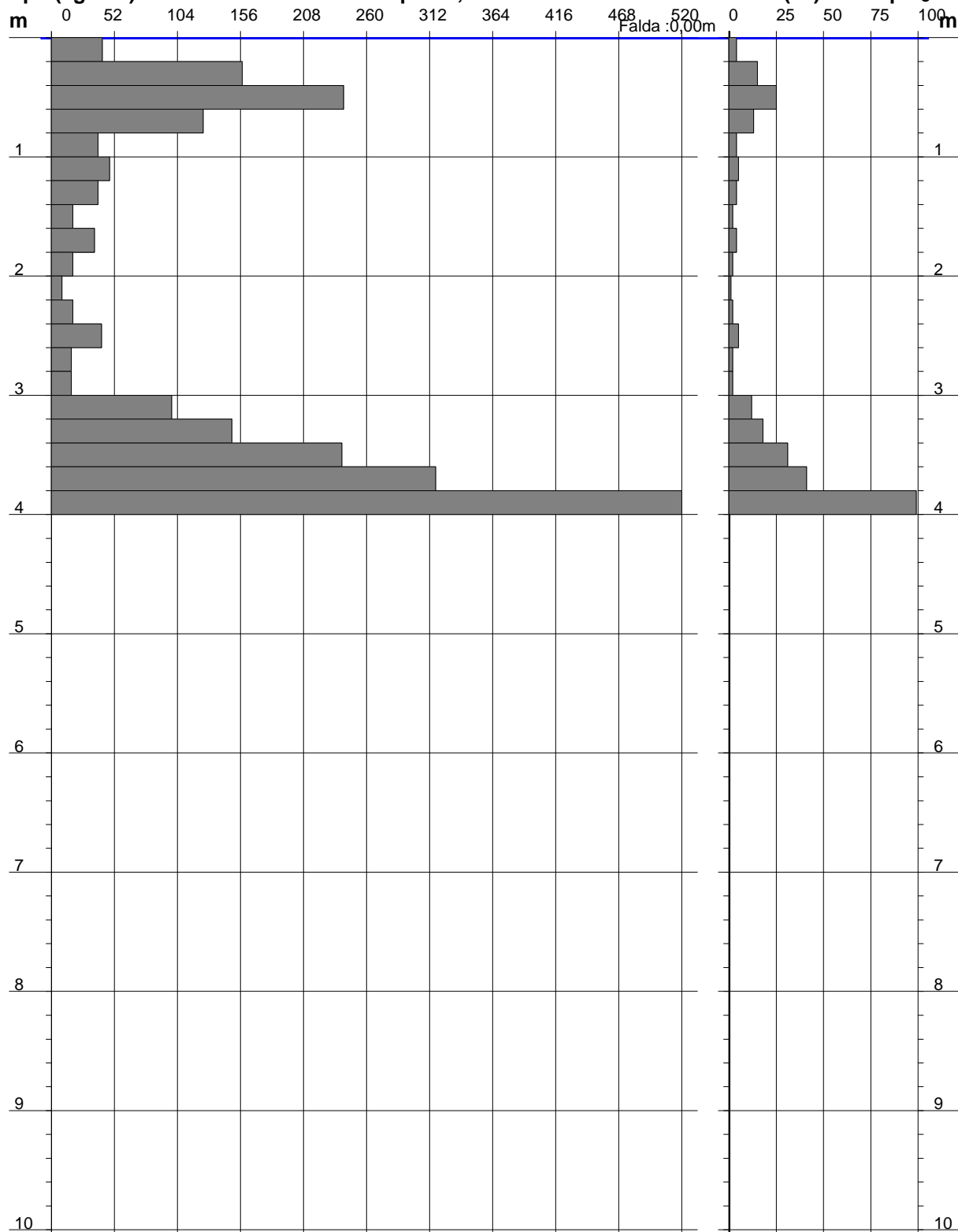
n° 2

Scala 1: 50

- indagine : soc. NUMERIA sgr  
 - cantiere : Variante Urbanistica  
 - località : loc. alle Monache - Castelnuovo G.na

- data : 11/12/2020  
 - quota inizio : 0  
 - prof. falda : 0,00 m da quota inizio

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese"

N = N(20) n° colpi  $\delta = 20$ - PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**