

**C.F.: MNT MSO 69C17 G843K**  
**P.I.: 01488740505**

**Mosè Montagnani**  
**GEOLOGO**

**COMUNE DI PONTEDERA - PROVINCIA DI PISA**



**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO NEL  
COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche**

**INDAGINI DI FATTIBILITÀ  
GEOLOGICA, IDRAULICA E SISMICA**

**Geol. Mosè Montagnani**



**Giugno 2021**

Via Volterrana, 427 - 56030 Terricciola (PI) - cell. 347.3243120  
e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B – IL CHIESINO NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R**  
**(REGOLAMENTO DI ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 104 DELLA LEGGE REGIONALE 10 NOVEMBRE 2014 N.65 IN MATERIA DI INDAGINI GEOLOGICHE, IDRAULICHE E SISMICHE)**  
**Indagini di Fattibilità Geologica, Idraulica e Sismica**

**Premessa**

È stata redatta la presente relazione a supporto della presentazione della "Variante al Regolamento Urbanistico del Comparto 5/6 Zona D2b – Il Chiesino nel Comune di Pontedera" ai sensi del Regolamento D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche.

Nella presente relazione verranno evidenziate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche e geotecniche relative ai terreni interessati dalla Variante al Regolamento Urbanistico in oggetto.

Lo studio si è svolto secondo un approccio metodologico che può essere riassunto come di seguito esposto:

- ⇒ sono stati acquisiti gli elaborati degli studi geologici di supporto alla pianificazione territoriale del Comune di Pontedera (Piano Strutturale, Regolamento Urbanistico, Piano Strutturale Intercomunale, Studio della di Microzonazione Sismica, etc.);
- ⇒ sono state analizzate le cartografie della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – PAI" e del "Piano di Gestione del Rischio Alluvioni - PGRA"; l'intervento ricade sul versante del bacino dell'Arno;
- ⇒ sono stati acquisiti i dati dell'interferometria SAR satellitare per verificare l'esistenza di spostamenti superficiali, nello specifico movimenti di subsidenza dei terreni;
- ⇒ sono stati acquisiti i risultati dell'indagine idraulica redatta dall'Ing. Simone Galardini in qualità di tecnico incaricato di affrontare le problematiche idrauliche gravanti nell'area (Relazione di idraulica con interventi di mitigazione del rischio);
- ⇒ è stato verificato il quadro conoscitivo di riferimento;
- ⇒ sono state acquisite indagini geognostiche dal Data Base della Regione Toscana per analizzare il contesto litologico e litotecnico locale;
- ⇒ sono state acquisiti i risultati di due indagini sismiche MASW eseguite nei pressi dell'area di intervento che ricadono nello stesso contesto sismo-stratigrafico per individuare il valore locale della  $V_{seq}$ , che nello specifico è equivalente alla  $V_{s30}$  visto che il substrato sismico ( $V_s > 800$  m/sec) è ben al di sotto dei 40,0 m indagati;
- ⇒ sono state eseguite tre indagini penetrometriche spinte alla profondità di 20,0 m dal p.c. con punta meccanica Begeman per caratterizzare i terreni presenti nell'area di intervento;
- ⇒ è stata eseguita una indagine sismica MASW all'interno dell'area di intervento;
- ⇒ è stato appurato che non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento rispetto agli aspetti geologici, idraulici e sismici;
- ⇒ sono stati confermati i risultanti dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1;
- ⇒ sono state confermate le Carte della Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica del Piano Strutturale Intercomunale redatto ai sensi del DPGR 53/R;
- ⇒ è stato redatto uno studio per la mitigazione delle problematiche idrauliche per consentire la realizzazione delle opere previste dalla Variante al Regolamento Urbanistico e mitigare il rischio idraulico anche nelle aree contermini (Ing. Simone Galardini);
- ⇒ sono state redatte le tavole di sintesi con indicazione sulla tipologia delle indagini da eseguire o sui criteri e sugli accorgimenti tecnico-costruttivi da adottare ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

È possibile affermare che per gli aspetti geologici, idraulici e sismici non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento aggiornato con il Piano Strutturale Intercomunale; per gli aspetti idraulici è stato redatto un progetto per mitigare il rischio idraulico secondo quanto previsto dalla L.R.41/2018, sia per l'area di intervento che in quelle limitrofe.

**Quadro normativo di riferimento**

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla normativa vigente di seguito specificata:

- ⇒ *D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R - Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche;*
- ⇒ *Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche (allegato A);*
- ⇒ *Strumenti Urbanistici del Comune di Pontedera (PI);*
- ⇒ *L.R. 41/R del 01/08/2018 - Disposizioni urgenti in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010 n. 49;*
- ⇒ *D.P.C.M. 06/05/2005 - Piano di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) "Stralcio Assetto Idrogeologico";*
- ⇒ *D.P.C.M. 06/05/2005 - Piano di Bacino del Fiume Arno (P.A.I.) - Stralcio Assetto Idrogeologico;*
- ⇒ *Decreto Ministeriale 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni 2018;*
- ⇒ *Consiglio Superiore Lavori Pubblici - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018 - Circolare 11 febbraio 2019;*
- ⇒ *D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009 - Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;*
- ⇒ *Consiglio Superiore Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. - Allegato al voto n. 36 del 27/07/2007;*
- ⇒ *Eurocodice 8 (1998) - Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: fondazioni, strutture, di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);*
- ⇒ *Eurocodice 7.1 (1997) - Progettazione geotecnica - Parte I: Regole generali - UNI*
- ⇒ *Eurocodice 7.2 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI;*
- ⇒ *Eurocodice 7.3 (2002) - Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito - UNI;*
- ⇒ *Del. C.I. n° 235 del 3 marzo 2016 - Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.).*
- ⇒ *D.Lgs 10/02/2006 n. 152 - "Norme in materia di Ambiente";*
- ⇒ *Del. GRT n. 421 del 26/05/2014 - classificazione sismica del territorio regionale.*

### **Ubicazione dell'intervento e sue caratteristiche**

L'area di intervento si trova nella porzione nordoccidentale del territorio comunale di Pontedera (PI), più precisamente in località "Il Chiesino"; l'area di intervento è compresa nella "CTR-Sezione 273.120 - Pontedera" alla scala 1:10.000 e nella "CTR-Fogli 17G12, 17G13, 15G20 e 17G21" alla scala 1:2.000. L'area oggetto della variante urbanistica ha una forma geometrica regolare (circa un trapezio) con un lato che confina con Via Tosco-Romagnola, uno lato confina con Via Maremmana, mentre gli altri due lati confinano uno con la massciata della ferrovia Firenze-Pisa e l'altro con l'argine del Canale Scolmatore; nell'area di intervento le quote del piano di campagna oscillano tra + 10,0 m e +11,5 m slm (CRT - Regione Toscana).

La Variante al Regolamento Urbanistico in oggetto riguarda un'area libera, di forma circa trapezoidale compresa tra Via Tosco Romagnola e la linea ferroviaria Firenze-Pisa, copre un'estensione di circa 18 ettari dei quali solo in una piccola porzione sono presenti manufatti diruti riconducibili alla passata attività agricola (questi rientrano nel Piano di Recupero Scheda AR 41). All'interno dell'area in oggetto sono previste opere di urbanizzazione primaria e secondaria, oltre ad una suddivisione in lotti funzionali all'interno dei quali è prevista la realizzazione di manufatti edilizi ad uso commerciale. Precisi dati progettuali sono riportati nelle tavole redatte dallo "Studio Associato di Architettura - Arch. Franco Aringhieri - Arch. Antonella Bini - Arch. Antonio Catarsi" di Ponsacco (PI).

### **Inquadramento geologico regionale (da PSI)**

Dal punto di vista geologico, l'area oggetto di studio appartiene al sistema orogenico dell'Appennino Settentrionale, una catena a falde costituita da un complesso impilamento di unità tettoniche le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali testimoniano una lunga storia geodinamica, che inizia con le fasi di *rifting* e *spreading* triassico-giurassiche legate all'apertura del Dominio oceanico Ligure-Piemontese, compreso tra i margini continentali delle placche Europa ed Adria. Nel Cretaceo Superiore il regime geodinamico si inverte, passando dalle fasi di apertura a quelle convergenti, conosciute in

letteratura come *Fase Ligure* (Elter, 1975a), con la subduzione di litosfera oceanica e la progressiva chiusura del Domino Ligure-Piemontese che si completa nell'Eocene Medio con la collisione continentale.

A partire dall'Oligo-Miocene, la deformazione coinvolge il margine continentale della placca Adria con la progressiva migrazione del fronte compressivo verso est e la sovrapposizione tettonica dell'insieme alloctono delle Unità Liguri, di origine oceanica, sull'insieme Umbro-Toscano, costituito dalle coperture deformate e scollate del margine continentale della placca Adria.

Nel Miocene Inferiore il sistema orogenico appenninico si presenta quindi come un edificio a falde caratterizzato da una serie di unità tettoniche sovrapposte costituite, dal basso verso l'alto, dalle Unità Toscane Metamorfiche, dalla Falda Toscana, dalle Unità Liguri e dalle Unità Subliguri. Le Unità Liguri possono essere distinte a loro volta, sulla base della loro paleogeografia originaria, in Unità Liguri Interne, costituite da un basamento oceanico con relative coperture sedimentarie, ed Unità Liguri Esterne, caratterizzate da successioni torbiditiche depositatesi su di un substrato transizionale.

L'edificio a falde descritto viene quindi smantellato durante l'evoluzione post-collisionale, generalmente interpretata avvenire nel contesto di un regime geodinamico distensivo che nel corso del Neogene e del Quaternario porta al collasso e allo smembramento della catena appenninica. All'interno di questa storia post-collisionale vengono distinti due eventi distensivi principali:

Il primo evento, compreso tra il Miocene Inferiore ed il Tortoniano, è caratterizzato da una delaminazione crostale che avviene in corrispondenza di superfici estensionali a basso angolo, lungo le quali si ha l'elisione di porzioni importanti di successione stratigrafica, con la diretta sovrapposizione delle Unità Liguri su unità profonde dell'edificio strutturale come, ad esempio, i termini anidritici triassici della Falda Toscana o, addirittura, sulle Unità Toscane Metamorfiche.

Il secondo evento estensionale, attribuito ad un intervallo di tempo compreso tra il Tortoniano Superiore ed il Pleistocene Medio, è caratterizzato dallo sviluppo di faglie ad alto angolo che delimitano sistemi di fosse tettoniche orientate NW-SE.

La storia tettonica neogenico-quadernaria si riflette in una successione sedimentaria caratterizzata inizialmente da fasi di esumazione delle unità più profonde accompagnate dall'erosione delle unità tettoniche geometricamente più elevate (Unità Liguri) con la produzione dei depositi clastici anche grossolani che formano i sistemi fluvio-lacustri del Tortoniano Superiore. A questi eventi fa seguito nel Pliocene Inferiore un generale evento trasgressivo, particolarmente sviluppato in Toscana centro-meridionale.

Il quadro geodinamico descritto per i bacini Plio-Pleistocenici, interpretati come controllati da sistemi longitudinali di faglie normali ad alto angolo nel contesto di un regime distensivo, viene tuttavia messo in discussione da evidenze strutturali, più volte segnalate in letteratura, che indicano campi di stress compressivi attivi anche negli stadi molto recenti della catena suggerendo quindi modelli evolutivi alternativi.

### **Evoluzione tettonica (da PSI)**

Come descritto nel paragrafo precedente, l'evoluzione tettonica dell'area studiata è caratterizzata da una storia più antica legata ad un regime geodinamico convergente che innesca la chiusura del dominio oceanico Ligure-Piemontese e porta alla collisione continentale nell'Oligo-Miocene, ed una storia più recente che va dal Miocene Inferiore-Medio all'attuale a cui è legata la progressiva destrutturazione della catena e l'apertura del sistema di bacini neogenico-quadernari.

Le deformazioni pre-collisionali e sin-collisionali interessano le unità più antiche, appartenenti al Dominio Ligure e Toscano, con lo sviluppo di fasi plicative e superfici di sovrascorrimento che hanno portato all'accavallamento delle Unità Liguri al di sopra di quelle Toscane originando un complesso edificio a falde.

All'interno del territorio dei comuni che fanno parte dell'Unione Valdera, l'edificio strutturale è caratterizzato dall'impilamento di quattro unità tettoniche, che, partendo dall'alto, sono rappresentate dall'unità tettonica del Flysch di Monteverdi Marittimo sovrapposta all'Unità di Monte Morello/Santa Fiora, entrambi appartenenti al Dominio Ligure. L'Unità di Monte Morello/Santa Fiora è a sua volta sovrascorsa al di sopra della Falda Toscana la quale è sovrapposta tettonicamente all'Unità del Monte Serra. Queste ultime due unità appartengono al Dominio Toscano.

La strutturazione acquisita durante le fasi pre-collisionali e sin-collisionali viene successivamente sovrainposta e spesso quasi completamente obliterata dalle deformazioni legate alle fasi post-collisionali, che coinvolgono l'edificio strutturale a partire dal Miocene Inferiore.

L'evoluzione post-collisionale viene generalmente inquadrata nel contesto di un regime geodinamico distensivo, con una prima fase di assottigliamento crostale che origina la destrutturazione dell'edificio tettonico lungo superfici estensionali a basso angolo. Nel territorio di interesse non esistono

testimonianze sicure di questo evento deformativo, in quanto l'evidenza di una fase sottrattiva a basso angolo si può avere solo nel caso di situazioni tipo "serie ridotta" della Toscana meridionale. Tuttavia, si può ritenere probabile che i contatti tettonici tra le diverse unità presenti in Valdera siano stati riattivati come superfici estensionali a basso angolo nel corso delle fasi mioceniche.

Le strutture più evidenti in Valdera sono sicuramente rappresentate dai sistemi di faglie ad alto angolo legati alla storia geodinamica più recente, che va dal Miocene Superiore all'attuale. Possono essere riconosciuti due sistemi principali di faglie, uno con orientazione all'incirca NO-SE parallela alle direzioni assiali della catena appenninica (sistema appenninico), l'altro con orientazione approssimativamente NE-SO trasversale alle direzioni assiali della catena (sistema antiappenninico). Il sistema di faglie appenninico individua settori longitudinali alla catena con l'alternanza di alti e bassi strutturali, rappresentati rispettivamente da rilievi costituiti da porzioni di substrato meso-cenozoico, alternati a depressioni all'interno delle quali si sviluppano le successioni neogenico-quadernarie.

In particolare, la depressione tettonica della Valdera è delimitata da sistemi di faglie ad alto angolo che la separano ad ovest dall'alto dei Monti di Casciana Terme - Castellina Marittima e ad Est dai Monti di Iano - Cornocchio.

Questi elementi strutturali sembrano immergere verso Nord al di sotto dei depositi alluvionali della Pianura di Pisa. A Nord dell'Arno, si trova nuovamente un alto strutturale rappresentato dal Monte Pisano, anch'esso delimitato da faglie ad alto angolo che lo separano ad Ovest dalla fossa tettonica della Versilia, e ad Est dalla depressione di Bientina - Cerbaie - Fucecchio, che ricade in parte all'interno dell'area studiata.

Questi sistemi di faglie affiorano estesamente nell'area di Casciana Terme, dove è evidente il coinvolgimento del substrato mesozoico e dei depositi pliocenici. La cinematica sembra complessa anche se la componente normale appare predominante. Alle faglie appartenenti al sistema appenninico sono associate faglie a direzione antiappenninica e cinematica trascorrente.

Lo studio della cinematica dei sistemi di faglie ad alto angolo riveste un ruolo fondamentale per la comprensione della storia evolutiva recente (Miocene Superiore-attuale) della catena. Infatti, malgrado il contesto geodinamico estensionale rappresenti il presupposto per i modelli evolutivi comunemente proposti, numerosi studi strutturali hanno evidenziato come i depositi continentali del Tortoniano Superiore e marini del Messiniano - Pliocene della Toscana meridionale siano interessati da una diffusa deformazione compressiva, dimostrando inoltre che i bacini neogenici possono originarsi anche all'interno di un regime tettonico prevalentemente compressivo. Alle evidenze di terreno si aggiungono studi geofisici che suggeriscono il coinvolgimento del substrato Toscano lungo superfici di thrust, in corrispondenza delle quali si ipotizza possano originarsi gli alti strutturali di unità meso-cenozoiche come quello rappresentato dai Monti di Casciana Terme - Castellina Marittima. In questi modelli alternativi, la cinematica estensionale caratterizzerebbe le fasi tardive legate al collasso finale della catena.

Vista l'importanza della comprensione dei caratteri cinematici dei sistemi di faglie ad alto angolo per la ricostruzione di modelli evolutivi per la catena appenninica, nella realizzazione della carta geologica è stato deciso di segnalare, in modo indicativo, la presenza di faglie descritte in letteratura ma delle quali non esistono studi di terreno, in quanto tali strutture sono state ipotizzate come sepolte al di sotto dei depositi alluvionali.

In particolare, sono state indicate le due faglie con orientazione ONO-ESE nella Piana di Lucca a Nord del Monte Pisano, faglie che dovrebbero separare rispettivamente l'Unità del Monte Serra dal Macigno della Falda Toscana e quest'ultimo dai depositi fluvio-lacustri delle Cerbaie. Sempre in corrispondenza del Monte Pisano, è stata riportata la faglia NO-SE che ne delimita l'alto strutturale, sepolta al di sotto delle alluvioni nella Piana di Bientina. A Nord di Pontedera è stata indicata la faglia che delimita verso Sud le Colline delle Cerbaie, la cui presenza al di sotto delle alluvioni dell'Arno è stata più volte ipotizzata, e per la quale è stato addirittura stimato un rigetto di circa 90 m sulla base della differenza di quota tra i depositi del Pleistocene Medio a Nord e a Sud dell'Arno. Infine, è stata riportata la faglia di Montefoscoli lungo la quale i depositi del Pleistocene Inferiore vengono giustapposti alla successione Pliocenica.

### **Geologia generale della Valdera (da PSI)**

Nel territorio dell'area di intervento affiora prevalentemente la successione Neogenico-Quaternaria, con le unità litoidi più profonde che si ritrovano unicamente in due settori: a nord, in corrispondenza dell'Unità Toscana Metamorfica del Monte Pisano, ed a sud nella zona di Casciana Terme dove affiora una porzione di edificio strutturale con le Unità Liguri Esterne sovrapposte alla Falda Toscana.

All'interno del territorio della Valdera è possibile suddividere i depositi Neogenico-Quaternari in due successioni sedimentarie: la prima che si è sviluppata durante il Pliocene (Zancleano-Piacenziano) e la seconda che è limitata al Pleistocene inferiore (Gelasiano-Calabriano).

Secondo il modello stratigrafico proposto dall'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa, durante lo Zancleano, nelle aree più interne del bacino sedimentario (Casciana Terme e Sant'Eremo), la prima

successione pliocenica si è sviluppata mediante una trasgressione rapida e diacrona che ha portato alla deposizione di sedimenti grossolani e sabbiosi di mare basso passanti eteropicamente e verso l'alto, a depositi argillosi e sabbiosi di ambiente neritico esternobatiala. Questi ultimi sono caratterizzati da sedimentazione continua nell'intervallo Zancleano (Zona a Sphaeroidinellopsis seminulina) - Piacenziano p.p. (Zona a Globorotalia aemiliana). Questa successione sedimentaria si chiude con una fase regressiva, testimoniata dal graduale passaggio da ambienti di sedimentazione marini profondi a prossimali (diminuzione batimetrica) fino a veri e propri ambienti paralici e transizionali. Affioramenti di depositi relativi a questa fase sono segnalati nei rilievi a nord di Palaia e ad est di Montecastello.

La trasgressione Santerniana segna l'inizio del ciclo Pleistocenico, ed è documentata dal passaggio eteropico e verso l'alto stratigrafico di depositi transizionali (affioranti presso Capannoli e San Pietro Belvedere) a sedimenti francamente marini (affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello) contenenti ospiti nordici (Arctica islandica). Il passaggio Pliocene-Pleistocene è stato documentato con attribuzioni cronostratigrafiche dirette solamente presso la località di Morrona, che non ricade nell'area di studio. Solitamente questo limite non è ben definibile perché interessa formazioni di ambiente salmastro o marino di acque basse, che non hanno fornito elementi biostratigrafici, alla scala di osservazione, utili alla sua individuazione certa.

Il ciclo pleistocenico si conclude con una fase regressiva la cui espressione stratigrafica più diffusa sul territorio sono depositi sabbiosi di mare basso (affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello). Per quello che riguarda intervalli di tempo più recenti, ad oggi si segnalano sedimenti continentali riferibili al Pleistocene superiore nei rilievi delle Cerbaie e nella zona più settentrionale delle Colline Pisane. Per i riferimenti cronostratigrafici delle unità neogeniche e quaternarie marine affioranti nell'area di studio è stata utilizzata la carta internazionale proposta da Cohen et al., (2013).

Riassumendo, all'interno dell'area studiata per il Piano Strutturale Intercomunale le formazioni presenti possono essere raggruppate, a partire dalla più profonda, nelle seguenti unità tettoniche:

- Unità del Monte serra (Unità Toscane Metamorfiche)
- Falda Toscana
- Unità di Monte Morello/Santa Fiora (Unità Liguri Esterne)
- Unità del Flysch di Monteverdi Marittimo (Unità Liguri Esterne)
- Successione Neogenico-Quaternaria
- Depositi continentali recenti e attuali

Di seguito viene descritta la successione stratigrafica che caratterizza i terreni presenti nell'area di intervento, partendo dall'unità geometricamente più bassa che definisce il substrato relativo.

#### **Successione Neogenico-Quaternaria (da PSI).**

I depositi affioranti riportati nella legenda della carta geologica di supporto al Piano Strutturale Intercomunale sono stati classificati tenendo conto delle informazioni cronostratigrafiche e paleoambientali raccolte, nonché delle reciproche relazioni stratigrafiche.

Quindi, procedendo dalle unità più antiche a quelle più recenti, sono stati riconosciuti depositi continentali, transizionali, marini prossimali e marini distali sia relativi al ciclo pliocenico sia a quello pleistocenico, che di fatto costituiscono il substrato relativo dell'area di intervento ove affiorano depositi alluvionali recenti.

Con i dati stratigrafici disponibili è possibile posizionare il passaggio tra i depositi Olocenici e quelli Pleistocenici ad una profondità di circa 43 m dal p.c. (indagine n° 192.688 della Carta delle sezioni stratigrafiche dello studio di microzonazione sismica); per la zona di intervento non sono disponibili dati stratigrafici che confermino il contatto tra i depositi Pleistocenici e quelli Pliocenici.

Di seguito riportiamo la successione lito-stratigrafica presente nell'area di intervento seguendo l'ordine geometrico delle formazioni come affioranti nei rilievi collinari pleistocenici che di fatto caratterizzano anche il substrato relativo dell'area; dal basso verso l'alto troviamo:

Depositi di ambiente transizionale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE1): Argille e limi di Vigna Nuova Peccioli; Sabbie di Nugola Vecchia p.p.). La successione quaternaria, nelle porzioni più interne del bacino (area di Capannoli), si apre con i depositi di ambiente transizionale che in letteratura corrispondono alla formazione delle Argille e limi di Vigna Nuova Peccioli. Affioramenti di questa unità si hanno nelle colline poste fra San Pietro in Belvedere, Capannoli e Montecastello; inoltre, buone esposizioni sono state segnalate nei dintorni di San Ruffino e Quercione. Questa unità è composta principalmente da argille, limi contenenti materia organica e faune oligotipiche. Fra i fossili sono presenti Cerastoderma, Bithynia. Le associazioni rinvenute permettono di riferire questi depositi ad ambienti acquatici sottosalati.

Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE2): Sabbie ed argille ad Arctica islandica. Al di sopra e lateralmente ai depositi pleistocenici transizionali sono presenti dei depositi argilloso sabbiosi con abbondanti faune, fra cui Molluschi, Brachiopodi, Echinoidi, Coralli, Anellidi, Crostacei, Foraminiferi, Ostracodi. Le associazioni fossilifere permettono di attribuire questi depositi ad un ambiente marino con batimetrie al limite fra la parte interna ed esterna della zona neritica e di riferirli al

Santerniano. Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (PLE2s) da quelle prevalentemente argillose (PLE2a)

Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE3): Sabbie di Nugola Vecchia p.p.; Conglomerati di Ceppato. La successione pleistocenica termina con una fase regressiva, attuata nel corso del Calabriano terminale (Emiliano), la cui espressione stratigrafica più diffusa sul territorio sono depositi sabbiosi di mare basso, affioranti a nord di Casciana Terme e nei rilievi a sud di Montecastello. Dal punto di vista sedimentologico questa unità è costituita da sabbie medie e fini di colore ocre, raggruppate in banchi metrici. I fossili sono comuni e, insieme ai caratteri sedimentologici, sono indicativi di un ambiente marino litorale e di spiaggia emersa. Le associazioni a microfossili permettono di attribuire la formazione ad un generico Emiliano. Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (PLE3s) da quelle prevalentemente argillose (PLE3a)

Depositi di ambiente continentale riferibili all' Aureliano-Galeriano (AUR): Casa Poggio ai Lecci p.p.; Sabbie e limi di Vicarello; Conglomerati e sabbie delle Cerbaie. Questi corpi sedimentari poggiano in discordanza stratigrafica, con contatto visibile solo localmente, sopra le formazioni neogeniche-quadernarie e sono costituiti principalmente da ghiaie in matrice sabbiosa. Le caratteristiche sedimentologiche sono indicative di un ambiente deposizionale di tipo fluviale. Questi depositi affiorano nel settore settentrionale delle Colline Pisane. All'interno di questa categoria sono stati inseriti sia i depositi di conoide antico, sia i depositi alluvionali terrazzati antichi riferiti da letteratura ad un generico Pleistocene superiore. Nella carta geologica sono state distinte le facies prevalentemente sabbiose (AURs) da quelle prevalentemente ghiaiose (AURg) e quelle a tessitura mista (AURm). - Travertini e calcari continentali (TRA).

Depositi recenti ed attuali: Deposito alluvionale attuale o recente (b1n).

Sono distinte le facies argillose (b1a), sabbiose (b1s), limose (b1l) e a tessitura mista (b1m).

Deposito eluvio colluviale (b2a) - Deposito alluvionale o di origine mista (b4a) - Deposito di origine lacustre (e2a) - Deposito di colmata (e4a) - Deposito di origine antropica (h1).

Per l'area di intervento abbiamo considerato come riferimento stratigrafico la colonna stratigrafica n° 192.688 acquisita dallo Studio di Microzonazione Sismica; questa indicata la presenza di depositi alluvionali olocenici fino alla profondità di 44,0 m dal p.c., composti prevalentemente da argille, argille limose ed argille sabbiose con intercalati livelli di sabbia e sabbia limosa, generalmente poco consistenti fino alla profondità di circa 17,0 m dal p.c., e poi moderatamente consistenti fino alla profondità di circa 44,0 m dal p.c.. Seguono i depositi Pleistocenici consistenti quando coesivi (argille, argille sabbiose) ed addensati quando incoerenti (sabbie, ghiaie e sabbie limose).

### **Evoluzione della pianura alluvionale**

L'area di intervento rientra nella pianura alluvionale dell'Arno delimitata a nord dal bacino fluvio-lacustre di Bientina ed a sud dalla Valdera; l'evoluzione della pianura alluvionale dell'Arno è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali attuali e recenti talvolta attraversati da paleomeandri. I meandri si formano tipicamente nelle parti basse delle pianure alluvionali e presentano un'asse di propagazione generalmente perpendicolare alla costa; nel caso specifico sono presenti paleo-meandri riconducibili sia al Fiume Arno che al Fiume Era. Generalmente, i depositi che compongono i paleo-meandri hanno una composizione prevalentemente sabbiosa e sabbioso limosa, mentre i depositi che li ricoprono e/o li delimitano hanno una composizione limo argillosa.

Nella successione litostratigrafica della pianura dell'Arno sono presenti depositi mio-pliocenici e quaternari, come hanno confermato alcuni sondaggi profondi dai quali è stato possibile raggiungere il substrato profondo sul quale è avvenuto il riempimento sedimentario; si tratta cioè del "tetto" delle successioni litologiche pre-mioceniche che per l'area specifica si trova ad una profondità di oltre 500 metri dal p.c. (calcari analoghi a quelli affioranti sui Monti Pisani).

I sedimenti che costituiscono questo riempimento sono suddivisi in due sequenze successive; la più profonda, definita substrato intermedio, comprende i sedimenti che dal Miocene superiore raggiungono la fine del Pleistocene inferiore. Si tratta di depositi che oggi possiamo osservare in affioramento sulle colline pisane e che comprendono, nell'ordine, dal basso: conglomerati, sedimenti di ambiente lagunare (argille), evaporiti (strati di gesso alternati ad argille), sabbie, argille e conglomerati sempre di origine marina. Nel Pliocene inferiore la sequenza evolve verso termini sabbiosi che in conseguenza dell'emersione avvenuta nel Pliocene superiore sono assenti perché erosi.

Con l'inizio del Pleistocene, ha termine la prima successione deposizionale di riempimento (substrato intermedio). Il riequilibrio statico della crosta (sollevamento epirogenetico protrattosi per tutto Pleistocene medio), fa riemergere nuovamente il valdarno inferiore e con l'impostazione del nuovo reticolo fluviale, inizia l'azione erosiva che interrompe la continuità di deposizione. È in questo periodo (Pleistocene iniziale) che in corrispondenza delle fasi interglaciali (scioglimento dei ghiacci), si intensifica notevolmente l'azione erosiva e si forma il deposito ghiaioso fluviale, esteso a tutto il sottosuolo della

pianura di Pisa e presente, nel nostro territorio, a profondità di circa 30-40 metri dal p.c. a formarlo sono un paleo Serchio proveniente da nord ed un corso d'acqua ad andamento pressoché analogo a quello dell'odierno Arno. Nell'area di intervento è posto a -44,0 m dal p.c.. È soprattutto questo paleo Serchio ad apportare ciottoli grossolani e ghiaie erosi dai Monti Pisani e dalle Apuane (elementi quarziticci - filladici e calcari cristallini).

Questo antico ramo del Serchio coesisteva già dal Würm I, contemporaneamente al ramo che si era aperto un passaggio da Ripafratta. Da Bientina invece, il paleo Serchio raggiungeva il mare congiungendosi a nord delle Secche della Meloria con l'antico corso dell'Arno.

Sopra a questi ciottolami e ghiaie sono presenti limi fluvio-palustri che testimoniano una sostanziale diminuzione dell'attività erosiva fluviale dettata da cambiamenti climatici; da condizioni umide di fase oceanica si giunse ad una fase continentale, più arida (Fancelli et al. 1986).

Durante l'interglaciale Riss-Würm, i corsi d'acqua principali del Valdarno inferiore hanno prodotto la maggior quantità dei loro depositi sedimentari, mentre la fase di erosione più importante si è sviluppata durante le fasi würmiane. Si distinguono due aree, mentre ad ovest di Cascina, l'area era occupata dal grande golfo chiamato "*Sinus pisanus*" (nel quale prosegue la sedimentazione marina), nel nostro territorio la sedimentazione diviene di carattere esclusivamente fluviale ed anche lacustre; l'area fu infatti occupata dal grande lago detto "delle Pianore" (Federici e Mazzanti 1988).

L'ingresso del mare verso il territorio ad est di Cascina, fu limitata oltre che dalle barre sabbiose eoliche, dai sedimenti fluviali che coltavano la pianura, isolando le depressioni interne dalla piana marina.

I depositi recenti olocenici sono quelli che si possono osservare sulla pianura attuale, tra essi sono maggiormente rappresentati i depositi torbosi palustri e quelli di colmata che, tuttavia, nella specifica area di pianura, sono estremamente ridotti. Infatti, questi depositi si localizzano nelle aree più lontane dai corsi d'acqua (sia quelli antichi che quelli attuali), dove proprio per l'assenza dei materiali trasportati dalle esondazioni, sono rimaste leggermente depresse e quindi soggette ad impaludamenti. In queste aree vi giungevano solo i materiali più fini.

La pianura in cui ricade l'area di intervento, stretta tra Monti Pisani e le Cerbaie, è stata occupata completamente dai fiumi che con i loro depositi non hanno lasciato spazio a zone depresse.

**Depositi alluvionali recenti ed attuali** (Olocene) "b" - sono gli unici depositi presenti, costituiti prevalentemente da argille, argille limose, limi, sabbie di esondazione fluviale o di barra di meandro dei fiumi attuali ed antichi che hanno solcato questo tratto della pianura. Nella carta sono i depositi stati distinti in base al litotipo prevalente.

### **Assetto geologico, geomorfologico, litotecnico e idrogeologico dell'area in variante**

I terreni olocenici presenti nell'area di intervento sono costituiti da depositi alluvionali attuali e recenti deposti dalle acque dei corsi d'acqua, principali e secondari, che dopo aver solcato i promontori collinari pisani laminavano le loro acque cariche di sedimenti nella pianura; in superficie sono costituiti prevalentemente da limi argillosi e argille limose, all'interno dei quali si trovano orizzonti di sabbie e ghiaie in matrice limosa legate alla migrazione dei meandri dei corsi d'acqua principali (F. Arno e F. Era), nonché da depositi marini di barra costiera.

Per la successione stratigrafica di riferimento è stato utilizzato il sondaggio n° 192.688 (Studio di Microzonazione Sismica); nella successione sono stati individuati depositi alluvionali olocenici fino alla profondità di 44,0 m dal p.c., sono composti prevalentemente da argille, argille limose ed argille sabbiose con intercalati livelli di sabbia e sabbia limosa, generalmente poco consistenti fino alla profondità di circa 17,0 m dal p.c., e poi moderatamente consistenti fino alla profondità di circa 44,0 m dal p.c.. Seguono i depositi Pleistocenici consistenti quando coesivi (argille, argille sabbiose) ed addensati quando incoerenti (sabbie, ghiaie e sabbie limose).

È opportuno segnalare che l'area di intervento confina con ad Est con il canale Scolmatore dell'Arno, pertanto, almeno nella porzione prossima a questa opera idraulica, in superficie potrebbe esserci una coltre di materiale di riporto superficiale derivante proprio dai lavori eseguiti per la sua realizzazione; generalmente hanno una composizione limo-argillosa e argillo-limosa, ovvero identici a quelli presenti nell'area di intervento.

Dal punto di vista geomorfologico l'area di intervento è pianeggiante e non è interessata da fenomeni di dissesto tali da impedire la fattibilità dell'intervento in progetto, è presente un paleo-meandro ma ciò non condiziona la stabilità generale dell'area di intervento.

L'idrografia di superficie è caratterizzata dalla presenza di un fossato che corre lungo via Tosco-Romagnola, di un fossato che corre lungo Via Maremmana oltre a canalette campestri che nell'insieme costituiscono il reticolo idrografico minore. Gli elementi idrografici principali sono composti dal F. Arno e dal Canale Scolmatore dell'Arno oltre ai fossi suddetti.



Dal punto di vista idrogeologico nella zona può essere presente una falda freatica discontinua in virtù della distribuzione dei litotipi alluvionali della pianura (paleo-meandri); nella carta di supporto al Piano Strutturale (tavola 8a) viene indicato un livello piezometrico compreso tra -8,0 m e -9,0 m s.l.m., ovvero tra -2,0 e -3,0 m dal p.c. (aspetto da verificare in sede di campagna geognostica esecutiva). La presenza di acqua può essere correlata alla presenza degli orizzonti di sabbia e/o sabbia limosa intercalati nella successione alluvionale prevalentemente coesiva. Dal punto di vista della permeabilità ai terreni affioranti vengono inseriti nell'Unità idrogeologica "P2 - unità a permeabilità primaria da basa a molto bassa o impermeabile" (tavola 8b).

Dalla Carta Litotecnica con i dati base (tavole 7a e 7b) è stato possibile osservare che i depositi presenti nell'area di intervento sono associati ad "Unità Litotecnica 5: Formazioni pseudocoerenti argilloso-sabbiose (a)" del Piano Strutturale (tavola 7a) ed "all'Unità F - Materiali con consistenza limitata o nulla F1- limi (s5-6)" del Piano strutturale Intercomunale (tavola 7b). Questo aspetto che è stato verificato con le indagini penetrometriche eseguite.

Lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 realizzato a supporto del Piano Strutturale Intercomunale non deve essere aggiornato in quanto presenta un quadro conoscitivo completo; per i dettagli si rimanda quanto pubblicato sul sito dell'Unione Valdera.

Di seguito riportiamo quanto indicato nella cartografia ufficiale di MS1 per l'area di intervento ai fini della stesura della "Carta della Pericolosità Sismica" di supporto alla Variante Urbanistica:

- Carta Geologico Tecnica (tavola 14) ⇒ Unità 3: Formazioni pseudocoerenti argilloso sabbiose (b -bna - bnb - superfici di terrazzo);
- Carta delle Sezioni Stratigrafiche Tipo (tavole 15 e 16) ⇒ Zona 6 - Fondovalle Fiume Arno Zona Chiesino - Collodi ⇒ Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi di bassa consistenza (colonna di riferimento n° 192.688);
- Carta MOPS frequenze naturali dei depositi (tavola 17) ⇒ frequenza  $1.00 \leq f_0 < 2.5$  - Ampiezza  $3.0 \leq A_0 < 5.0$ ;
- Carta MOPS Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (tavola 18) ⇒ Zona 6: Fondovalle Fiume Arno - Zona Chiesino Collodi - Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi di bassa consistenza - Depositi alluvionali recenti di prevalentemente argilloso sabbiosi da basa a media consistenza;
- MOPS Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (tavole 19 e 20) ⇒ Zona 2001 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ⇒ Sezione stratigrafica 2001 (litotipo e spessore): ML 30-50 m; GP 5-15 m; SC/SM/SW 20-30m - Alto contrasto.

L'analisi dei dati acquisiti consente di affermare la presenza nell'area di intervento di una successione alluvionale olocenica prevalentemente coesiva all'interno della quale sono presenti livelli di sabbia e sabbia limosa.

Dal punto di vista litotecnico, almeno in termini di resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica, i depositi indagati con le prove penetrometriche eseguite risultano generalmente soffici e plastici fino alla massima profondità indagata (20 m dal p.c.), talvolta moderatamente consistenti.

### **Indagini eseguite a supporto della Variante Urbanistica**

Nell'area di intervento affiorano depositi alluvionali attuali e recenti, come meglio descritto nei paragrafi precedenti; abbiamo assunto come successione stratigrafica di riferimento quella del sondaggio n° 192.688 (MS1); in questa sono stati individuati depositi alluvionali olocenici fino alla profondità di 44,0 m dal p.c., sono generalmente composti da argille, argille limose ed argille sabbiose con intercalati livelli di sabbia e sabbia limosa, generalmente poco consistenti fino alla profondità di circa 17,0 m dal p.c., e moderatamente consistenti fino alla profondità di circa 44,0 m dal p.c.. Seguono i depositi Pleistocenici consistenti quando coesivi (argille, argille sabbiose) ed addensati quando incoerenti (sabbie, ghiaie e sabbie limose).

Per verificare lo stato di consistenza dei depositi alluvionali, almeno in termini di resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica, sono stati acquisiti i grafici di alcune indagini penetrometriche dal Data Base della Regione Toscana (SITA) e sono state eseguite tre prove penetrometriche nell'area di intervento con le quali è stata raggiunta la profondità massima di 20,0 m dal p.c.. Contemporaneamente è stata eseguita un'indagine sismica MASW per confermare i valori della  $V_{Seq}$  acquisite con lo stesso tipo di indagine nelle aree limitrofe a quella di intervento.

Attraverso queste indagini preliminari è stato possibile avere una caratterizzazione di massima del sito di intervento; questi parametri dovranno essere verificati puntualmente in sede progettazione esecutiva.

### **Prove penetrometriche statiche.**

Per la verifica strumentale della consistenza dei terreni presenti nell'area di intervento è stato utilizzato il penetrometro statico/dinamico, Pagani TG63 da 200 KN equipaggiato con punta Begeman, in grado di fornire i valori della resistenza alla punta ( $q_c$ ), della resistenza laterale ( $f_s$ ) e del rapporto Begeman ( $q_c/f_s$ ) ogni 20 cm di penetrazione nel terreno. L'analisi dei dati ci ha consentito di ricostruire l'assetto geologico-stratigrafico di massima dell'area di intervento.

Sono state eseguite tre prove penetrometriche con punta meccanica e di seguito riportiamo i relativi profili litostratigrafici, attraverso i quali ricostruire un modello geologico generale da verificare puntualmente in sede di progettazione esecutiva.

#### Prova penetrometrica CPT1<sub>mag21</sub> (profondità da p.c. locale 27/05/2021)

0,0 ÷ 1,0 m	Sabbia limosa e limo-sabbioso, sciolto ( $Q_c = 22-25 \text{ Kg/cm}^2$ );
1,0 ÷ 3,2 m	Argilla ed argilla organica, da plastica a consistente ( $Q_c = 10-15 \text{ Kg/cm}^2$ );
3,2 ÷ 8,8 m	Argilla ed argilla organica, da soffice a plastica ( $Q_c = 5-10 \text{ kg/cm}^2$ );
8,8 ÷ 13,8 m	Argilla ed argilla organica, consistente ( $Q_c = 15-20 \text{ kg/cm}^2$ );
13,8 ÷ 14,0 m	Argilla ed argilla organica, da plastica a consistente ( $Q_c = 13-15 \text{ kg/cm}^2$ );
14,0 ÷ 20,0 m	Argilla, argilla limosa ed argilla organica, plastica ( $Q_c = 7-9 \text{ kg/cm}^2$ ).

Nella successione argillosa e argillo-limosa sono intercalati livelli centimetrici di sabbie limose; nel foro lasciato dalla prova penetrometrica è stato possibile misurare il livello piezometrico a -2,20 m dal p.c. (27/05/2021).

#### Prova penetrometrica CPT2<sub>mag21</sub> (profondità da p.c. locale 27/05/2021)

0,0 ÷ 1,0 m	Argilla limosa, consistente ( $Q_c = 18-20 \text{ Kg/cm}^2$ );
1,0 ÷ 3,2 m	Argilla, argilla limosa ed argilla organica, consistente ( $Q_c = 13-20 \text{ Kg/cm}^2$ );
3,2 ÷ 8,2 m	Argilla ed argilla organica, da soffice a plastica ( $Q_c = 5-7 \text{ kg/cm}^2$ );
8,2 ÷ 11,8 m	Argilla ed argilla organica, plastica ( $Q_c = 9-13 \text{ kg/cm}^2$ );
11,8 ÷ 17,8 m	Argilla, argilla limosa ed argilla organica, da soffice a plastica ( $Q_c = 6-10 \text{ kg/cm}^2$ );
17,8 ÷ 20,0 m	Sabbia e sabbia limosa, med. addensata ( $Q_c = 30-40 \text{ kg/cm}^2$ ).

Nella successione argillosa e argillo-limosa sono intercalati livelli centimetrici di sabbie limose; nel foro lasciato dalla prova penetrometrica è stato possibile misurare il livello piezometrico a -2,00 m dal p.c. (27/05/2021).

#### Prova penetrometrica CPT3<sub>mag21</sub> (profondità da p.c. locale 27/05/2021)

0,0 ÷ 1,0 m	Sabbia e sabbia limosa, sciolta ( $Q_c = 20-30 \text{ Kg/cm}^2$ );
1,0 ÷ 3,2 m	Argilla, argilla limosa ed argilla organica, da plastica a consistente ( $Q_c = 12-15 \text{ Kg/cm}^2$ );
3,2 ÷ 8,2 m	Argilla ed argilla organica, da soffice a plastica ( $Q_c = 5-10 \text{ kg/cm}^2$ );
8,2 ÷ 11,6 m	Argilla ed argilla organica, da plastica a consistente ( $Q_c = 12-15 \text{ kg/cm}^2$ );
11,6 ÷ 20,0 m	Argilla, argilla limosa ed argilla organica, da soffice a plastica ( $Q_c = 6-10 \text{ kg/cm}^2$ );

Nella successione argillosa e argillo-limosa sono intercalati livelli centimetrici di sabbie limose; nel foro lasciato dalla prova penetrometrica è stato possibile misurare il livello piezometrico a -1,70 m dal p.c. (27/05/2021).

Analizzando il contesto geologico stratigrafico ed i risultati acquisiti con le prove penetrometriche statiche eseguite è stato possibile formulare le seguenti considerazioni a carattere generale, da verificare sempre puntualmente in fase esecutiva:

- in superficie è presente un primo orizzonte talvolta indurito per effetto dell'essiccazione, riconducibile all'orizzonte agrario;
- le tre verticali di indagine hanno attraversato la successione olocenica della formazione dei "Depositi alluvionali (All)", costituiti generalmente da terreni argillosi, argillo-limosi ed argilloso-organici, all'interno della quale sono presenti livelli centimetrici di sabbie limose e sabbie;
- i terreni indagati hanno una composizione prevalentemente coesiva (argille, argille limose ed argille organiche) fino alla profondità massima indagata; solo nella prova CPT2 la successione coesiva

- raggiunge la profondità di -17,8 m dal p.c. ed è seguita da un orizzonte di sabbia e sabbia limosa mediamente addensata;
- all'interno della successione limo-argillosa sono presenti livelli centimetrici di sabbie e sabbie limose;
  - la successione lito-stratigrafica locale è stata concretizzata attraverso i modelli geologici ricostruiti sopra riportati;
  - la successione stratigrafica del sondaggio di riferimento conferma quanto osservato con le prove penetrometriche;
  - nei fori lasciati dalle prove penetrometriche è stata misurata direttamente la presenza di acqua compresa tra 1,7 m e 2,2 m dal p.c. (27/05/2021);
  - l'assetto lito-stratigrafico dell'area di intervento viene descritto nei modelli geologici ricostruiti (modello geologico locale); questo dovrà essere verificato puntualmente in sede di progettazione esecutiva;
  - l'assetto lito-stratigrafico dell'area di intervento può ritenersi abbastanza omogeneo, anche se può presentare delle variazioni litologiche e geotecniche verticali e laterali, almeno in termini di resistenza alla punta, proprie del sistema deposizionale di origine (deposito alluvionale recente);
  - i risultati ottenuti, seppur di massima, confermano l'assetto geologico-stratigrafico esposto nei paragrafi precedenti, che nell'insieme giustificano le variazioni litologiche laterali e verticali generalmente presenti nel contesto geologico-stratigrafico olocenico di pianura;
  - le strutture di fondazione dei manufatti previsti dovranno essere verificate onde evitare problematiche di stabilità a breve e lungo termine, ovvero la loro forma, dimensione e profondità di imposta dovrà garantire la stabilità delle opere previste sia a breve che a lungo termine, in modo da potersi ritenere verificata agli Stati Limite di Utilizzo (SLU - SLV) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE - SLD);
  - il piano di campagna indicato si riferisce al piano di calpestio presente al momento delle indagini (27/05/2021).

Le indagini sono state eseguite per evidenziare l'assetto geologico-stratigrafico generale dei terreni presenti nell'area di intervento; questi dati potranno essere utilizzati come base per redigere la campagna geognostica di supporto alla progettazione e realizzazione dei manufatti secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia (NTC'18, DPGR 36/R, etc.).

### **Aspetti sismici ed azioni sismiche**

Con l'Ordinanza del P.C.M. N° 3.519 del 28/04/06 e la Delibera di G.R.T. n° 431 del 19/06/06 sono stati approvati i "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone". A livello di mappatura macrosismica, l'intero territorio nazionale viene considerato sismico e suddiviso in quattro zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco "ag" su terreno a comportamento litoide (espressa come frazione dell'accelerazione di gravità), derivante da studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale.

Il territorio comunale di Pontedera (PI) è inserito tra i 163 che rientrano nella classe "3" della zona sismica di riferimento, con accelerazione compresa tra 0,125g e 0,150g.

In attuazione ai disposti delle "Norme Tecniche per le costruzioni 2018" (D.M. 17.01.2018), la stima della pericolosità sismica viene effettuata con l'approccio "sito-dipendente"; l'azione sismica di progetto viene definita in funzione della pericolosità di base del sito.

L'azione sismica di progetto in base, alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione, viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di intervento, quale elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

I caratteri del moto sismico, su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ): "ag" ⇒ accelerazione massima di sito; "Fo" ⇒ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; "TC\*" ⇒ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di "ag" è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, mentre "Fo" e "TC\*" sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo del sito ove è previsto l'intervento e della morfologia dell'area ove lo

stesso ricade. Per far questo vengono determinati la "categoria di sottosuolo di fondazione" e "coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica".

### **Categoria di sottosuolo**

Per determinare la categoria di sottosuolo ai fini delle azioni sismiche è stata eseguita un'indagine sismica "MASW" nell'area di intervento; questa ci ha consentito di determinare il valore del parametro  $V_{Seq}$  necessario al fine della classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto (in allegato si riporta la relazione tecnica).

L'indagine sismica è stata realizzata dalla società Gaia Servizi snc dalla cui relazione tecnica allegata si evidenzia un valore della  $V_{Seq}$  pari a 176 m/sec con riferimento al piano campagna; in questo caso specifico il  $V_{Seq} = V_{S30}$  visto che il substrato inteso come deposito avente una  $V_s \geq 800$  m/sec non è stato individuato con l'indagine eseguita ed è ben al di sotto dei 40 m raggiunti con l'indagine sismica.

Il valore misurato conferma il quadro geologico-stratigrafico locale ed il valore calcolato è paragonabile a quello delle altre due indagini MASW acquisite e realizzate in aree prossime a quella di intervento. Questo dato è stato indicato solo a titolo esemplificativo e dovrà essere verificato puntualmente in sede di progettazione esecutiva.

Visto il valore attribuito alla  $V_{Seq} = V_{S30}$ , i terreni di fondazione vengono cautelativamente identificati con la "Categoria D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori della velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/sec; tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato". Il coefficiente di amplificazione stratigrafica "Ss" legato alla "Categoria D" è pari a 1,80 (tabella 3.2.IV).

### **Coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica**

L'assetto morfologico e topografico nel quale è previsto l'intervento in progetto si presenta con "superficie pianeggiante" (inclinazione media  $< 15^\circ$ ); per questo, ai sensi delle NTC'18 la categoria topografica è la "T1" (Tabella 3.2.III) dal quale deriva un coefficiente di amplificazione topografica  **$S_T$  pari a 1,0** (Tabella 3.2.V).

Nel caso specifico per la verifica sismica si dovrà considerare per i terreni di fondazione una categoria di sottosuolo "D" da cui un coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s = 1,8$  e per l'assetto morfologico una categoria topografica "T1", dalla quale deriva il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

Da qui si ottiene il coefficiente "S" che tiene conto dell'amplificazione stratigrafica e topografica mediante la seguente relazione " **$S = S_s \times S_T = 1,8$** ", dove " $S_s$  - coefficiente di amplificazione stratigrafica" e " $S_T$  - coefficiente di amplificazione topografica".

### **Azioni sismiche**

Alle azioni sismiche contribuiscono i *parametri statici*, che dipendono essenzialmente dalla sorgente del terremoto (accelerazione di picco orizzontale al suolo " $a_0$ ", intensità sismica "I") ed i *parametri dinamici*, che dipendono dalla posizione e dalle caratteristiche geologiche del sito (fattori di amplificazione "S" e "Fo") e dal periodo dello spettro di risposta (periodi di oscillazione massima del suolo). Questi parametri definiscono la pericolosità sismica dell'area di intervento.

La pericolosità sismica dell'area di intervento è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa " $a_g$ " in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, quindi a prescindere dalle caratteristiche litologiche e litotecniche dell'area, con superficie topografia orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondete " $S_e(T)$ ", con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza " $P_{VR}$ ", come definite, nel "periodo di riferimento -  $V_R$ ".

La *vita di riferimento* " $V_R$ ", che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la *vita nominale* " $V_N$ " stabilita per questo ultima (tabella 2.4.I), per il proprio *coefficiente d'uso* " $C_U$ " (tabella 2.4.II).

Nel caso specifico e solo a titolo esemplificativo, sono stati considerati indicativamente i seguenti parametri:

**a) vita nominale  $V_N \geq 50$  anni; b) classe d'uso II; c) coefficiente d'uso  $C_U = 1,0$ .**

Pertanto, si giunge ad un valore del periodo di riferimento  **$V_R = 50 \times 1,0 = 50$  anni**

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni delle costruzioni nel suo complesso. I dati suddetti potranno comunque essere confermati

o variati dal progettista; nel secondo caso i parametri sismici di progetto saranno riportati corretti nella Relazione Geotecnica redatta ai sensi delle NTC'18.

Gli Stati Limite di Esercizio (SLE) sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile per nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;

Gli Stati Limite Ultimi (SLU) sono:

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella 3.2.I.

I parametri sismici *sito specifici* sono stati acquisiti attraverso programmi di calcolo che utilizzano i quattro nodi del reticolo di riferimento prossimi al sito di intervento.

Gli spettri di risposta elastici orizzontali e verticali sono stati calcolati attraverso l'utilizzo del programma *Spettri di Risposta NTC - ver. 1.0.3*; alla presente vengono allegati i dati relativi alla localizzazione dell'area di indagine nell'ambito del reticolo di riferimento, nonché i dati ed i grafici relativi agli spettri di risposta agli stati limite SLV e SLD per le componenti orizzontali e verticali.

### Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Strutture di fondazione Ubicazione del sito in esame.

Latitudine: 43,666429; longitudine: 10,610982; Classe: 2; Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 20493 Lat: 43,6489 Lon: 10,5880 Distanza: 2688,470

Sito 2 ID: 20494 Lat: 43,6506 Lon: 10,6571 Distanza: 4103,191

Sito 3 ID: 20272 Lat: 43,7006 Lon: 10,6547 Distanza: 5174,564

Sito 4 ID: 20271 Lat: 43,6989 Lon: 10,5856 Distanza: 4146,040

### **Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1,0

<b>Operatività</b>	SLO	SLD	SLV	SLC
Probabilità di superamento (%)	81	63	10	5
Tr (anni)	30	50	475	975
Ag	0,042 g	0,053 g	0,124 g	0,160 g
Fo	2,555	2,539	2,515	2,481
Tc* (s)	0,235	0,249	0,279	0,285

Coefficienti Sismici (da Geostru)

Operatività	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,800	1,800	1,800	1,800
Cc	2,580	2,510	2,370	2,340
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,015	0,019	0,054	0,069
Kv	0,008	0,009	0,027	0,035
A <sub>max</sub>	0,737	0,929	2,192	2,820
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Dove: A<sub>max</sub> (accelerazione massima attesa al sito) A<sub>max</sub>  
= ag\*Ss\*St

Kh = β\*A<sub>max</sub>/g Kv = 0,5\*Kh

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50 -  
Gestrus software

Le coordinate WGS84 Lat. 43,665463; Lon. 10,609986

### **Verifica alla liquefazione dei terreni presenti nell'area di intervento**

Le NTC'18 propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Le NTC'18 recitano che "La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze":

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U<sub>c</sub> < 3,5 ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità U<sub>c</sub> > 3,5.

Quando nessuna delle condizioni precedenti risulti soddisfatta ed il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda (in genere vanno considerati livelli con spessore superiore a 3 m), occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista."

È inoltre importante, al di là dei risultati della verifica, valutare le conseguenze della eventuale liquefazione degli strati sabbiosi, tenendo sempre presente che:

- lo strato liquefacibile deve avere uno spessore maggiore di 3 m oppure due contorni impermeabili;
- la liquefazione può avere effetti sulle fondazioni superficiali solo se lo strato superficiale non soggetto a liquefazione è più sottile di 3 m.

La valutazione della Magnitudo attesa è stata effettuata secondo quanto proposto dagli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - Gruppo di lavoro MS 2008" dove viene indicato il metodo che si basa, a partire sempre dalla zonazione sismogenetica (ZS 9), sulle coppie di valori "Magnitudo media - distanza M-R" caratteristici di ogni sito desunti dai dati di disaggregazione della pericolosità sismica (vedi dati Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Gruppo di lavoro, 2004 e INGV Spallarossa e Barani, 2007), i quali ci permettono di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito per determinati tempi di ritorno. L'uso di tale metodica ci viene indicato anche dal Responsabile P.O. - Valutazione effetti locali in zona sismica - Settore Prevenzione Sismica della Regione Toscana, di cui alleghiamo un estratto della e-mail inviataci.

I risultati di tale operazione, esposti nelle tavole allegate, evidenziano che il valore della magnitudo media del sito di studio è sempre minore di 5,0.

Nella successione indagata non sono presenti orizzonti di sabbia con spessore superiore ai 3,0 m.

Nel caso specifico e solo a titolo esemplificativo da verificare puntualmente in sede progettazione esecutiva, si è proceduto con la verifica alla liquefazione dei terreni di fondazione utilizzando il metodo di *Robertson e Wride* a partire dalle prove CPT eseguite; per queste sono state assunte ipotetiche le seguenti caratteristiche:

- magnitudo attesa  $M_{max}$  5,91-6,14 (ZS9 – n° 921);
- livello piezometrico della falda: a -2,0 m dal p.c. (situazione misurata il 27/05/2021);
- accelerazione  $a_{MAX} = a_{gSLV} \times (S_s \times S_t) = 0,124 \times 1,5 \times 1,0 = 0,186$
- profilo stratigrafico: come indicato nel modello geologico.

Adottando il metodo della "*Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Robertson e Wride (1997)*" è stato possibile verificare che i terreni indagati con e tre prove eseguite risultano non liquefacibili (N.L.) come evidenziato dalla tabella di analisi dei dati per lo spessore considerato (20,0 metri); questi risultati dovranno essere verificati puntualmente in sede di progettazione esecutiva.

Pertanto, in line adi massima i depositi presenti nell'area di intervento non sono suscettibili a liquefazione, in quanto il parametro CRR è sempre maggiore del parametro CSR, con un valore di Magnitudo pari a 6,14 ("zona 921" dalle ZS9). Ovviamente, in ragione delle possibili variazioni lito-stratigrafiche e litotecniche presenti nei depositi alluvionali recenti ed attuali, sarà necessario eseguire un'indagine puntuale per la verifica oggettiva del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione in sede di progettazione esecutiva.

Inoltre, per quanto riguarda la valutazione della potenzialità di liquefazione dei terreni facciamo presente che il potenziale di liquefazione prodotto per tensioni cicliche derivate da un evento tellurico, nasce dall'istantaneo incremento di pressioni neutre sottoposte all'accelerazione sismica che possono comportare il totale annullamento delle pressioni effettive intergranulari, determinando il completo decadimento della resistenza tangenziale di un terreno a comportamento esclusivamente granulare.

Perché ciò possa accadere occorre che il sedimento non sia dotato di coesione e che il drenaggio non sia talmente rapido da avvenire istantaneamente; per tali motivazioni, soltanto i depositi sabbiosi fini monogranulari, saturi e non addensati risultano soggetti a tale tipo di rischio.

### **Il fenomeno della subsidenza**

La subsidenza naturale è dell'ordine di grandezza di qualche millimetro l'anno, a volte anche meno, e quindi le sue conseguenze sono relativamente ridotte, in quanto esse si manifestano in tempi geologici e comunque assai lunghi. Ben diverso è invece il caso della subsidenza indotta dall'attività antropica, che può raggiungere valori da dieci ad oltre cento volte superiori, fino a determinare possibili fenomeni di interferenza con le attività umane. Nel territorio pratese si è assistito al suddetto fenomeno principalmente a partire dalla seconda metà del secolo scorso, in concomitanza con il grande sviluppo industriale e tecnologico che ha sfruttato in modo massiccio le grandi risorse sotterranee di acqua. Per poter misurare e stimare l'entità della subsidenza in una determinata area si può ricorrere all'utilizzo di vari sistemi di misurazione, più o meno accurati.

Potendo disporre di due distinte campagne di misurazione, la prima dal satellite ERS per il periodo 1992-2000 e la seconda dal satellite ENVISAT per il periodo 2003-2010 si è potuto confrontare l'andamento del fenomeno della subsidenza in un arco temporale che ha visto un netto calo dei prelievi dalla falda dovuto alla crisi dell'industria tessile che ha interessato tutto il distretto pratese. Nella tavola della subsidenza sono state collocate le rappresentazioni delle due misurazioni in modo da poter evidenziare come gli areali a maggiore subsidenza si siano drasticamente ridotti mentre gli areali dove si verifica un "rialzamento" del terreno siano andati allargandosi.

Nel Piano Operativo si riporta l'andamento dei movimenti del terreno che scaturisce dall'"Attività di monitoraggio del rischio idrogeologico nel territorio della Regione Toscana" secondo un accordo stipulato il 06 dicembre 2017, ai sensi dell'art. 15 della legge 7 agosto 1990, n. 241, e dell'art. 6 della legge 24 febbraio 1992, n. 225, tra la Regione Toscana, il Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'università degli Studi di Firenze.

La Regione Toscana ha varato un progetto di monitoraggio in continuo delle deformazioni del terreno del territorio regionale toscano tramite interferometria radar satellitare. L'interferometria radar satellitare si basa sull'analisi di lunghe serie di immagini SAR (Synthetic Aperture Radar) acquisite da piattaforma satellitare sulla stessa area in tempi diversi, in modo da consentire misurazioni non invasive e ad alta precisione degli spostamenti del suolo e dei manufatti.

L'interferometria SAR satellitare rappresenta lo strumento più all'avanguardia per la misura degli spostamenti superficiali e consente l'individuazione, la mappatura e l'analisi, anche tramite le serie

temporali degli spostamenti, di quelle aree interessate da deformazioni indotte da fenomeni di dissesto idrogeologico come frane e subsidenza indotta da pompaggi della risorsa idrica o connessa allo sfruttamento della risorsa geotermica. Tale metodologia sebbene non consenta di intercettare fenomeni improvvisi ed imminenti, permette comunque un monitoraggio continuo di eventuali spostamenti e deformazioni che protraendosi nel tempo possono essere precursori e causa di possibili eventuali criticità sul territorio e sulle infrastrutture regionali regionale.

Il recente lancio dei satelliti della costellazione Sentinel-1 dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea) ha aperto nuove opportunità per il monitoraggio della superficie terrestre e per la valutazione degli scenari di rischio connessi a movimenti del suolo. La missione Sentinel-1, progettata nell'ambito del progetto europeo Copernicus, è composta da una costellazione di due satelliti (Sentinel-1A e Sentinel-1B). Il satellite Sentinel-1A è stato lanciato il 3 aprile 2014, Sentinel-1B il 25 aprile 2016. Entrambi i satelliti sono equipaggiati con sensori SAR in banda C (lunghezza d'onda di circa 5,6 cm) ed hanno tempi di rivisitazione di 12 giorni. La presenza in orbita dei due satelliti gemelli ha permesso di ridurre il tempo di rivisitazione a 6 giorni. Tale missione opera in modo da acquisire archivi consistenti di immagini adatti a programmi di monitoraggio a lungo termine e garantisce un flusso continuo di dati radar satellitari acquisiti con regolarità su vaste aree del pianeta e in particolare sull'Italia. La costellazione di satelliti Sentinel-1 è ideata per fornire informazioni sempre aggiornate, in continuità con i dati provenienti dalle precedenti missioni ERS 1/2 e ENVISAT, ma con un notevole miglioramento delle informazioni, soprattutto in termini di affidabilità, fruibilità e tempestività di consegna dei dati stessi. Questa costellazione satellitare risulta la migliore scelta operativa per attività di studio e monitoraggio delle deformazioni del terreno a media risoluzione con coperture a scala regionale.

L'obiettivo generale dell'attività riguarda il monitoraggio geomorfologico in continuo dello scenario deformativo del territorio della Regione Toscana tramite dati radar interferometrici satellitari. Tale approccio di monitoraggio è finalizzato ad aggiornare in modo dinamico e continuo il quadro conoscitivo del territorio regionale per il rischio idrogeologico e geomorfologico, e a rilevare tempestivamente situazioni di criticità basate sull'individuazione di anomalie. La disponibilità di dati su tutto il territorio della Regione Toscana e il programma di acquisizioni rapide e sistematiche permettono oggi di effettuare analisi continue, specifiche e sempre aggiornate delle deformazioni in atto.

In questo contesto si inseriscono gli studi per il monitoraggio dei fenomeni di subsidenza dei terreni, visto che possono essere considerati fenomeni a dinamica lenta (per la stessa area sia hanno letture ogni 6 gg, visto che ogni satellite impiega 12 gg per registrare i dati della stessa area).

Considerando la precisione delle misure e la copertura spaziale e temporale, tra i campi di applicazione primari dei dati interferometrici ricade l'individuazione e mappatura delle aree in subsidenza: le aree urbane, frequentemente affette da subsidenza sia areale che locale, sono ambienti ideali per l'utilizzo dei dati interferometrici. Infatti, i lenti movimenti verticali legati all'abbassamento del suolo e l'alta densità di edifici e manufatti antropici rende la subsidenza in area urbana lo scenario migliore per un'analisi interferometrica.

Questo metodo consente la valutazione dell'andamento nel tempo delle deformazioni, visto che le serie temporali, grafici che rappresentano lo spostamento registrato alla data di acquisizione, sono il prodotto ultimo e più avanzato dell'analisi interferometrica. Permettono di ripercorrere la storia deformativa di un punto misura indietro nel tempo (fino ad ottobre 2014 nel caso del geoportale).

Un quadro di insieme delle precisioni ottenibili con un'analisi *SqueeSAR* di immagini SAR in banda C (come quelle acquisite dai satelliti Sentinel-1) è dato nella Tabella 1, nella quale vengono riportati i valori di deviazione *standard* ( $\sigma$ ) per la velocità di spostamento media, la misura di deformazione singola (millimetri di spostamento in un certo *intervallo* temporale), coordinate geografiche del punto (Nord, Est, quota). Aspetto quest'ultimo da non sottovalutare, specie se l'obiettivo dell'analisi si riduce a un singolo edificio o una parte di esso.

Parametro	Precisione banda C
Posizione in Nord	$\pm 2$ m
Posizione in Est	$\pm 7$ m
Quota ellissoidica	$\pm 1,5$ m
Velocità media di spostamento	$\pm 2$ mm/anno
Misura di spostamento singola	$\pm 5$ mm

Tabella 1 - Tabella riassuntiva relativa alle precisioni ottenibili con sensori in banda C.

I dati PS del Geoportale Regione Toscana vengono visualizzati utilizzando una specifica scala colori la quale potrà essere riprodotta dall'utente attraverso un *file* di vestizione consegnato congiuntamente ai dati puntuali. La scala colori è mostrata in Figura 7. I punti di misura sono classificati secondo la velocità media annua di deformazione (espressa in mm/anno) secondo tale convenzione:

- il colore verde corrisponde a quei punti la cui velocità di deformazione è molto bassa, compresa tra -2,0 e +2,0 mm/anno, ovvero all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica e definito sulla base della deviazione standard dei dati utilizzati;



- con i colori da giallo a rosso sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione negativa, che corrisponde a movimenti in allontanamento dal satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio;
- con i colori da azzurro a blu sono classificati quei punti di misura con velocità di deformazione positiva, che corrisponde a movimenti in avvicinamento al satellite lungo la linea di vista sensore-bersaglio.

- $vel [mm/yr] < -20$
- $-19.9 \leq vel [mm/yr] < -10.0$
- $-9.9 \leq vel [mm/yr] < -5.0$
- $-4.9 \leq vel [mm/yr] < -2.0$
- $-1.9 \leq vel [mm/yr] < 2.0$
- $2.1 \leq vel [mm/yr] < 5.0$
- $5.1 \leq vel [mm/yr] < 10.0$
- $10.1 \leq vel [mm/yr] \leq 20.0$
- $vel [mm/yr] \geq 20.1$

Figura 7 – Scala colori standardizzata per tutti i prodotti interferometrici visualizzati nel geoportale.

I dati sono disponibili in entrambe le orbite di acquisizione del satellite Sentinel-1, ascendente (da Sud a Nord) e discendente (da Nord a Sud). Ogni punto PS sul geoportale è interrogabile dall'utente. La tabella degli attributi associata ad ogni punto contiene diverse informazioni utili al fine dell'interpretazione dei movimenti. Queste informazioni possono essere visualizzate anche in un qualsiasi sistema GIS una volta scaricato il dato dal geoportale. Di seguito sono elencati i campi che contraddistinguono ogni punto:

- CODE, codice univoco di riconoscimento del PS;
- HEIGHT, quota del punto estratta a partire dal modello digitale del terreno usato per elaborare le immagini *radar*;
- EFF\_AREA, se uguale a zero il punto è un PS. Se maggiore di zero il punto è un DS, quindi riferito ad un'area e non ad un oggetto puntuale (il valore è in m<sup>2</sup>);
- VEL, valore di velocità media del punto misurato lungo la LOS del satellite ed espresso in mm/anno;
- V\_STDEV, valore di deviazione *standard* della velocità media (espressa in mm/anno);
- H\_STDEV, stima dell'errore della stima della quota del PS (espresso in m);
- COHERENCE, indice che misura l'accordo tra i dati ed il modello di spostamento utilizzato in fase di analisi (numero compreso tra 0 e 1, rispettivamente nessuna attinenza ed elevato accordo con il modello). Essa indica la qualità della serie temporale per ogni punto. Se il valore è superiore a 0,75 la serie temporale si considera molto affidabile.

Per ogni punto di misura è possibile visualizzare la serie temporale di deformazione dall'inizio del periodo monitorato fino alla data dell'ultima acquisizione satellitare disponibile.

- Campi di velocità rilevabili: la tecnica PS è in grado di individuare deformazioni all'interno di un preciso campo di velocità (velocità della componente lungo LOS);
- Limite superiore: una delle leggi base dell'interferometria definisce lo spostamento massimo misurabile tra due acquisizioni come pari a 1/4 della lunghezza d'onda del segnale *radar*. Per il satellite Sentinel-1 questo limite è uguale a 1,4 cm tra due acquisizioni. La velocità massima misurabile è invece pari a 80 cm/anno. Questo valore permette la misura di movimenti connessi a fenomeni costanti nel tempo e a cinematica lenta, ma non consente né l'individuazione né la misura di movimenti a cinematica rapida o addirittura istantanei (come ad esempio colamenti veloci o collassi strutturali);
- Limite inferiore: bersagli con velocità lungo LOS pari a  $\pm 2$  mm/anno rientrano all'interno dell'intervallo di sensibilità della tecnica interferometrica.

### **Considerazioni sulla subsidenza nell'area di intervento**

Il tema della subsidenza nell'ambito della pianura alluvionale nel territorio comunale di Pontedera e di quelli dei comuni limitrofi è oggetto di attenzione in ragione di possibili fenomeni di subsidenza indotta dalla presenza di terreni scadenti o per sovrasfruttamento delle falde acquifere confinate presenti nella successione lito-stratigrafica della zona di intervento. In particolare, sono stati analizzati i dati interferometrici satellitari che forniscono indicazioni sugli spostamenti sull'asse dei punti "bersaglio" in grado di riflettere con continuità le radiazioni radar emesse da sonde orbitali collocate a circa 800 chilometri di quota rispetto alla superficie terrestre.

Sia nell'area di studio che nelle aree limitrofe (dove sono presenti i manufatti – bersaglio), la misurazione dei PS rimane sempre al di sotto del limite inferiore di misurazione, quindi è possibile affermare che il fenomeno di subsidenza, se presente, non rientra tra i casi da attenzionare. È opportuno ricordare che lo spostamento misurato non è quello verticale ma quello lungo LOS (direttrice satellite-bersaglio), quello verticale, se presente può essere diverso e dipendente dall'inclinazione della direttrice LOS.

Seppur nella zona di intervento non siano presenti segnali riconducibili al fenomeno della subsidenza, è opportuno evidenziare che poco più a nord-ovest nel Comune di Calcinaia un manufatto edilizio di recente costruzione presenta valori di PS riconducibili ad un abbassamento, seppur minimo, del "bersaglio"; l'andamento registrato può essere riconducibile ad un processo di consolidazione dei terreni di fondazione.

Sostanzialmente le misurazioni degli ultimi anni, che sono anche le più precise perché basate su rilevamenti degli stessi punti per cicli di 12 giorni, confermano che l'entità del fenomeno subsidenza presente nell'area di studio non costituisce una problematica particolare per le attività antropiche, anche se rimangono alcune zone circoscritte della pianura sulle quali deve essere posta particolare attenzione (consolidazione terreni di fondazione scadenti).

In ogni caso la subsidenza assume un significato importante all'interno del quadro conoscitivo perché, indipendentemente dalla sua entità e dagli effetti che potrà provocare, può essere anche indice dell'esistenza di un forte squilibrio tra i volumi di acqua che vengono costantemente prelevati dalla falda e la capacità di ricarica della stessa da parte di tutte le acque di infiltrazione che contribuiscono alla ricostituzione della risorsa primaria. In quest'ottica il fenomeno della subsidenza può essere considerato come un elemento di monitoraggio per l'equilibrio del bilancio idrico della falda.

Per l'area di studio è stato considerato l'andamento dei PS sia nella configurazione discendente che ascendente: i PS mostrano un'ottima coerenza del dato (stesso colore); è stata analizzata la curva del singolo bersaglio PS all'interno dell'area di intervento nella configurazione sia ascendente che discendente, e tutte mostrano oscillazioni lungo LOS, seppur minime, che possono essere ricondotte ad oscillazioni per la variazione stagionale di umidità naturale dei depositi argillosi su cui il manufatto "bersaglio" è fondato, dilatazione termica del bersaglio, etc. (alleghiamo alcuni dei grafici osservati).

### **Pericolosità geologica, geomorfologica ed idraulica**

#### **Piano Strutturale vigente redatto ai sensi del DCTR 94/85**

Nella Carta della Pericolosità Geomorfologica (tavola 9a), l'area di intervento ricade quasi completamente in "classe tre" (pericolosità media); ciò indica che "Non sono presenti fenomeni di dissesto, tuttavia le condizioni geologico-tecniche sono tali da far ritenere che si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica o liquefazione o interessato da episodi di alluvionamento o difficoltoso drenaggio delle acque superficiali". Più precisamente l'area di intervento rientra nella "sottoclasse 3a", in essa ricadono "aree acclivi ..., ed altresì le aree della pianura alluvionale con sottosuolo eterogeneo".

Nella Carta della Pericolosità Idraulica nel rispetto dell'art. 80 del P.I.T. (scala 1:10.000) l'area di intervento ricade interamente in "classe 3" (pericolosità media); vale per "aree per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori alla quota posta a ml. 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda".

Nella Carta della Pericolosità Idraulica nel rispetto dell'art. 7 del P.T.C. (tavola 10ª), l'area di intervento ricade in "classe 3 (pericolosità media), sottoclasse 3b: Riguarda le aree soggette a sommersione in occasione di eventi eccezionali, cioè con tempi di ricorrenza compresi tra i venti e duecento anni; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici. Altezza della lama d'acqua minore di 30 cm".

Nella carta della Vulnerabilità Idrogeologica nel rispetto dell'art. 9 del P.T.C. (tavola 10c), l'area di intervento ricade in "classe 3 (vulnerabilità bassa), sottoclasse 3a". "Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 e 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano di campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometrica depressa per cause naturali, da falde idriche spesso sospese attestante in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedecollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestante in complessi detritici sufficientemente poco estesi o con evidenza di circolazione idrica."

Nelle Carte delle "Aree inondabili - Reticolo minore" (Studio del Prof. Viti, Ing. Nardi e Geol. Niccoli, sett.2002), l'area di intervento non ricade in nessuna delle aree inondabili per tempi di ritorno di 30, 100 e 200 anni; per tali tempi di ritorno nell'area non sono previsti fenomeni di esondazione o sommersione.

Nelle Carte delle "Aree inondabili - Reticolo maggiore" (Studio del Prof. Viti, Ing. Nardi e Geol. Niccoli, sett.2002), l'area di intervento non ricade tre le aree inondabili per tempi di ritorno di 30, mentre per tempi di ritorno pari a 100 anni l'area presenta un battente minore di 30 cm, e per tempi di ritorno pari a 200 anni è inondabile.

### **Piano Strutturale Intercomunale redatto ai sensi del DPGR 53/R (2019-2020)**

Nella Carta della Pericolosità Geologica redatta ai sensi del DPGR 25 ottobre 2011, n. 53/R di supporto al Piano Strutturale Intercomunale (tavola 9b), l'area di intervento ricade completamente in "Classe G.2 - Pericolosità geologica media: aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%".

Nella Carta della Pericolosità Idraulica redatta ai sensi del PGRA 17 dicembre 2015, n.231, di supporto al Piano Strutturale Intercomunale (tavola 10b), l'area di intervento ricade completamente in "Classe P.2 - Pericolosità idraulica media (alluvioni poco frequenti)".

Nella Carta della Pericolosità Sismica redatta ai sensi del DPGR 25 ottobre 2011, n. 53/R, di supporto al Piano Strutturale Intercomunale (tavola 12), l'area di intervento ricade completamente in "Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri".

### **Pericolosità dell'area secondo Distretto dell'Appennino Settentrionale**

Per definire la pericolosità dell'area sono stati presi in considerazione gli elaborati cartografici redatti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale (ex Autorità di Bacino del Fiume Arno).

L'area di intervento non rientra tra le aree classificate nella carta della "Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante" - Livello di sintesi in scala 1:25.000 redatti dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico - P.A.I. - approvato con DPCM del 06/05/05).

L'area di intervento ricade in classe "P2 - Aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti" (carta di PGRA definizione da LR 41/R); per mitigare il rischio idraulico è stato eseguito uno studio idraulico volto a definire le reali problematiche idrauliche (ristagni, sommersioni, etc.), sulla base delle quali progettare opere ed operazioni volte a ridurre il rischio idraulico secondo quanto previsto dalla L.R.41/R (raggiungere almeno il livello di "rischio idraulico medio R2"). Tavola 11.

### **Fattibilità dell'intervento ai sensi del Regolamento Urbanistico vigente**

Nella Carta della Fattibilità di supporto al Regolamento Urbanistico vigente, l'area di intervento ricade in "Classe 3 - Fattibilità Condizionata", derivante da una "Pericolosità Geologica 3 - sotto-classe 3a" ed una "Pericolosità Idraulica 3" (vedasi art. 17 c.1 lett. C) delle NTA.

Equivale ad un livello di rischio medio-alto; per l'esecuzione di interventi edilizi sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di "area complessiva" sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto; l'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di attenuazione del rischio idraulico, bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari devono costituire condizioni da recepire all'interno della richiesta del titolo abilitativo occorrente; la documentazione da presentare a corredo della realizzazione dei progetti e la seguente.

Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di *pericolosità geomorfologica*, il progetto di intervento deve essere supportato da un'esaustiva documentazione geologica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

- carta geologica e geomorfologica di dettaglio;

- risultati di indagini geognostiche condotte per aumentare il grado di conoscenza delle caratteristiche litologiche e litotecniche del sottosuolo;
- sezioni quotate, possibilmente dedotte da un rilievo piano altimetrico di dettaglio, che mostrino con precisione il rapporto tra morfologia attuale e morfologia di progetto;
- risultati di specifiche verifiche di stabilità del versante nelle condizioni attuali e di progetto qualora siano previsti consistenti operazioni di sbancamento e riporto;
- studio di dettaglio delle condizioni di stabilità del versante e del contesto idrogeologico, qualora siano previste immissioni di acque reflue nel suolo e nel sottosuolo mediante subirrigazione, fertirrigazione e spandimento di acque di vegetazione;
- un'analisi accurata delle problematiche rilevate e l'indicazione degli interventi per la mitigazione del rischio.

Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di *pericolosità idraulica*, il progetto dell'intervento deve essere supportato da un'esaustiva documentazione geologica ed idrologico-idraulica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

- sezioni quotate, possibilmente dedotte da un rilievo piano altimetrico di dettaglio, che mettano in evidenza la posizione e la quota dell'intervento in oggetto rispetto al battente idraulico indicato nel P.S.;
- schema dettagliato del funzionamento del reticolo idrografico minore in un congruo intorno dell'area di intervento, se non trattasi di zone totalmente urbanizzate;
- studio di dettaglio del contesto idrogeologico, qualora siano previste immissioni di acque reflue nel suolo e nel sottosuolo mediante subirrigazione, fertirrigazione e spandimento acque di vegetazione.

Per gli interventi in fattibilità condizionata sono inoltre dettate le ulteriori seguenti prescrizioni:

- Ove sia necessario realizzare rialzamenti dei piani di calpestio in condizioni di sicurezza idraulica, essi dovranno essere limitati ai fabbricati ed ai raccordi con i piazzali, salvo esigenze particolari indotte dalla necessità di collegamento con le adiacenti zone già urbanizzate.

I piani attuativi, comunque denominati, dovranno:

- definire la quota di sicurezza dei piani di calpestio dei locali al piano terra e dei piazzali a partire dalle quote di sicurezza individuate per l'intero comparto urbanistico;
- effettuare lo studio del reticolo drenante delle aree circostanti il comparto urbanistico, individuando il ricettore finale delle acque bianche raccolte all'interno; di tale ricettore dovrà essere definita l'area scolante e verificata l'adeguatezza in rapporto ai nuovi apporti d'acqua: se necessario, dovranno essere previsti interventi di ricalibratura del ricettore individuato.

Qualsiasi intervento edificatorio, anche senza aumento della superficie coperta, deve prevedere e realizzare opere volte alla mitigazione del livello di rischio accertato.

Visti il Regolamento Urbanistico del Comune di Pontedera, la cartografia tematica ad esso allegata nonché la classe di fattibilità associata all'intervento in progetto, si ritiene che l'indagine geologica, geologico-tecnica e sismica sia conforme a quanto richiesto dalle NTA.

### **Quadro conoscitivo di riferimento - Piano Strutturale Intercomunale**

Il Piano Strutturale Intercomunale vigente non prevede per questa zona approfondimenti di indagine per gli aspetti geologici, idraulici e sismici; inoltre, dalla sua stesura non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo esistente e per questo può essere recepito integralmente senza la necessità di ulteriori approfondimenti a livello di Variante del Regolamento Urbanistico.

Il quadro conoscitivo relativamente agli aspetti idraulici di supporto al Piano Strutturale Intercomunale è stato aggiornato di recente (2019-2020), non sono intervenute modifiche che possono averlo modificato da allora. Pertanto, anche in questo caso il quadro conoscitivo di riferimento sarà quello del Piano Strutturale Intercomunale, che per gli aspetti idraulici è stato supportato da uno studio idraulico con il quale si intende delineare le opere e/o operazioni volte alla mitigazione del rischio idraulico sia nell'area di intervento che in quelle limitrofe; nel progetto sono state riportate le opere/operazioni previste con relativa descrizione delle caratteristiche, delle dimensioni e degli effetti attesi nel sito e nelle aree contermini.

Lo studio per la mitigazione del rischio idraulico è stato redatto dall'Ing. Simone Galardini; il progetto recepisce tutte le indicazioni della L.R. 41/R così da raggiungere le condizioni di "rischio idraulico medio R2" sia per l'area di intervento che per quelle limitrofe. Precisi dati progettuali sono riportati nell'elaborato redatto dall'Ing. Simone Galardini.

### **Valutazione della Pericolosità Geologica, Sismica ed Idraulica della Variante al Regolamento Urbanistico del Comparto 5/6 Zona D2b "Il Chiesino" ai sensi del DPGR 5/R**

Dalla stesura del Piano Strutturale, del Regolamento Urbanistico e del Piano Strutturale Intercomunale non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo esistente relativamente agli aspetti geologici, sismici ed idraulici.

Pertanto, per la stesura della Variante al Regolamento Urbanistico in oggetto non è stato necessario procedere con l'aggiornamento del quadro conoscitivo locale: viene acquisito integralmente quello vigente (Piano Strutturale Intercomunale). Gli studi eseguiti confermano le classi di pericolosità del Piano Strutturale Intercomunale redatto ai sensi del DPGR 53/R.

Le classi di pericolosità della Variante al Regolamento Urbanistico del Comparto 5/6 Zona D2b "Il Chiesino" ai sensi del DPGR n.5/R del 30/01/20 saranno le seguenti:

Area a pericolosità geologica media (G.2), aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

Area a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2), come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018;

Area a pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzati da un altro contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

In questa classe si hanno (da MS1): A) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1,4; C) zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); D) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

### **Condizioni di Fattibilità degli interventi previsti dalla Variante al Regolamento Urbanistico Comparto 5/6 Zona D2b "Il Chiesino"**

I criteri di fattibilità sono dettati dal DPGR 5/R del 30/01/2020. Le condizioni di fattibilità sono definite in funzione delle situazioni di pericolosità e di rischio, e specificano gli studi e le indagini da effettuare a livello attuativo ed edilizio e le eventuali opere da realizzare per la mitigazione del rischio.

La mitigazione del rischio è perseguita attraverso azioni combinate per la riduzione della pericolosità e della vulnerabilità degli elementi esposti.

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica media (G2)**, 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.

Per gli interventi previsti in aree caratterizzate da questa pericolosità geologica le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo per ogni singolo intervento ed avranno come obiettivo la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo. In ragione delle scadenti caratteristiche geotecniche dei depositi olocenici presenti nell'area di intervento, la realizzazione degli interventi previsti nell'area in oggetto, ovvero le opere di urbanizzazione primaria e secondaria oltre ai manufatti edilizi dei singoli lotti, dovrà essere supportata da apposite indagini geognostiche di dettaglio, finalizzate alla verifica puntuale delle caratteristiche geotecniche dei terreni, che potrebbero dar luogo instabilità a breve termine (rottura dei terreni di fondazione) e lungo termine (cedimenti assoluti e differenziali).

Pertanto, a supporto della progettazione e realizzazione sia delle opere di urbanizzazione che dei singoli manufatti edilizi dovranno essere realizzate specifiche relazioni geologiche e geotecniche, supportate da adeguate indagini geotecniche e geofisiche nel rispetto della normativa tecnica e sismica per le costruzioni vigente (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2)**, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018, la fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio 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.

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 11 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

A tal proposito gli interventi previsti nella Variante al Regolamento Urbanistico saranno fattibili in ragione della realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico così come descritti nella documentazione redatta dall'Ing. Simone Galardini alla quale si rimanda per una esaustiva verifica.

È opportuno che gli interventi proposti siano in grado di garantire almeno un rischio medio R2, ove per le zone soggette ad allagamenti la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danno minori agli edifici ed alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento.

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. È 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 classi 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.

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).

Per gli interventi previsti in aree caratterizzate da questa pericolosità sismica le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo ed avranno come obiettivo la verifica della risposta sismica dei terreni di fondazione nei confronti delle criticità suddette: suscettibilità alla liquefazione, fenomeni di cedimento in presenza di terreni scadenti e contrasti di impedenza sismica nell'assetto sismo-stratigrafico locale (frequenze di risonanza dei terreni). Pertanto, a supporto della progettazione e realizzazione sia delle opere di urbanizzazione che dei singoli manufatti edilizi dovranno essere realizzate specifiche indagini geotecniche e geofisiche nel rispetto della normativa tecnica e sismica per le costruzioni vigente (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).

Alla luce di quanto sopra, risulta che gli interventi previsti all'interno dell'area oggetto della Variante al Regolamento Urbanistico sono fattibili e compatibili con le condizioni del sito di imposta, verificando in sede esecutiva la effettiva costituzione stratigrafico - geotecnica del sottosuolo in ragione delle scadenti qualità osservate a livello generale con le tre prove penetrometriche eseguite.

Non si esclude che, in ragione della possibile elevata incidenza strutturale sul terreno di imposta, si debba ricorrere a opere fondazionali speciali; seppur i terreni indagati appaiono prevalentemente coesivi, si sottolinea l'importanza di verificare la quota del livello piezometrico che al momento delle indagini si attestava a -1,70 m dal p.c. (27/05/2021).

La caratterizzazione geologica, geotecnica e geofisica dei singoli lotti dovrà rispettare i dettami delle NTC 2018 e della DGRT 36/R/2009 in accordo con le indicazioni derivanti dalle reali pericolosità di sito.

#### **Allegati:**

Estratto dalla Carta Tecnica Regionale CTR 273.120 - Pontedera, 1:10.000;

Estratto dalla Carta Tecnica Regionale (SITA - Cartoteca), 1:4.000;

Foto satellitare dell'area di intervento;

Estratto dalla Carta Geologica della Regione Toscana (CARG - 273.120), 1:10.000;

Estratto dalla Carta Geologica e Geomorfologica di supporto al Piano Strutturale, 1:10.000;

Estratto dalla Carta Geologica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta Geomorfologica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta Litotecnica di supporto al PS, 1:10.000;

Estratto dalla Carta Litotecnica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta Idrogeologica di supporto al Piano Strutturale, 1:10.000;

Estratto dalla Carta Idrogeologica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta della Pericolosità Geologica di supporto al Piano Strutturale, 1:5.000;

Estratto dalla Carta Pericolosità Geologica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta della Pericolosità Idraulica di supporto al Piano Strutturale, 1:5.000;

Estratto dalla Carta Pericolosità Idraulica di supporto al PSI, 1:10.000;

Estratto dalla Carta della Vulnerabilità Idrogeologica di supporto al Piano Strutturale, 1:10.000;

Estratto dalla Carta di PGR Distretto Appennino Settentrionale;

Estratto dalla Carta Pericolosità Sismica di supporto al PSI, 1:25.000;

Estratto dalla Carta delle Indagini Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, 1:5.000;

Estratto dalla Carta Geologico Tecnica Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, 1:5.000;

Estratto dalla Carta delle Sezioni Stratigrafiche Tipo Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1;

Estratto dalla Carta MOPS frequenze naturali dei depositi Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1:5.000;

Estratto dalla Carta MOPS Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, 1:5.000;  
Estratto dalle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1, 1:5.000;  
Analisi della subsidenza attraverso l'interferometria radar (SAR - LAMMA - Regione Toscana);  
Planimetria generale della variante con l'ubicazione delle indagini eseguite;  
Ubicazione indagini recuperare dal Data Base della Regione Toscana (SITA);  
Ubicazione delle Indagini sismiche MASW acquisite fuori dall'area di intervento;  
Carta della Pericolosità Geologica della Variante Urbanistica, 1:4.000;  
Carta della Pericolosità Sismica della Variante Urbanistica, 1:4.000;  
Carta della Pericolosità Idraulica della Variante Urbanistica, 1:4000;  
Carta della Fattibilità di supporto al Regolamento Urbanistico Vigente;  
Condizioni di Fattibilità degli interventi previsti dalla Variante Urbanistica;  
Indagini acquisite: prove penetrometriche statiche e indagini sismiche MASW;  
Indagini eseguite: prove penetrometriche statiche e indagine sismica MASW  
Verifica del potenziale di liquefazione dei terreni indagati con le tre prove penetrometriche.

Terricciola, 03 giugno 2021

Geol. Mosè Montagnani

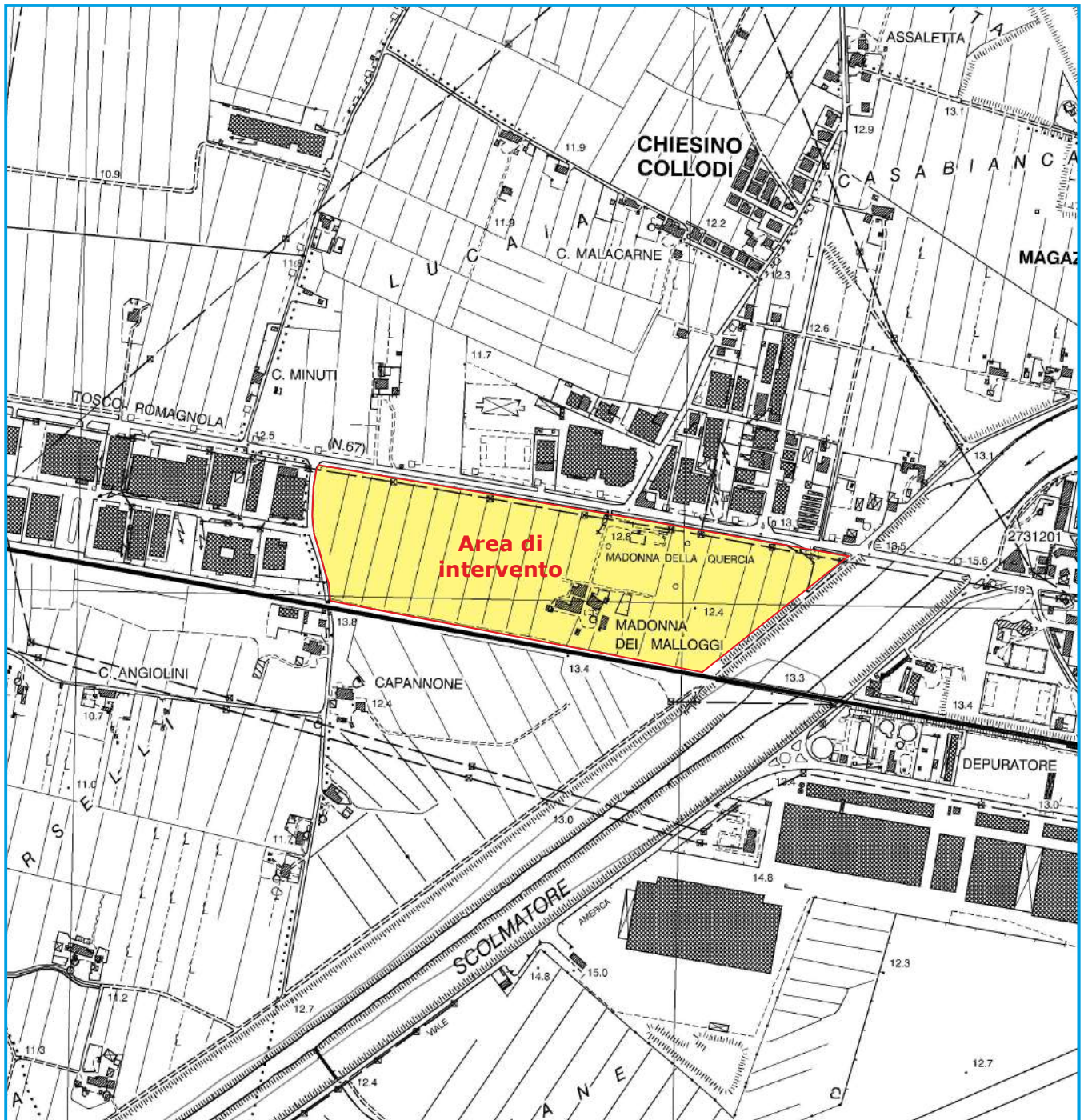




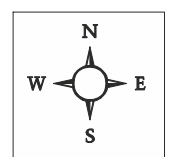
Estratto dalla Carta Tecnica Regionale  
CTR 273.120 - Pontedera

Maggio 2021

Scala 1: 10.000

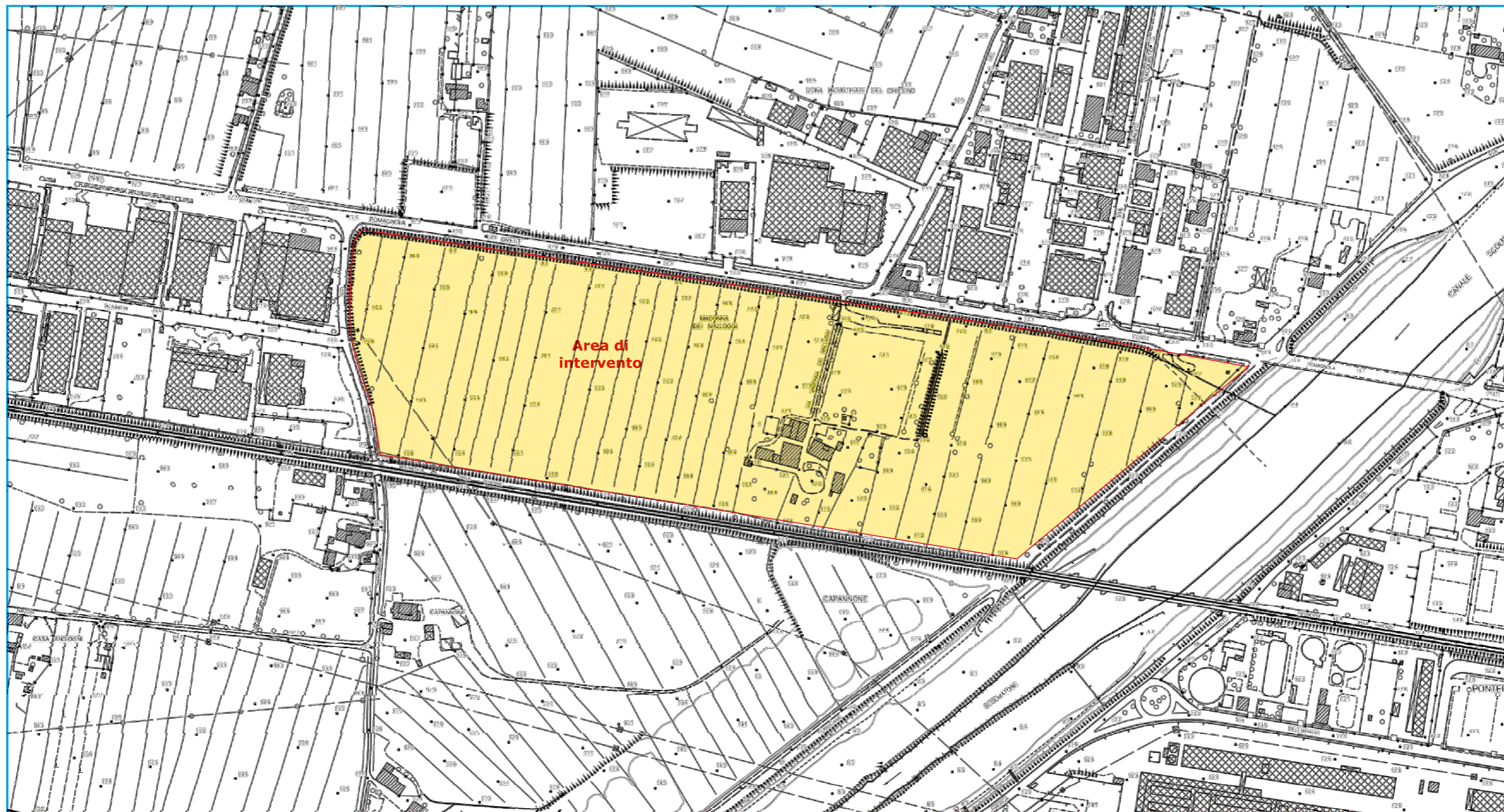


Originale scaricato dal SITA - Cartoteca della Regione Toscana  
Carta Tecnica Regionale - Sezione 273.120 - Pontedera

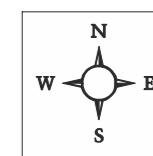


Maggio 2021

Scala 1: 4.000



Originale scaricato dal SITA - Cartoteca della Regione Toscana  
Carta Tecnica Regionale - Fogli 17J12, 17J13, 17J20 e 17J21

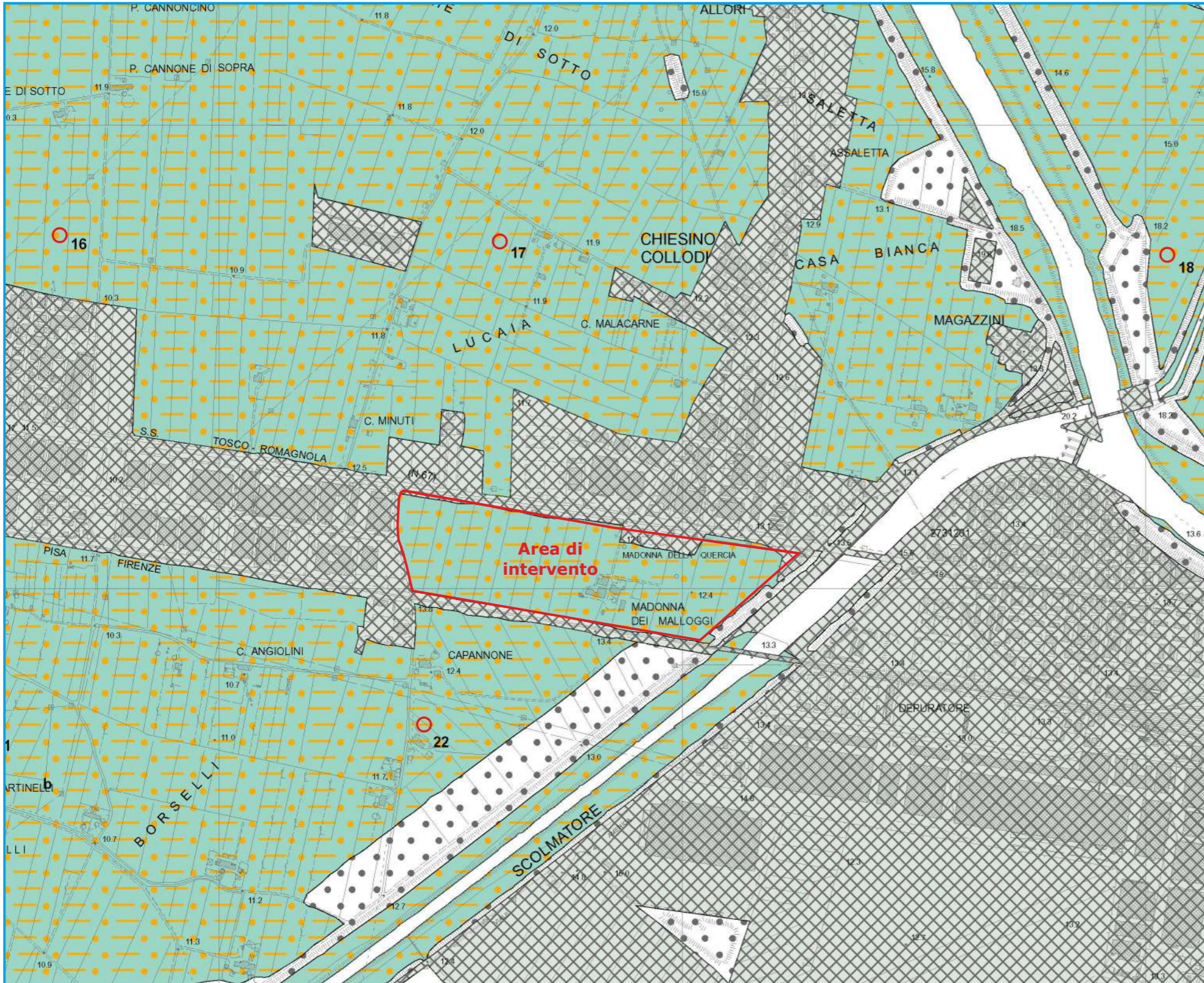




Estratto dalla Carta Geologica della  
Regione Toscana (CARG - 273.120)

Maggio 2021

1:10.000



Legenda

ELEMENTI GEOLOGICI LINEARI

- Contatto stratigrafico
- Traccia di sezione geologica

POZZI E SONDAGGI

- Trivellata (1,00 - 2,00 m di profondità)

FORME DOVUTE A PROCESSI PARTICOLARI

- Conoide alluvionale
- Orlo di terrazzo
- Traccia di alveo abbandonato

FORME E STRUTTURE ANTROPICHE

- Struttura antropica che impedisce l'osservazione degli elementi geologici o geomorfologici e che ha profondamente modificato le caratteristiche del terreno (Area urbanizzata)
- Lago di cava o di miniera

ELEMENTI GEOLOGICI PUNTUALI

- Stratificazione a polarità dritta

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

- Terreni di riporto, bonifica per colmata - h5
- Frane con stato di attività indeterminata - a1
- Depositi di versante - aa
- Depositi alluvionali attuali (sabbie e limi) - b
- Depositi alluvionali attuali (limi e argilli) - b
- Depositi alluvionali attuali (sabbie prevalentemente) - b
- Depositi alluvionali attuali (sabbie e ghiaie) - b
- Depositi alluvionali attuali terrazzati (sabbie prevalentemente) - bn1
- Depositi palustri - e3a

DEPOSITI PLEISTOCENICI

- Sabbie e limi di Vicarello. Sabbie medio-fini di colore giallo con screziature arancioni. Al loro interno si ritrovano frequentemente concrezioni di CaCO<sub>3</sub> e manufatti del Paleolitico medio. Localmente presentano ciottoli sparsi. (Pleistocene superiore) - SLV
- Sabbie e ghiaie delle Cerbaie. Conglomerato matrice sostenuto con matrice sabbiosa di colore rosso costituito da ciottoli eterometrici di dimensioni inferiori ai 15 cm di quarziti bianche, rosa, violente e verdi, calcari cristallini, dapri e altri litotipi di provenienza dal Monte Pisano. Si notano localmente livelli o lenti di sabbie medio-grossolane, sabbie, limose e limi-argillosi spesso di colore grigioparla. Sia i clasti sia la matrice presentano un elevato grado di alterazione. Localmente si ritrovano manufatti di probabile età Musteriana. (Pleistocene medio) - BCE
- Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci. Unità di S. Romano. Sabbie fini e silt di colore giallo-rossastro con laminazione incrociata. Ambiente deposizionale di piana fluviale. All'interno sono presenti gasteropodi terrestri, ostracodi dulcicoli e microfauna marine rimaneggiate. (Pleistocene medio) - SAN

Unità di Montecarvoli

- Silt e argille di colore grigio-nocciola massive. All'interno si ritrovano foraminiferi bentonici, ostracodi marini, gasteropodi e bivalvi marini. Alla base è presente un livello cumulitico dai macrofossili. Deposito di shoreface. (Pleistocene inferiore?) - UMa
- Sabbie di colore giallo a stratificazione incrociata concava e lanare con alternanza di sabbie e silt a stratificazione wavy bedding, silt e argille color grigio-nocciola, massive. Ambiente deposizionale di piana deltizia. Nelle granulometria più fini sono stati ritrovati foraminiferi bentonici e ostracodi salmastrici. Localmente sono stati ritrovati gasteropodi e ostracodi dulcicoli. (Pleistocene inferiore?) - UMb
- Ghiaie e in subordinate sabbie color grigio, con stratificazione incrociata concava e planare, ciottoli a prevalente composizione calcarea e subordinatamente si osservano ciottoli metamorfici, dispi e ciottoli di macigno. Ambiente deposizionale fluviale tipo braided. (Pleistocene inferiore?) - UMc

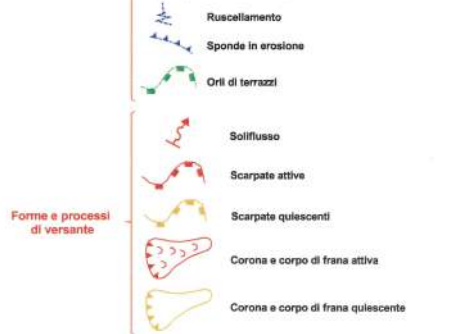
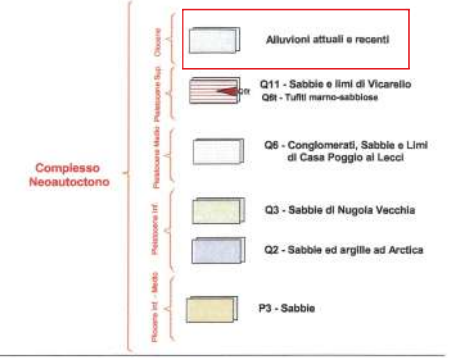
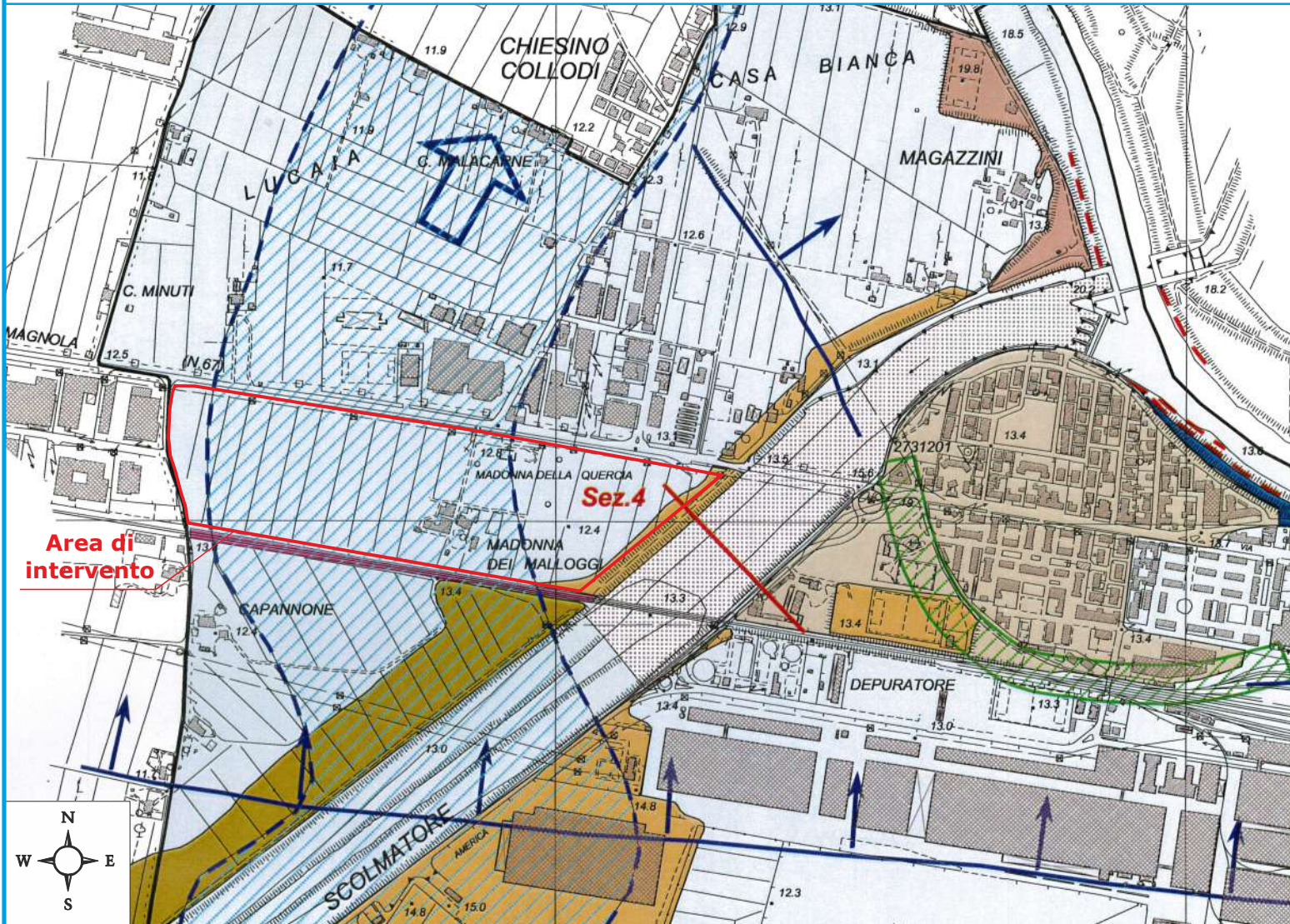
UNITA' TOSCANE METAMORFICHE

- Formazione della Verruca. Membro delle anageniti minute. Alternanze di metarenarie quarzoso-feldspatiche e filladi violente. (Anisico-Ladino) - SRCc

VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
 NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R  
 Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
 2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

Estratto dalla Carta Geologica e Geomorfológica di supporto al Piano Strutturale

Scala 1: 10.000



Via Volterrana, 427 - Terricciola (PI)  
 e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

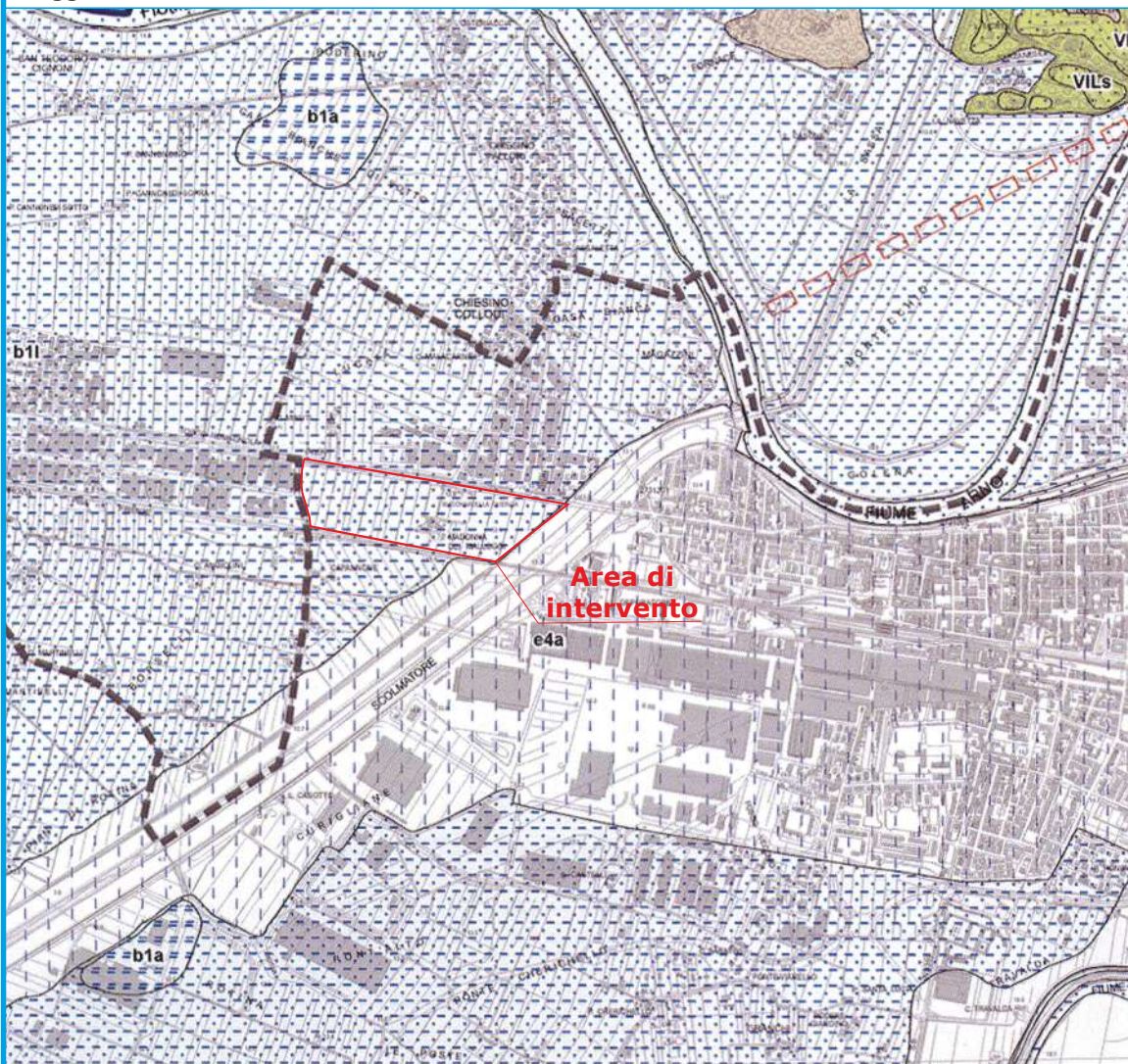
Mosè Montagnani  
 Geologo

Maggio 2021

Estratto dalla Carta Geologica di supporto al PSI

Maggio 2021

Scala 1:25.000



Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
 e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

Corpi di frana Attivo Quiescente Stabilizzato

DEPOSITI CONTINENTALI RECENTI E ATTUALI

- Depositi alluvionali  
 In base alla tessitura prevalente sono distinti:
- b1s (sabbie prevalenti)
  - b1l (limi prevalenti)
  - b1a (argille prevalenti)
  - b1m (tessitura mista)
  - aa - Deposito di versante
  - b2a - Deposito eluvio-colluviale
  - b4a - Deposito alluvionale o di origine mista
  - e2a - Deposito di origine lacustre
  - e4a - Deposito di colmata
  - p - Pietraia
  - h1 - Deposito di origine antropica

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA

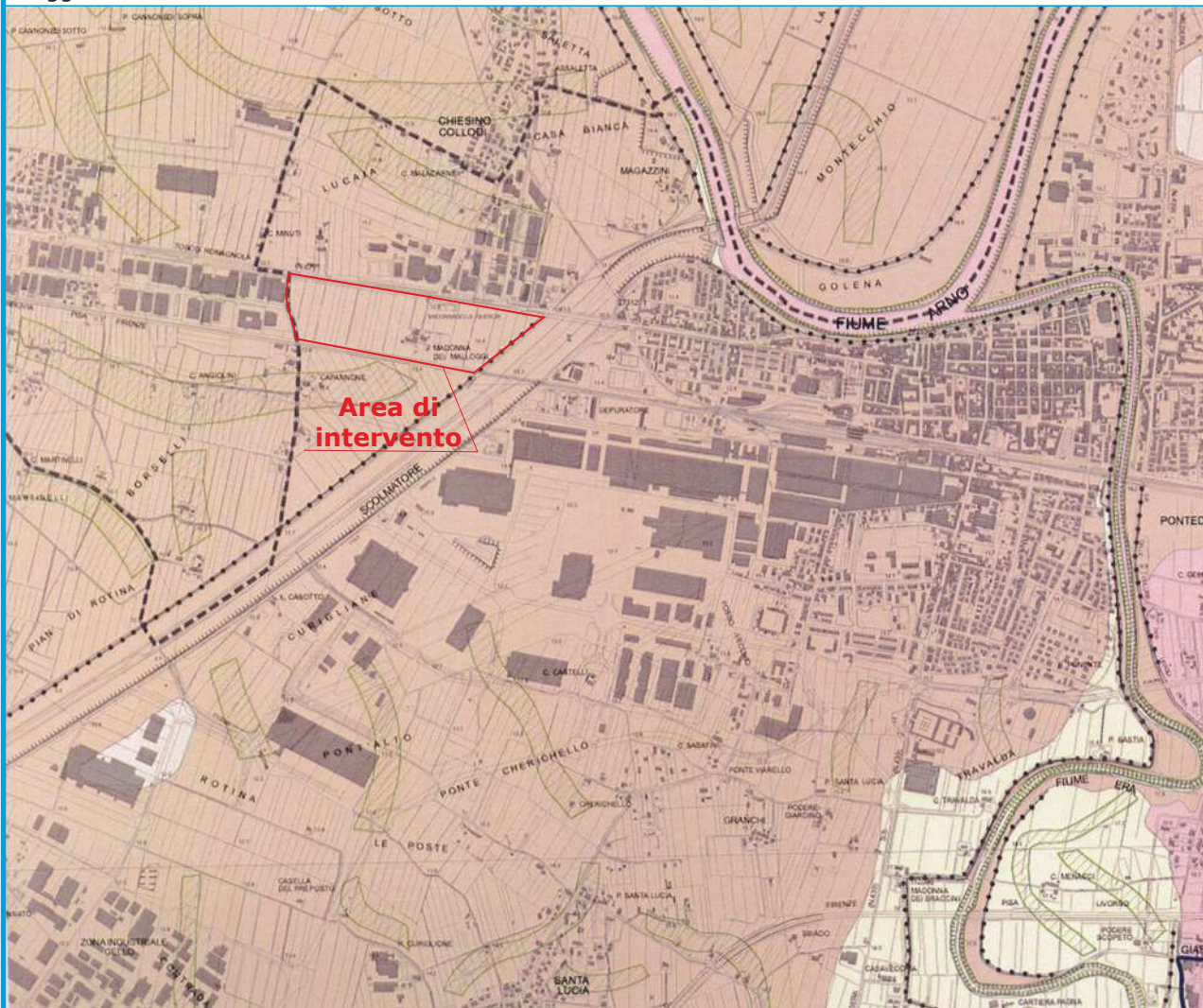
- TRA - Travertini e calcari continentali
- Depositi di ambiente continentale riferibili all'Aureliano-Galeriano (AUR)  
 Sulla base della tessitura sono distinte le seguenti facies:
  - AURg (ghiaia prevalente)
  - AURs (sabbia prevalente)
  - AURm (tessitura mista)
- Depositi di ambiente continentale riferibili al Ruscignano-Villafranchiano (VIL)  
 Sulla base della tessitura sono distinte le seguenti facies:
  - VILg (ghiaia prevalente)
  - VILs (sabbia prevalente)
- Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE3)  
 Sulla base della tessitura sono distinte le seguenti facies:
  - PLE3g (ghiaia prevalente)
  - PLE3s (sabbia prevalente)
  - PLE3a (argilla prevalente)
- Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE2)  
 Sulla base della tessitura sono distinte le seguenti facies:
  - PLE2s (sabbia prevalente)
  - PLE2a (argilla prevalente)
- Depositi di ambiente transizionale riferibili al ciclo pleistocenico (PLE1)  
 Argille, limi contenenti materia organica e faune oligotipiche
- Depositi di ambiente marino prossimale riferibili al ciclo pliocenico (PLI3)  
 Calcareniti e calciruditi bioclastiche. Sulla base della tessitura sono inoltre distinte le seguenti facies:
  - PLI3s (sabbia prevalente)
  - PLI3a (argilla prevalente)
- Depositi di ambiente marino distale riferibili al ciclo pliocenico (PLI2)  
 Potenti corpi argillosi grigio-azzurri contenenti limitate intercalazioni di sabbia fine fossilifera
- Depositi di ambiente marino prossimale riferibili alla base del ciclo pliocenico (PLI1)  
 Conglomerati marini poligenici e sabbie fossilifere

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche**

**Estratto dalla Carta Geomorfologica di supporto al PSI**

Maggio 2021

Scala 1:25.000



**Elementi geomorfologici**

Forme strutturali

- Orlo di scarpata di faglia
- Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale

Cresta

Processi, forme e depositi di versante dovuti alla gravità

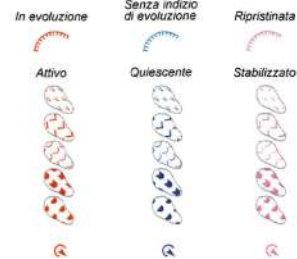
Processi e forme di denudazione

- Gradino di frana
- Orlo di scarpata di degradazione  
(rosso: in evoluzione; arancio: senza indizio di evoluzione)
- Cresta di degradazione  
(rosso: in evoluzione; arancio: senza indizio di evoluzione)

- Area a franosità diffusa
- Area con fenomeni di creep o soffiamento
- Forme di accumulo e relativi depositi
- Deposito di versante

Frane

- Corone di frana
- Orlo di scarpata di frana
- Corpi di frana
- Frana con movimento indeterminato
- Frana di scorrimento
- Frana di colamento
- Frana di crollo
- Frana complessa
- Frana non cartografabile



Processi e forme dovuti alle acque correnti superficiali

- Solco di ruscellamento concentrato (gully erosion)
- Orlo di scarpata di erosione fluviale  
(verde: in evoluzione; verde chiara: senza indizio di evoluzione)
- Alveo in incisione
- Alveo fluviale abbandonato (paleovalveo)
- Area soggetta a dilavamento diffuso (sheet erosion)
- Area a calanchi

Forme e depositi di origine mista dovuti all'azione combinata di gravità e ruscellamento diffuso

- Deposito eluvio-colluviale

Forme e depositi di origine mista dovuti all'azione combinata di gravità e acque correnti superficiali

- Conoide alluvionale e di origine mista

Forme e depositi di origine crionivale

- Pietraia

Forme di origine carsica

- Dolina

Attività, forme e depositi di origine antropica

- Orlo di scarpata antropica
- Argine artificiale
- Area di sbancamento
- Lago di cava
- Area di laminazione o cassa di espansione
- Area in subsidenza

Unità Litotecniche

- Rocce non stratificate
- Rocce stratificate
- Rocce più fittamente stratificate
- Alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (L/P > 75%)
- Alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (L/P tra 25% e 75%)
- Alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (L/P < 25%)
- Ammassi strutturalmente disordinati
- Conglomerati e breccie clasto-sostenuti
- Arenarie deboli
- Limi consistenti
- Argille consistenti
- Ghiaie
- Sabbie
- Limi debolmente consistenti
- Argille debolmente consistenti

Limiti amministrativi

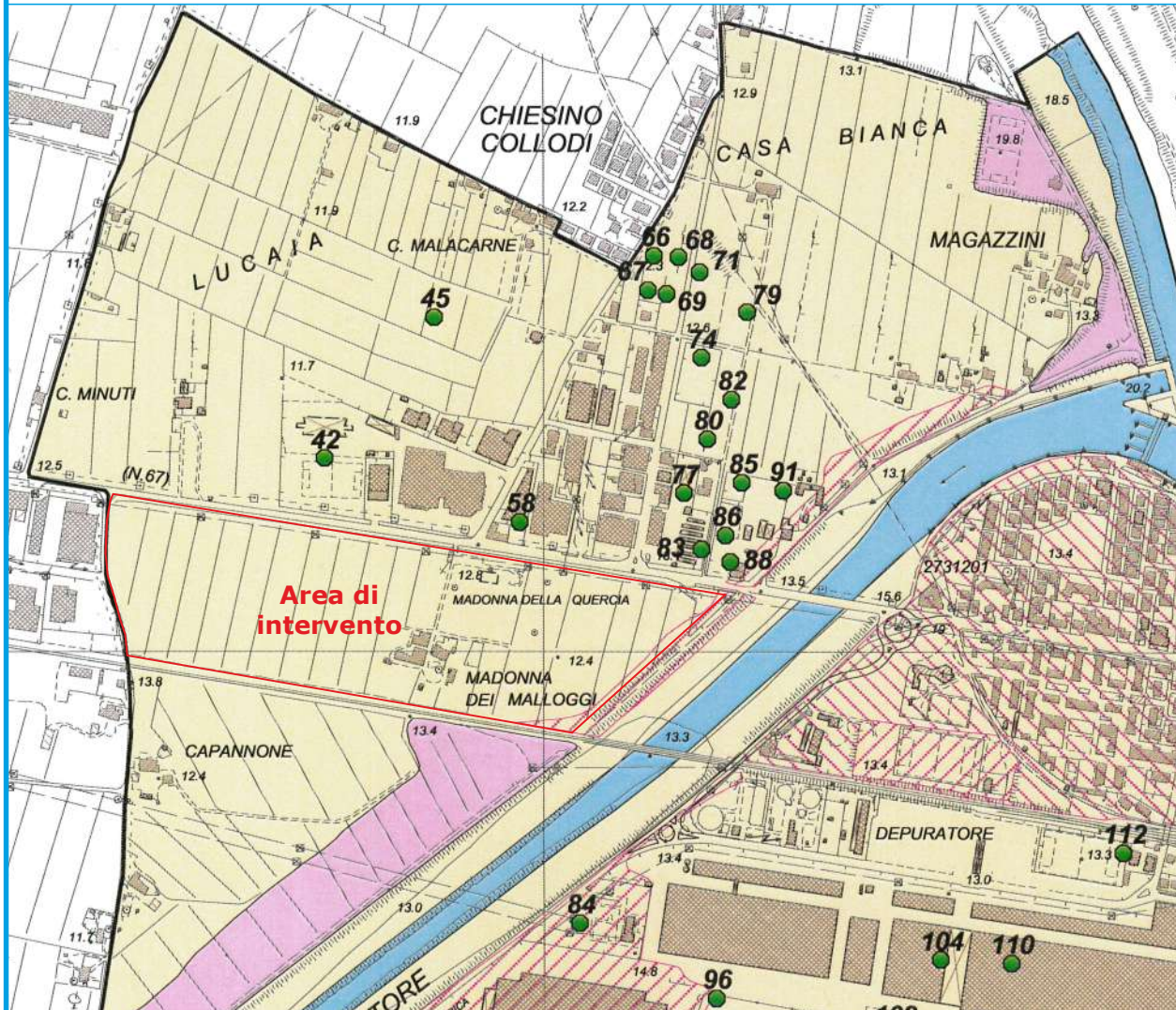
- Confine comunale

VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

Estratto dalla Carta Litotecnica di supporto al PS

Maggio 2021

Scala 1:10.000



Classi litotecniche

- Unità 1 : Formazioni di media resistenza (non rappresentata)
- Unità 2 : Formazioni semicoerenti conglomeratiche (Q6 - Q11)
- Unità 3 : Formazioni incoerenti sabbiose (P3 - Q3)
- Unità 4 : Formazioni coerenti di scarsa resistenza (non rappresentata)
- Unità 5 : Formazioni pseudocoerenti argilloso-sabbiose (a)
  - Coperte da spessori di riporto compresi tra 1 e 2 m
  - Coperte da spessori di riporto <1m
- Unità 6 : Formazioni pseudocoerenti prevalentemente argillose (Q2)
- Unità 7 : Accumulo di materiale rimaneggiato (discariche, rilevati con spessori >2m, frane) - laghi
- Corsi d'acqua principali

Ubicazione Prove in sito

- ▲ Ubicazione Prove Penetrometriche Dinamiche
- Ubicazione Prove Penetrometriche Statiche
- ▲ Ubicazione Sondaggi e Saggi

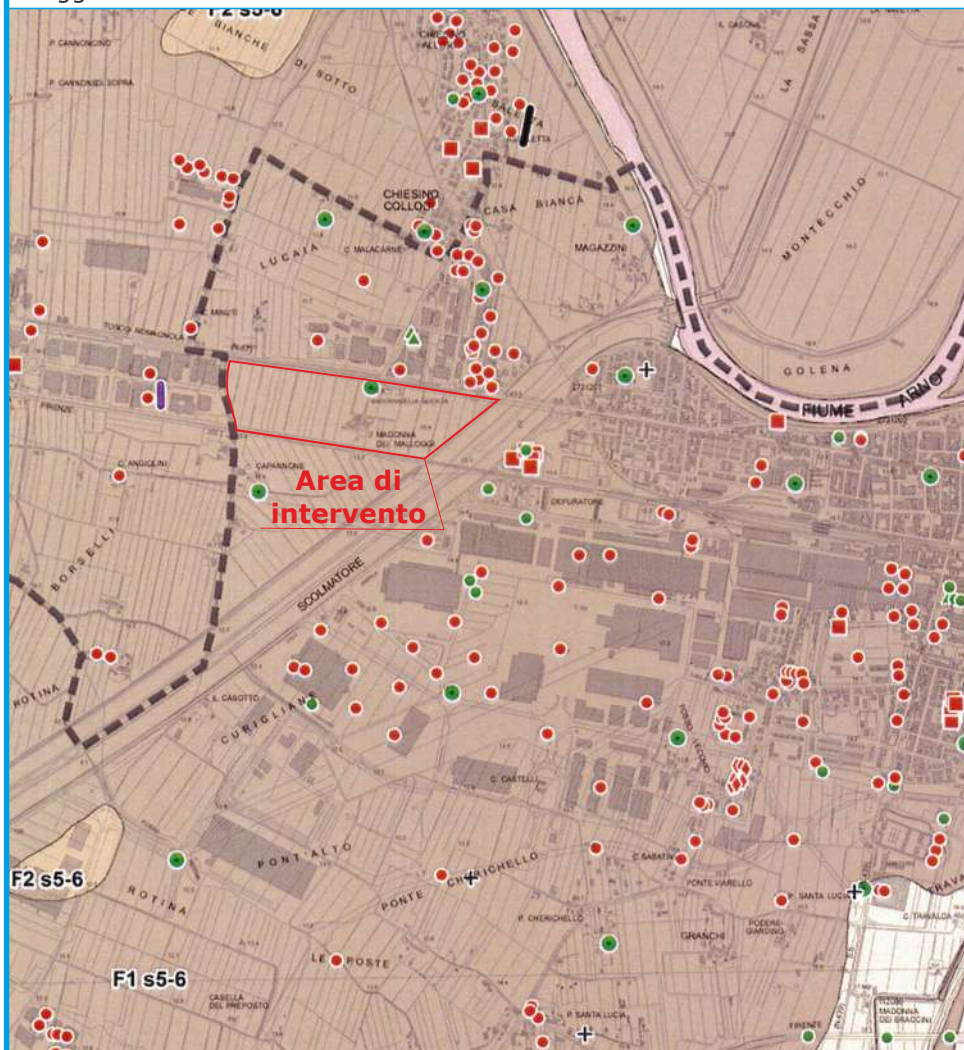
Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail:m.montagnani@studigeologici.it



## Estratto dalla Carta Litotecnica di supporto al PSI

Maggio 2021

Scala 1:25.000



Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

## Unità Litotecniche

**Unità A: Materiale lapideo costituito da un unico litotipo non stratificato**

**A** Rocce non stratificate (r1-4)

**Unità B: Materiale lapideo stratificato o costituito da alternanze di diversi litotipi**

*Rocce stratificate*

**B1** Rocce stratificate (r1-4)

**B2** Rocce più fittamente stratificate (r1-4)

*Alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici*

**B3** con rapporto L/P > 75% (r1-4)

**B3** con rapporto L/P > 75% (r5-6)

**B4** con rapporto L/P tra 25% e 75% (r1-4)

**B5** con rapporto L/P < 25% (r5-6)

*Ammassi strutturalmente disordinati*

**Bc** Ammassi strutturalmente disordinati (r5-6)

**Unità C - Materiali granulari cementati**

*Brecce, conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione*

**C1** Conglomerati e brecce clasto-sostenuti (r7)

**C3** Arenarie deboli (r5-6)

**C3** Sabbie cementate (r7)

**Unità D - Materiali coesivi consistenti**

**D1** Limi (s2)

**D2** Argille (s1)

**D2** Argille (s2)

**Unità E - Materiali granulari non cementati o poco cementati**

**E2** Ghiaie (a1-2)

**E2** Ghiaie (a3-4)

**E3** Sabbie (a1-2)

**E3** Sabbie (a3-4)

**Unità F - Materiali con consistenza limitata o nulla**

**F1** Limi (s5-6)

**F2** Argille (s5-6)

*Nell'ambito di una stessa classe litotecnica sono individuati diversi gradi di resistenza meccanica, indicati con diverso colore e riportati in legenda tra parentesi (r = resistenza a compressione uniassiale; a = grado di addensamento; s = stato di consistenza).*

## Dati di base

### Indagini geognostiche

- Sondaggio
- ▲ Saggio geognostico
- Piezometro
- Prova penetrometrica statica
- Prova penetrometrica dinamica
- ◆ Prova penetrometrica statica / dinamica

### Indagini geofisiche

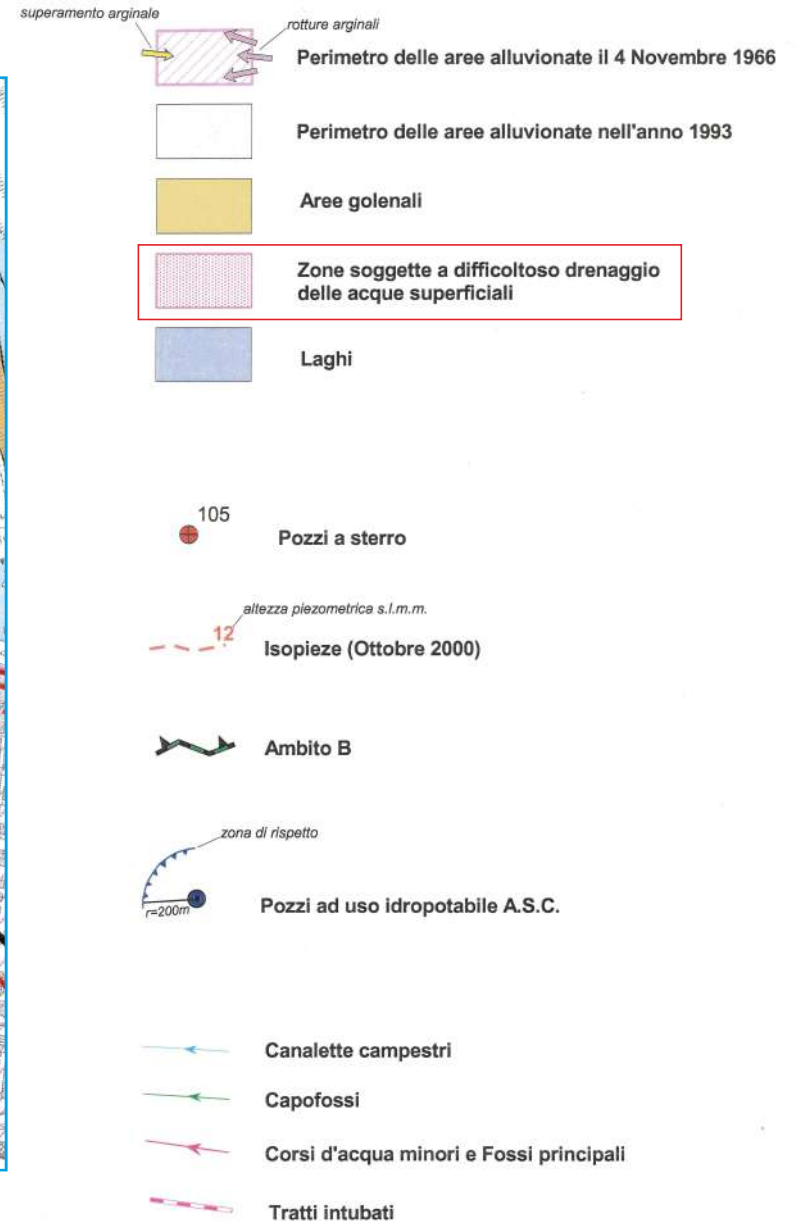
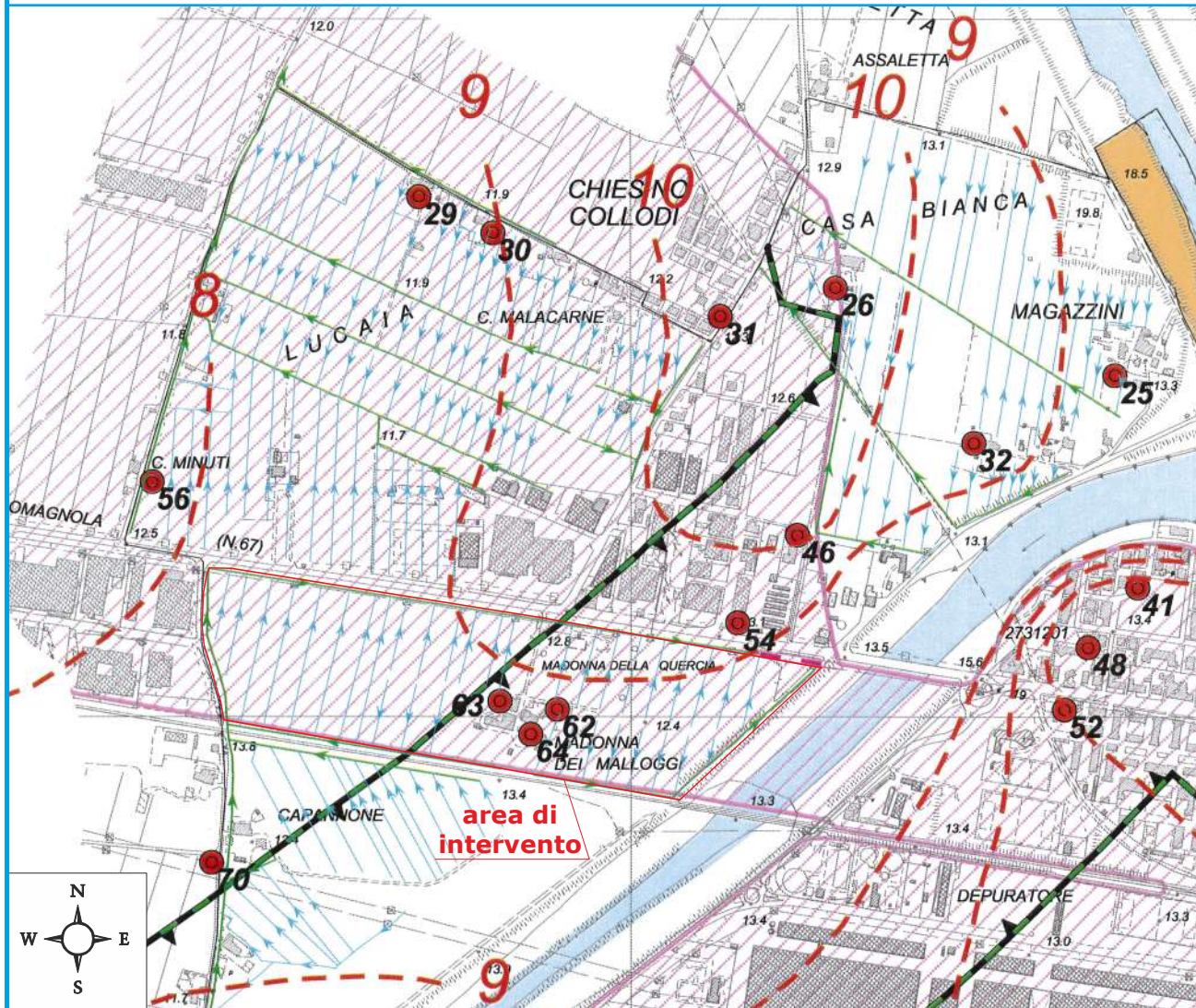
- ⊙ Down-hole
- Cross-hole
- MASW
- + ESAC
- HVSR
- REMI
- Sismica a rifrazione
- Sismica a riflessione
- Tomografia sismica
- Sondaggio Elettrico Verticale
- Tomografia elettrica

## Limiti amministrativi

- Confine comunale

Estratto dalla Carta Idrogeologica di supporto al Piano Strutturale

Scala 1: 10.000

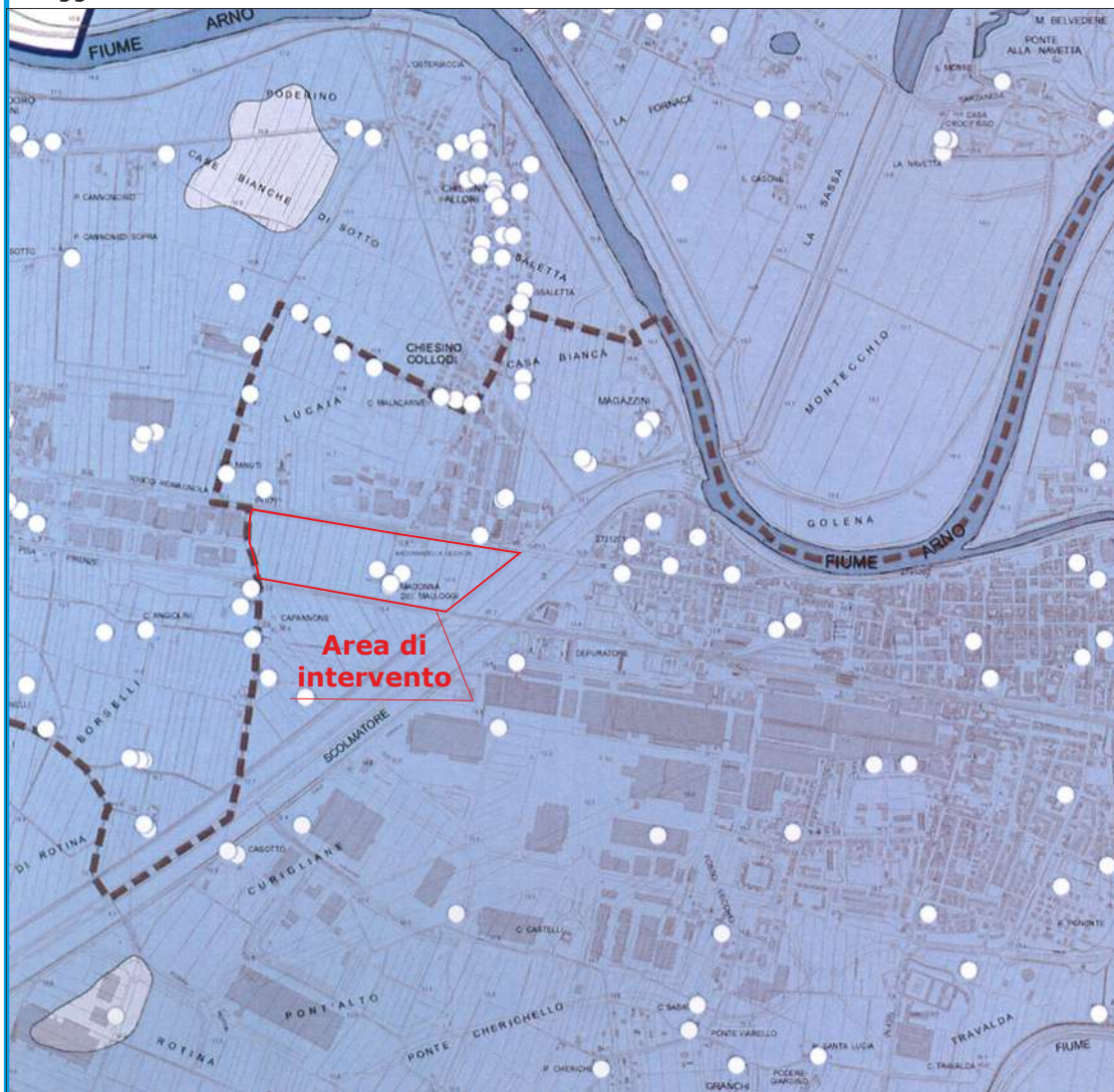


VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

**Estratto dalla Carta Idrogeologica di supporto al PSI**

Maggio 2021

Scala 1:25.000



**Risorsa idrica**

- ▲ Sorgente
- Pozzo
- Pozzo ad uso idropotabile

**Unità idrogeologiche**

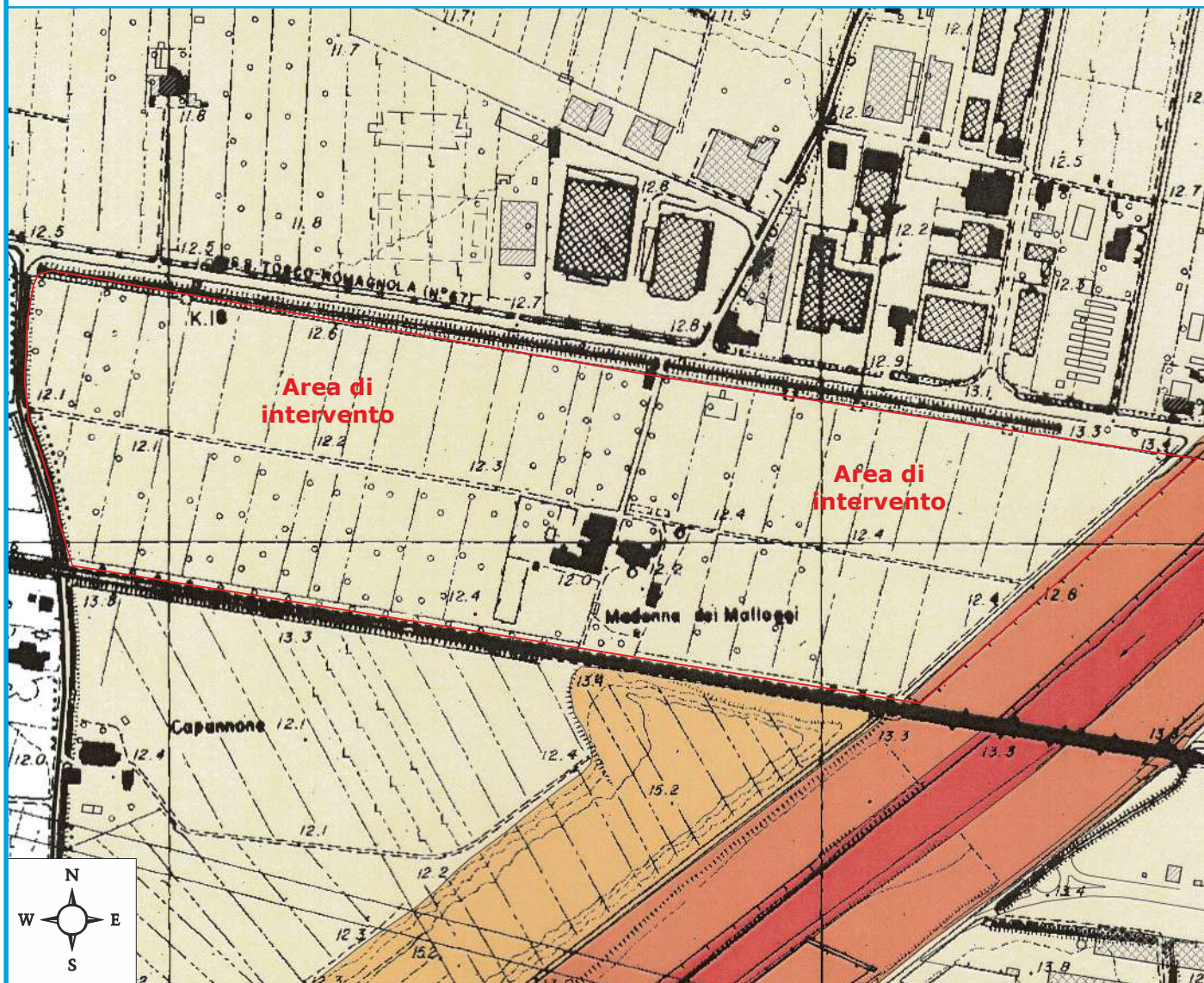
- P2 - Unità a permeabilità primaria medio-alta
- P3 - Unità a permeabilità primaria da bassa a molto bassa o impermeabile
- P4 - Unità a permeabilità primaria da molto bassa a impermeabile
- S1 - Unità a permeabilità secondaria alta
- S2 - Unità a permeabilità secondaria medio-alta
- S3 - Unità a permeabilità secondaria da bassa a molto bassa o impermeabile
- S4 - Unità a permeabilità secondaria da molto bassa a impermeabile
- M1 - Unità a permeabilità mista medio-alta

**Limiti amministrativi**

- Confine comunale

Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

Estratto dalla Carta della Pericolosità Geologica di supporto al Piano Strutturale



CLASSI DI PERICOLOSITA' NEL RISPETTO DELLA D.C.R. 94/85

CLASSI DI PERICOLOSITA' NEL RISPETTO DELL'ART.5 DEL P.T.C.

CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE

Pericolosità Irrelevante (CLASSE 1)

Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche e non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica, in essa ricadono le aree pianeggianti situate in fondovalle od in altopiano con sottosuolo costituito da terreni incompressibili di elevata resistenza penetrometrica statica ed accentuata omogeneità verticale ed orizzontale ovvero da rocce poco fratturate.

CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA

Pericolosità Bassa (CLASSE 2)

Corrisponde a situazioni geologico-tecniche e morfologiche apparentemente stabili sulle quali però permangono dubbi che possono essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione delle trasformazioni; in essa ricadono le aree di fondovalle o di altopiano con sottosuolo costituito prevalentemente da terreni con buone caratteristiche geotecniche, nonché le aree su versante con pendenze inferiori al 15 per cento, distanti da scarpate, nicchie ed accumuli di frana.

CLASSE 3 - PERICOLOSITA' MEDIA

Non sono presenti fenomeni di dissesto, tuttavia le condizioni geologico-tecniche sono tali da far ritenere che si trova al limite dell'equilibrio e/o può essere interessato da fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica o di liquefazione o interessato da episodi di alluvionamento o difficoltoso drenaggio della acqua superficiali.

Sottoclasse 3a

In essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litologiche sfavorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata, e altresì le aree della pianura alluvionale con sottosuolo eterogeneo.

Sottoclasse 3b

In essa ricadono le aree acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litologiche sfavorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi si manifestano coinvolgendo ampie porzioni di territorio e di sottosuolo, sono altresì comprese le aree della pianura alluvionale interessate in passato da episodi di alluvionamento, quelle con prevalenza di terreni compressibili a bassa resistenza penetrometrica statica e quelle in cui sono presenti significativi riporti di terreno.

Pericolosità Media (CLASSE 3)

CLASSE 4 - PERICOLOSITA' ELEVATA

In questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto o fenomeni di elevata amplificazione della sollecitazione sismica e liquefazione del terreno.

Sottoclasse 4a

In essa ricadono aree coinvolte in passato da fenomeni franosi che attualmente risultano in condizioni di quiescenza o di inattività (paleofrane, scarpate quiescenti, accumuli detritici, ecc.), ma le cui caratteristiche geomorfologiche sono tali da non potere escludere una ripresa generalizzata dell'attività in concomitanza con eventi sismici, ovvero con eventi meteorici di particolare importanza, ovvero ancora per effetto di interventi antropici, ed altresì aree della pianura alluvionale con terreni molto compressibili a resistenza penetrometrica statica bassa o nulla, per cui sono possibili fenomeni di subsidenza od instabilità indotti da azioni antropiche o per effetto di eventi sismici. Sono altresì comprese le aree golenali.

Pericolosità Elevata (CLASSE 4)

Sottoclasse 4b

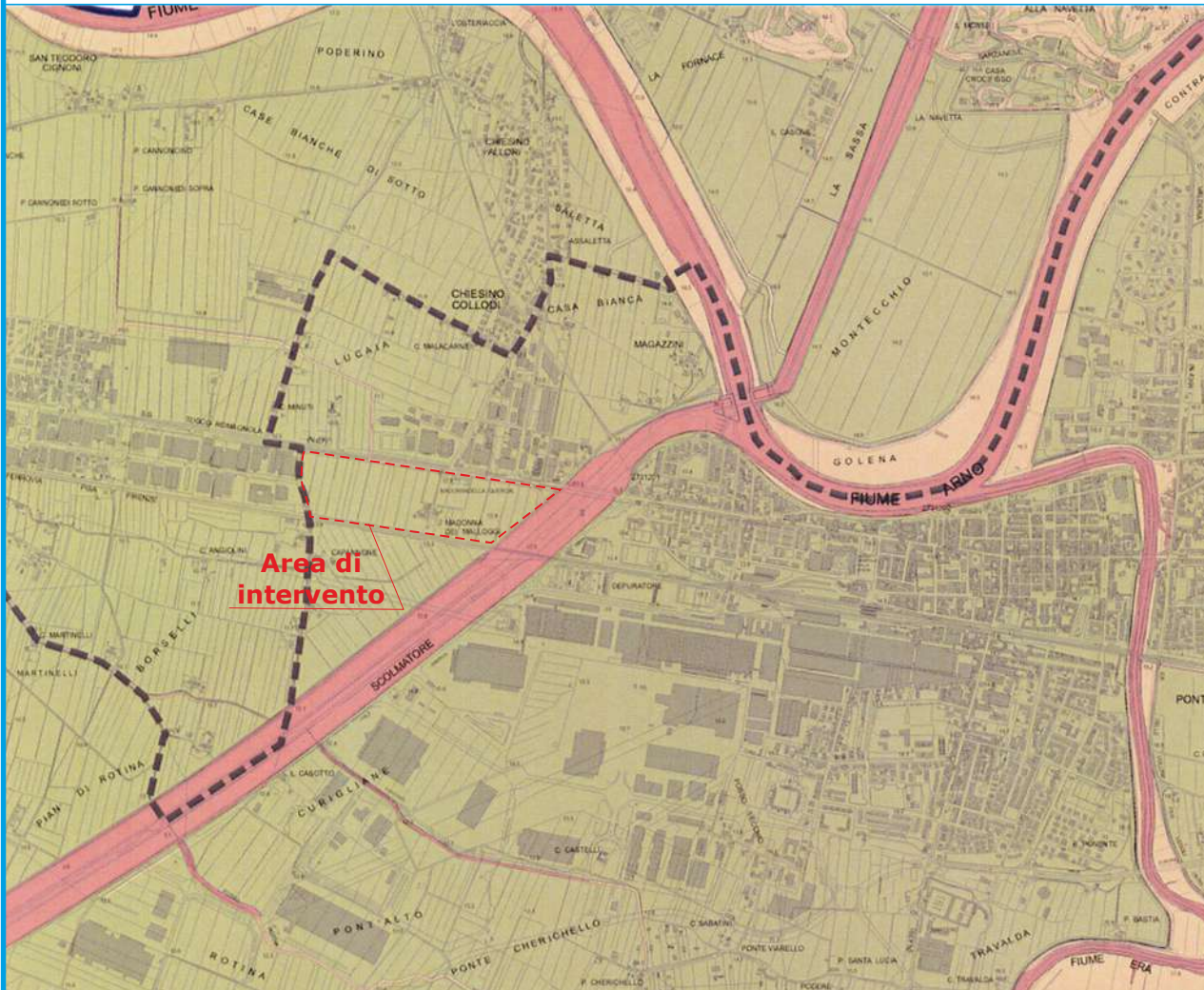
Riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione (alvei fluviali, leghi, ecc.) e da dissesti attivi (frane, scarpate ecc.).

VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

Estratto dalla Carta Pericolosità Geologica di supporto al PSI

Maggio 2021

Scala 1:25.000



## Pericolosità Geologica

Classi di pericolosità ai sensi del DPGR 25 ottobre 2011, n. 53/R

- G.1** Pericolosità geologica bassa
- G.2** Pericolosità geologica media
- G.3** Pericolosità geologica elevata
- G.4** Pericolosità geologica molto elevata

## Limiti amministrativi

- Confine comunale

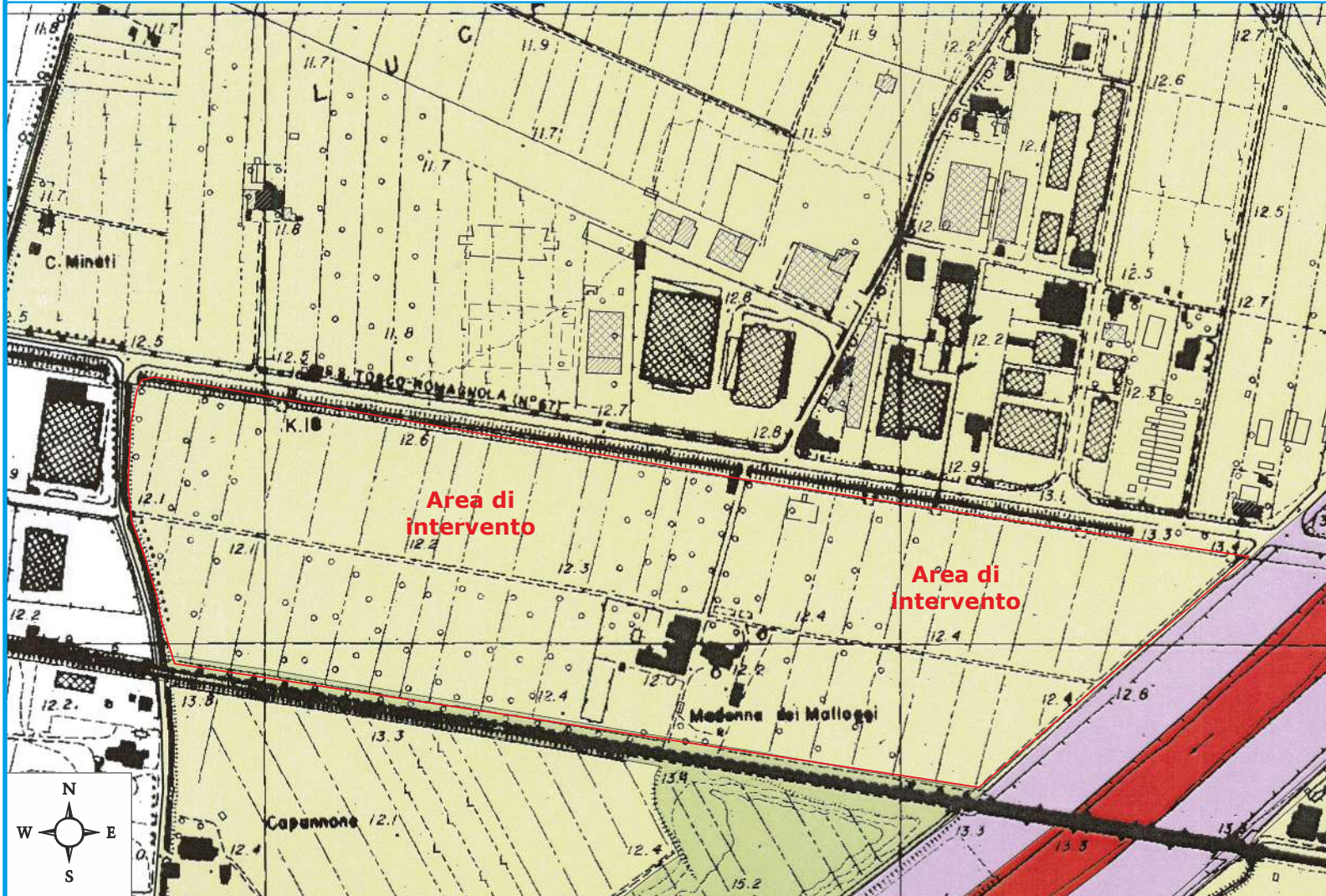
Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail:m.montagnani@studigeologici.it

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche**

**Estratto dalla Carta della Pericolosità Idraulica di supporto al Piano Strutturale**

Maggio 2021

Scala 1: 5.000



**CLASSE 1 - PERICOLOSITA' IRRILEVANTE**

Riguarda le aree collinari e montuose in cui sono giudicati impossibili eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geologica, per esclusione dal gruppo di formazioni di origine alluvionale o palustre di età olocenica.

**CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA**

Riguarda le aree, anche se costituite da depositi di origine alluvionale o palustre di età olocenica, apparentemente non coinvolgibili da eventi di esondazione o sommersione; si individuano su base geomorfologica e corrispondono ai depositi terrazzati, distanti in quota dall'attuale reticolo fluviale.

**CLASSE 3 - PERICOLOSITA' MEDIA**

**Sottoclasse 3a**

Riguarda le aree per le quali non si ha disponibilità di precise testimonianze storiche di episodi di esondazione o di sommersione, comunque limitrofe ad aree in passato conosciute come alluvionate o sommerse; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico idraulici, verificando nel caso la ricorrenza statistica di possibile esondazione o sommersione comunque superiore ai duecento anni; vi sono altresì comprese le aree coinvolte da eventi storici, ed attualmente protette da opere di difesa o bonifica idraulica rispetto ad eventi di ricorrenza duecentennale.

**Sottoclasse 3b**

Riguarda le aree soggette a esondazione o sommersione in occasione di eventi eccezionali, cioè di eventi con tempi di ricorrenza compresi tra i venti ed i duecento anni; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici.

- Altezza della lama d'acqua minore di 30 cm.
- Altezza della lama d'acqua maggiore di 30 cm.
- Altezza della lama d'acqua compresa tra 30 e 50 cm.
- Altezza della lama d'acqua compresa tra 50 e 100 cm.

**CLASSE 4 - PERICOLOSITA' ELEVATA**

**Sottoclasse 4a**

Riguarda le aree soggette ad esondazione o a sommersione in occasione di eventi straordinari relativamente frequenti, cioè di eventi con tempi di ricorrenza compresi tra i due ed i venti anni; si individuano su base geomorfologica o storica o con riferimento a modelli idrologico-idraulici.

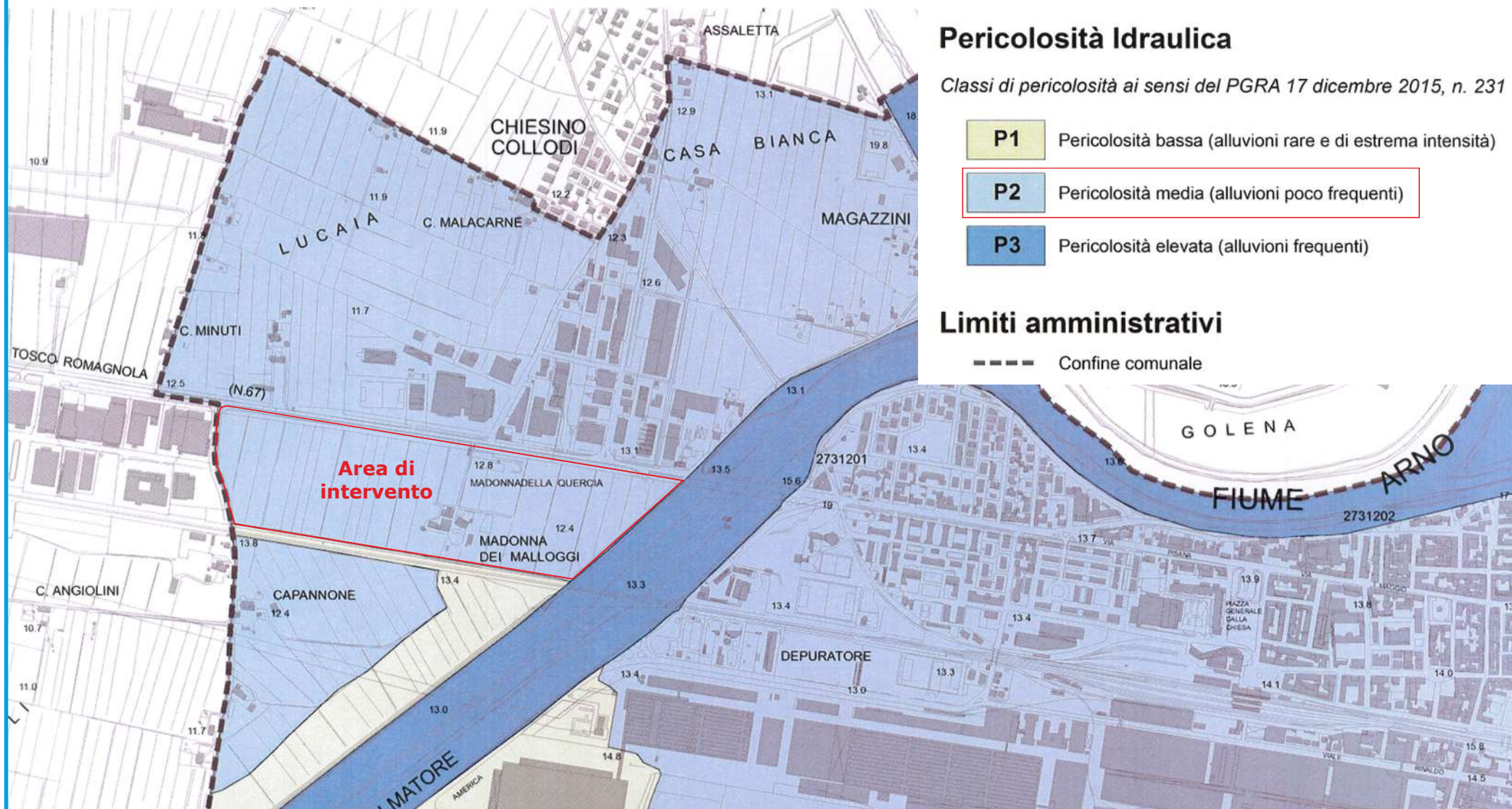
- Altezza della lama d'acqua minore di 30 cm.
- Altezza della lama d'acqua maggiore di 30 cm.
- Altezza della lama d'acqua compresa tra 30 e 50 cm.
- Altezza della lama d'acqua maggiore di 50 cm.

**Sottoclasse 4b**

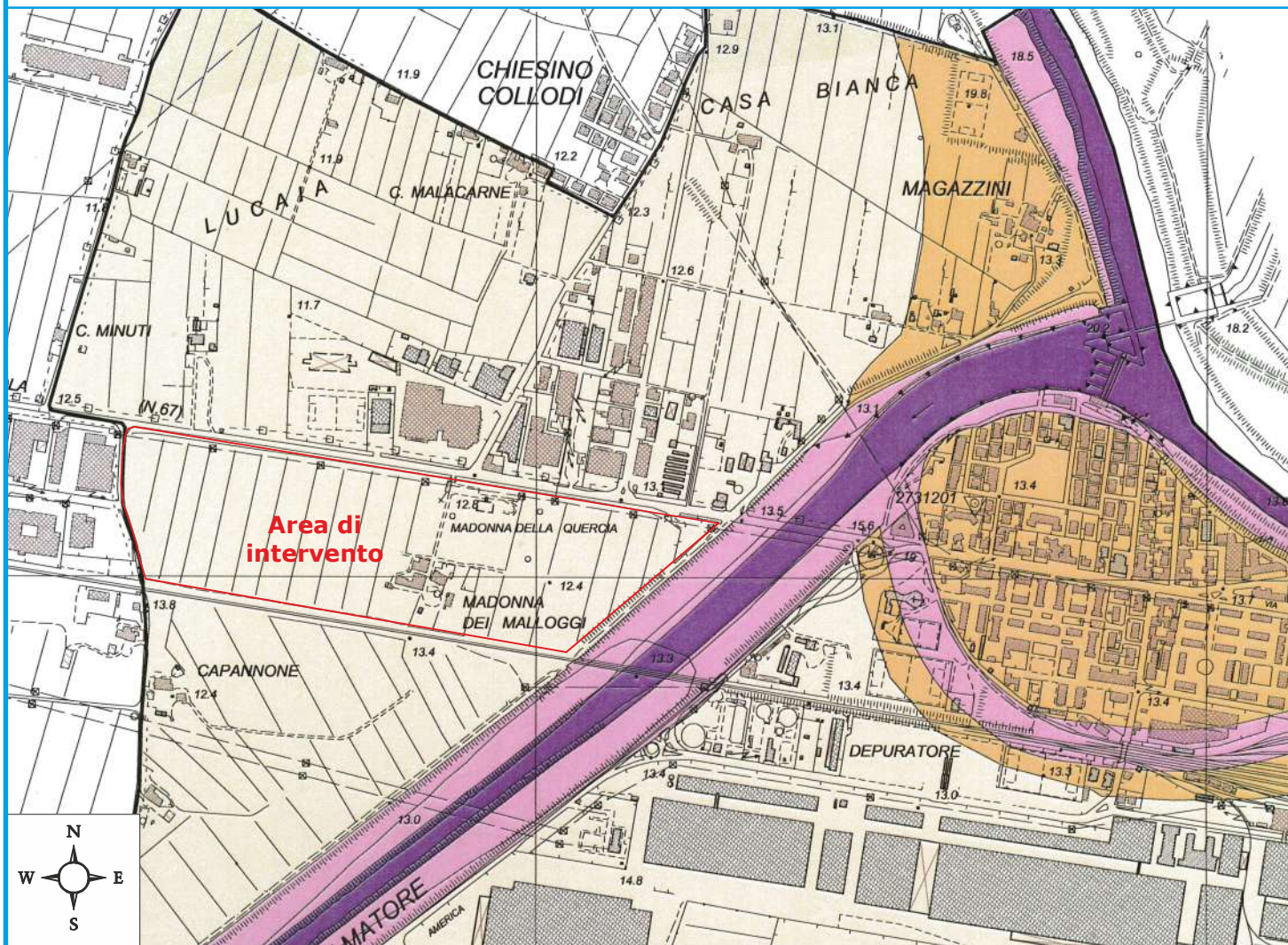
Riguarda i corpi idrici come delimitati dalle proprie scarpate o da eventuali manufatti, di difesa idraulica o di attraversamento del corso d'acqua, che condizionano gli ambiti di deflusso individuati dall'evento ordinario di ricorrenza biennale.

Maggio 2021

Scala 1:10.000



Estratto dalla Carta della Vulnerabilità Idrogeologica di supporto al Piano Strutturale



CLASSE 1 - VULNERABILITA' IRRILEVANTE

Reguarda le aree in cui la risorsa idrica considerata non è presente, essendo i terreni praticamente privi di circolazione idrica sotterranea, per cui gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le vicine acque superficiali o ristagnano sul terreno;

CLASSE 2 - VULNERABILITA' BASSA

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini di incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle condizioni idrogeologiche, e simili, corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti su base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20 per cento o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argillose-sabbiose;

CLASSE 3 - VULNERABILITA' MEDIA

Sottoclasse 3a

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali scarsamente permeabili con falda prossima al piano campagna, da falde idriche in materiali a medio-bassa permeabilità con piezometria depressa per cause naturali, da falde idriche spesso scospese attestata in terrazzi alluvionali non direttamente connessi con gli acquiferi principali ovvero in estesi corpi detritici pedocollinari, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone in cui affiorano terreni a bassa permeabilità e le zone interessate da falde freatiche attestata in complessi detritici sufficientemente estesi o con evidenze di circolazione idrica;

Sottoclasse 3b

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio-alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili;

CLASSE 4 - VULNERABILITA' ELEVATA

Sottoclasse 4a

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 1 e 7 giorni, quali quelle di ricarica di acquiferi confinati a media permeabilità, quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali molto permeabili con falda prossima al piano campagna, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie molto permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi altamente permeabili, le zone di affioramento di terreni sciolti a permeabilità elevata con sufficiente estensione e ricarica, le zone di infiltrazione in terreni a permeabilità medio-alta, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie mediamente permeabili;

Sottoclasse 4b

Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è esposta, cioè in cui si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti; in essa ricadono zone di ricarica di acquiferi confinati ad alta permeabilità, zone di alveo o di golaena morfologicamente depresse nelle quali la falda è esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti, zone nelle quali, per cause naturali o per azioni antropiche, si verifica un'alimentazione indotta con acque facilmente contaminabili delle falde freatiche o semiconfinato, zone interessate da rete acquifera in materiali carbonatici a carsismo completo ed altamente sviluppato, zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie molto permeabili, zone di cava con falda esposta nelle pianure alluvionali;





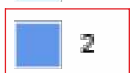
MapStore

GeoSolutions  
Il tuo one-stop-shop per software geospaziale open source

PGRA Pericolosità fluviale



1

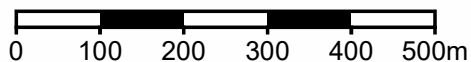
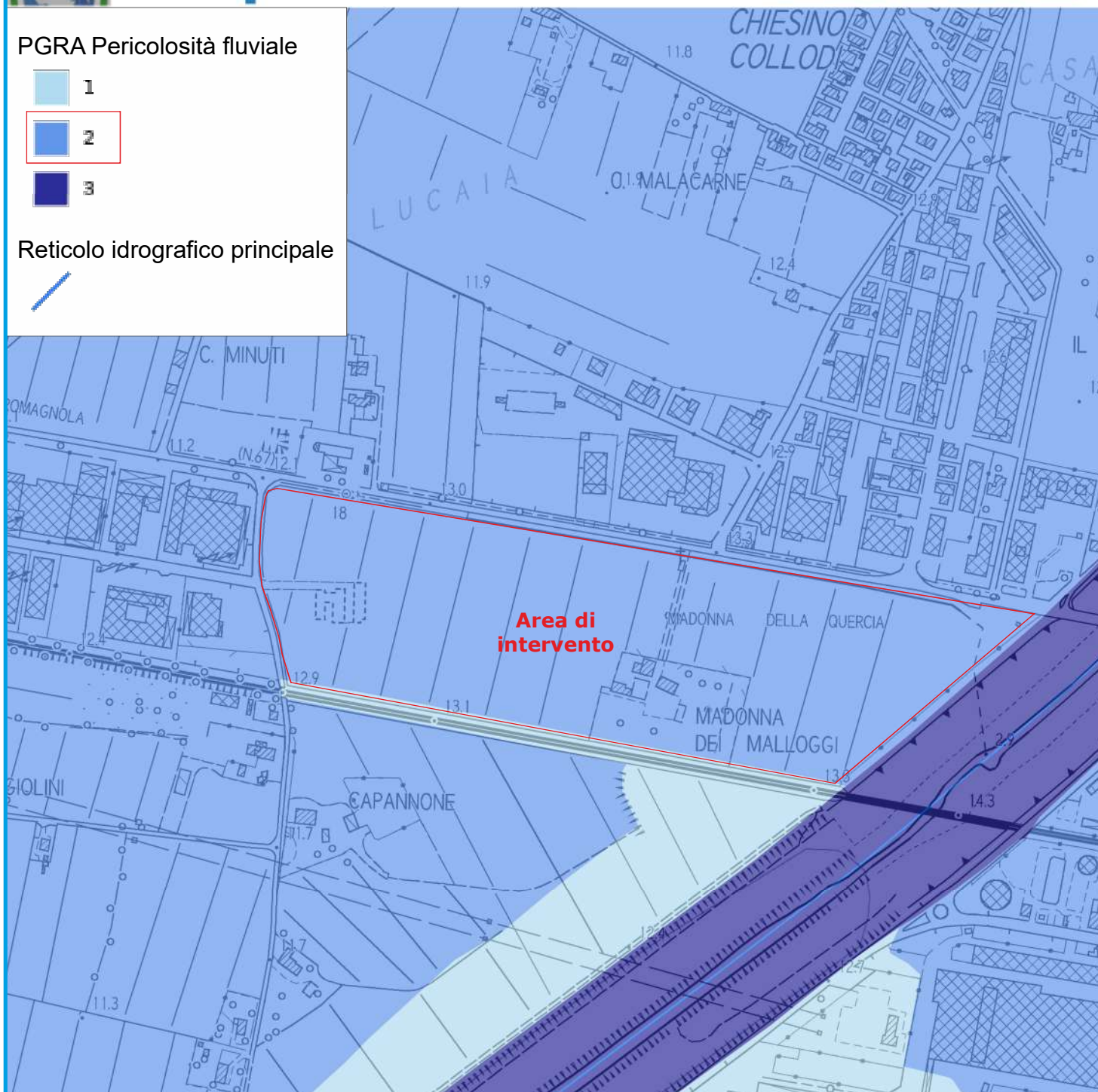


2



3

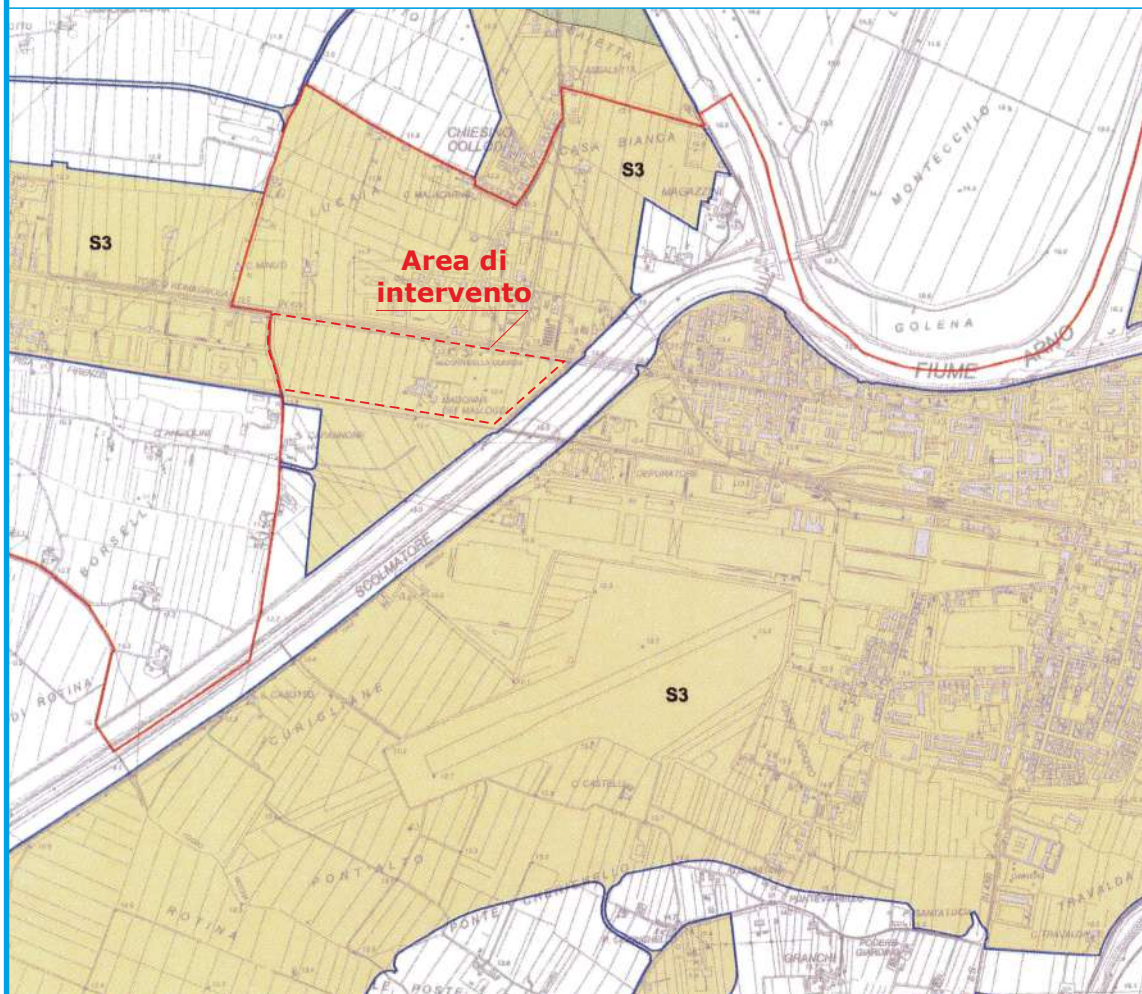
Reticolo idrografico principale



Estratto dalla Carta Pericolosità Sismica di supporto al PSI

Maggio 2021

Scala 1:25.000



Limiti comunali



Territorio Urbanizzato

**CLASSI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**

(ai sensi del DPGR 25 ottobre 2011, n. 53/R)



**Pericolosità sismica locale bassa (S.1)**

zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.



**Pericolosità sismica locale media (S.2)**

zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).



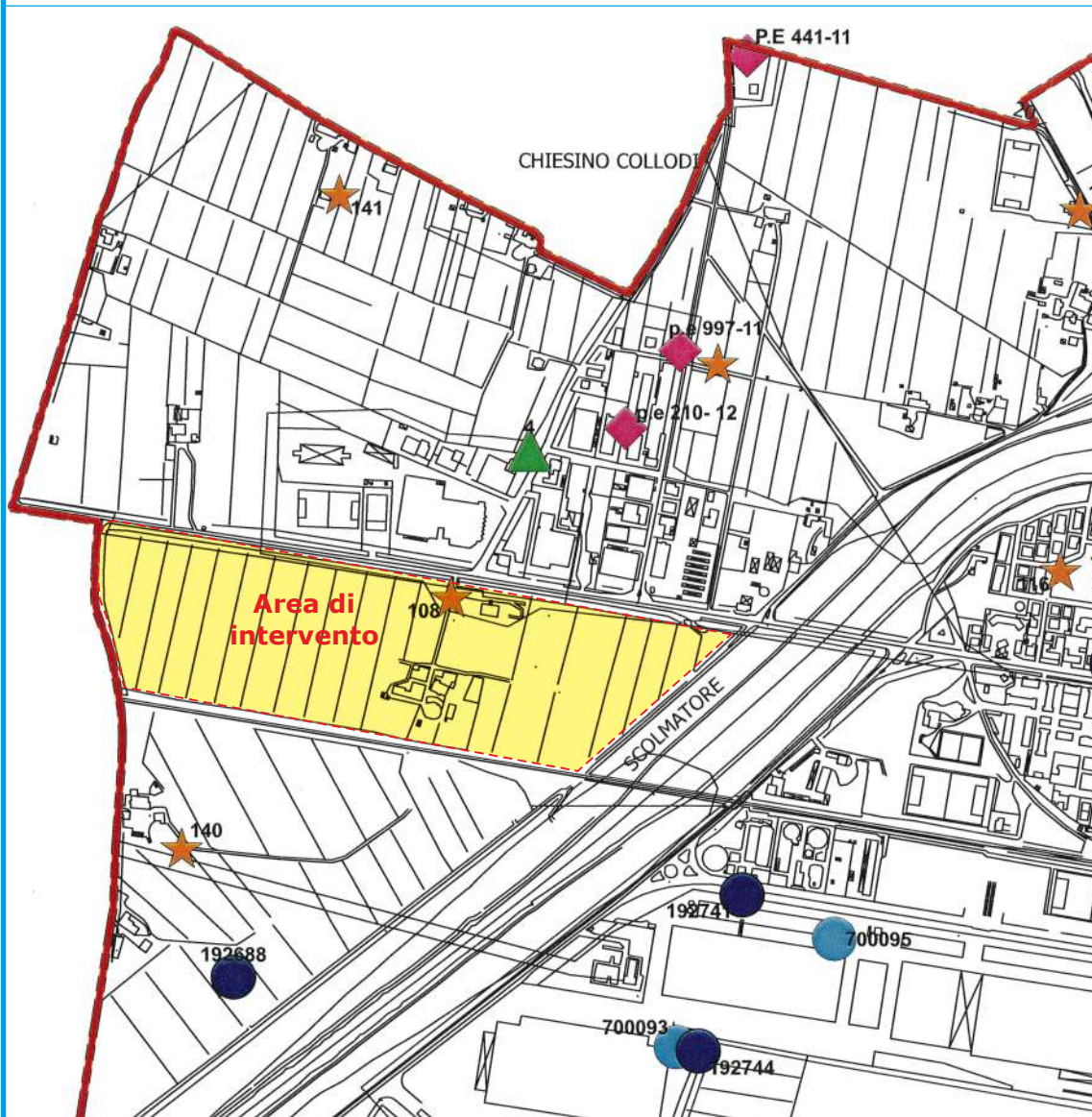
**Pericolosità sismica locale elevata (S.3)**

zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.



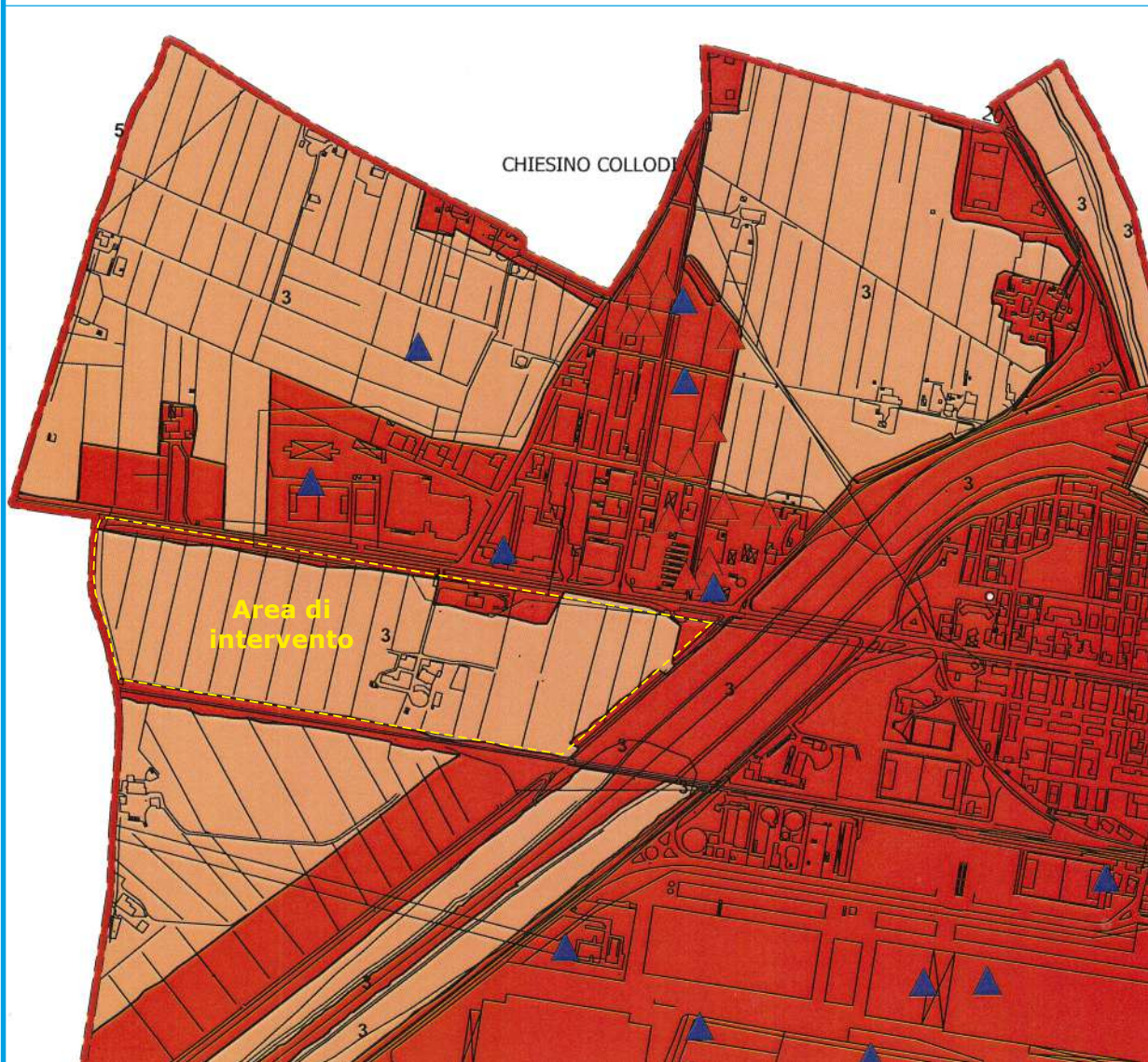
**Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4)**

zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.










**Estratto dalla Carta delle Indagini  
 Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1**

- Limiti Unione Valdera
- Limiti comunali
- Indagini 2018**
- ▲ prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
- ◆ indagine geoelettrica
- ◆ indagine sismica a rifrazione
- ◆ indagine sismica esac
- ★ indagine sismica hvsr
- Archivio Comune di Capannoli**
- indagine geoelettrica
- indagine sismica Masw
- tomografia
- ★ indagine sismica hvsr
- ▲ SCPTU
- ◆ sismica a riflessione
- ▲ prove penetrometriche statiche
- ▲ prove penetrometriche dinamiche
- pozzo
- sondaggio geognostico
- Data base Piano strutturale di Capannoli**
- ▲ prove penetrometriche dinamiche
- ▲ prove penetrometriche statiche
- sondaggio
- sondaggio e
- pozzo
- Database Provincia Pisa**
- pozzo
- ◆ Sondaggio Elettrico Verticale (SEV)
- ▲ prova penetrometrica dinamica
- ▲ prova penetrometrica statica
- saggio geognostico
- sondaggio geognostico
- ◆ Geodatabase indagini sismiche Pontedera
- pozzo ISPRA






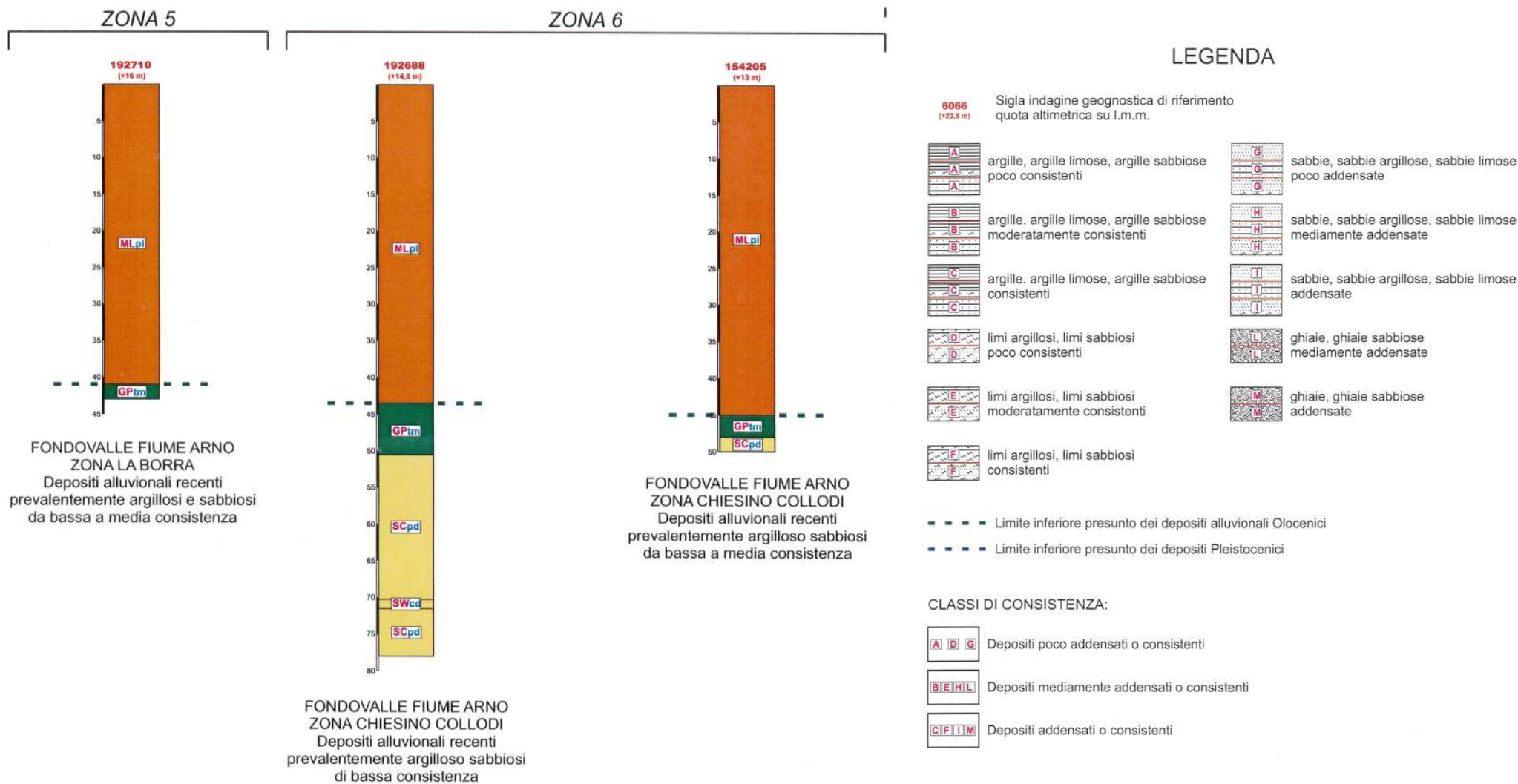
### Estratto dalla Carta Geologico Tecnica Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

#### Unità litotecniche

-  Unità 1 : Formazioni semicoerenti conglomeratiche (VILa - VILe- VILg - PLEe)
-  Unità 2 : Formazioni incoerenti sabbiose ( PLIs)
-  Unità 3 : Formazioni pseudocoerenti argilloso sabbiose ( b - bna - bnb - superfici di terrazzo)
-  Unità 4 : Formazioni semicoerenti sabbioso limose (VILb - PLEb - CIN)
-  Unità 5 : Depositi di copertura semicoerenti ed accumuli di materiale rimaneggiato (discariche, detrito di versante, frane, ex cavi,)
-  Unità 6 : Formazioni semicoerenti argillose e siltose (FAA - FAAb)
-  Unità 7 : Formazioni coerenti calcaree (PLIc - SVL)

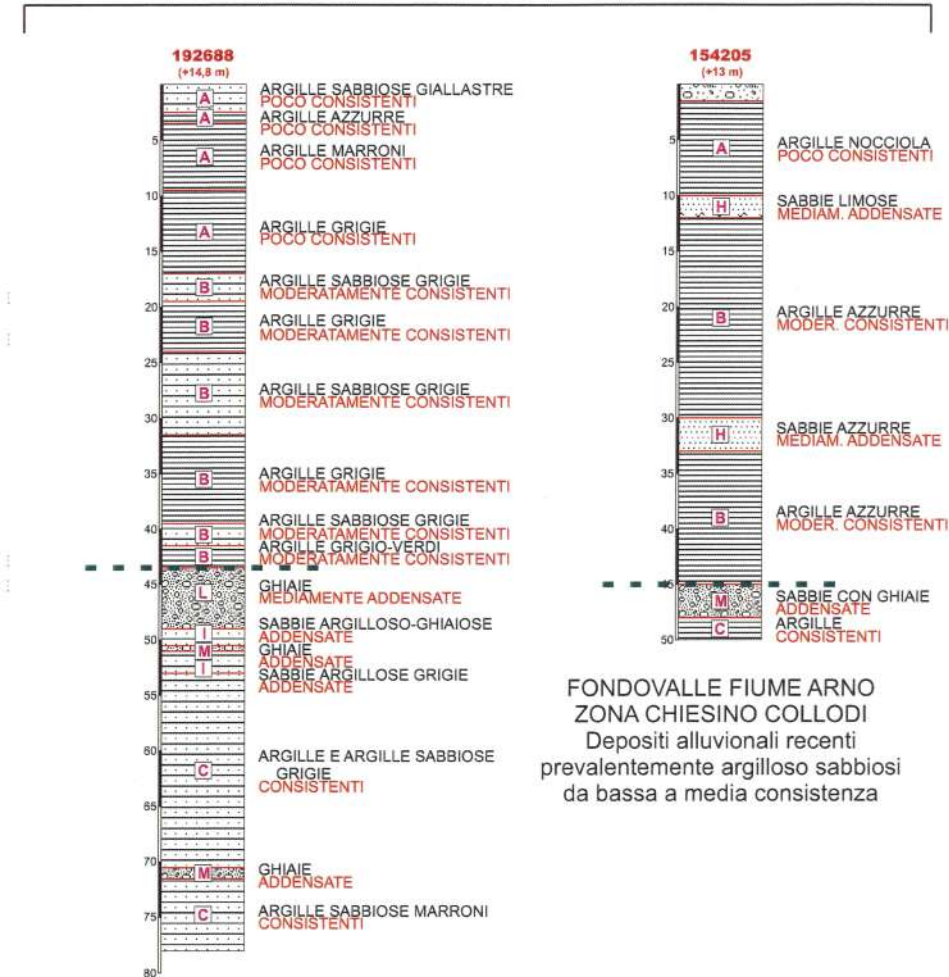
#### PROVE PENETROMETRICHE Rp nei primi 3 metri di terreno

-  1 -  $R_p < 10 \text{ Kg/cm}^2$
-  2 -  $10 \text{ Kg/cm}^2 < R_p < 20 \text{ Kg/cm}^2$
-  3 -  $20 \text{ Kg/cm}^2 < R_p$



Estratto dalla Carta delle Sezioni Stratigrafiche Tipo  
Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

ZONA 6

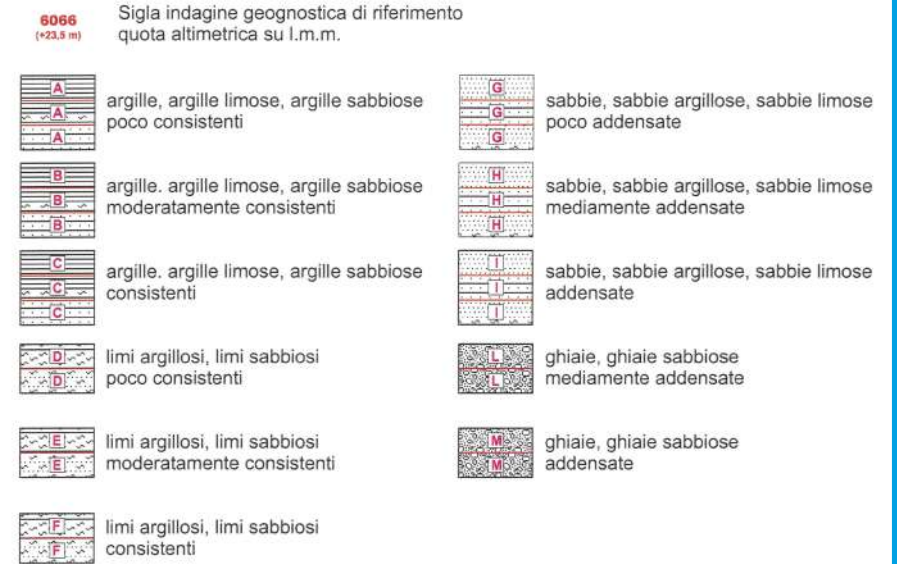


FONDOVALLE FIUME ARNO  
ZONA CHIESINO COLLODI  
Depositi alluvionali recenti  
prevalentemente argilloso sabbiosi  
da bassa a media consistenza

FONDOVALLE FIUME ARNO  
ZONA CHIESINO COLLODI  
Depositi alluvionali recenti  
prevalentemente argilloso sabbiosi  
di bassa consistenza

Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail:m.montagnani@studigeologici.it

LEGENDA



--- Limite inferiore presunto dei depositi alluvionali Olocenici

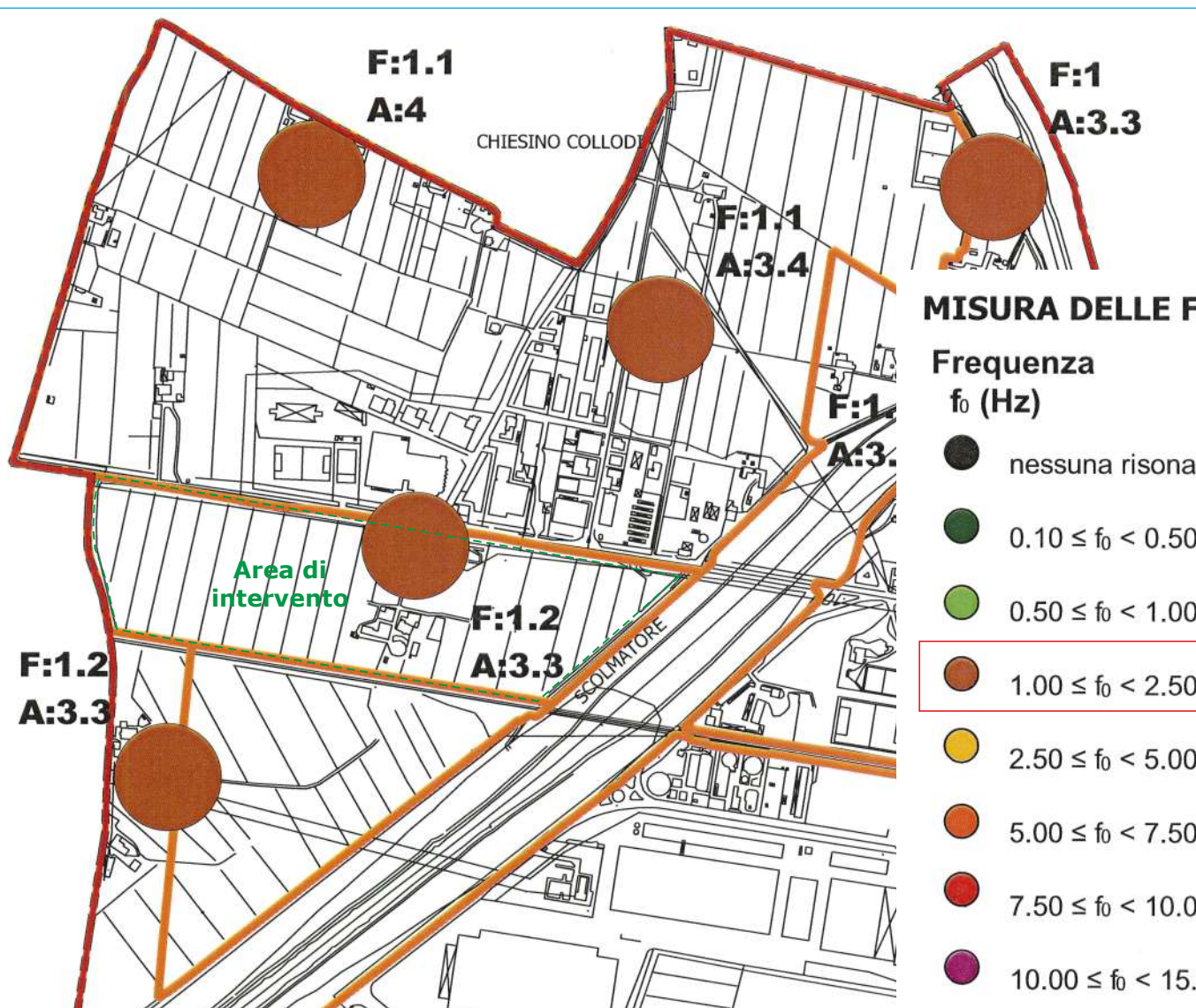
--- Limite inferiore presunto dei depositi Pleistocenici

CLASSI DI CONSISTENZA:

[A D G] Depositi poco addensati o consistenti

[B E H L] Depositi mediamente addensati o consistenti

[C F I M] Depositi addensati o consistenti



Estratto dalla Carta MOPS frequenze naturali dei depositi  
 Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1

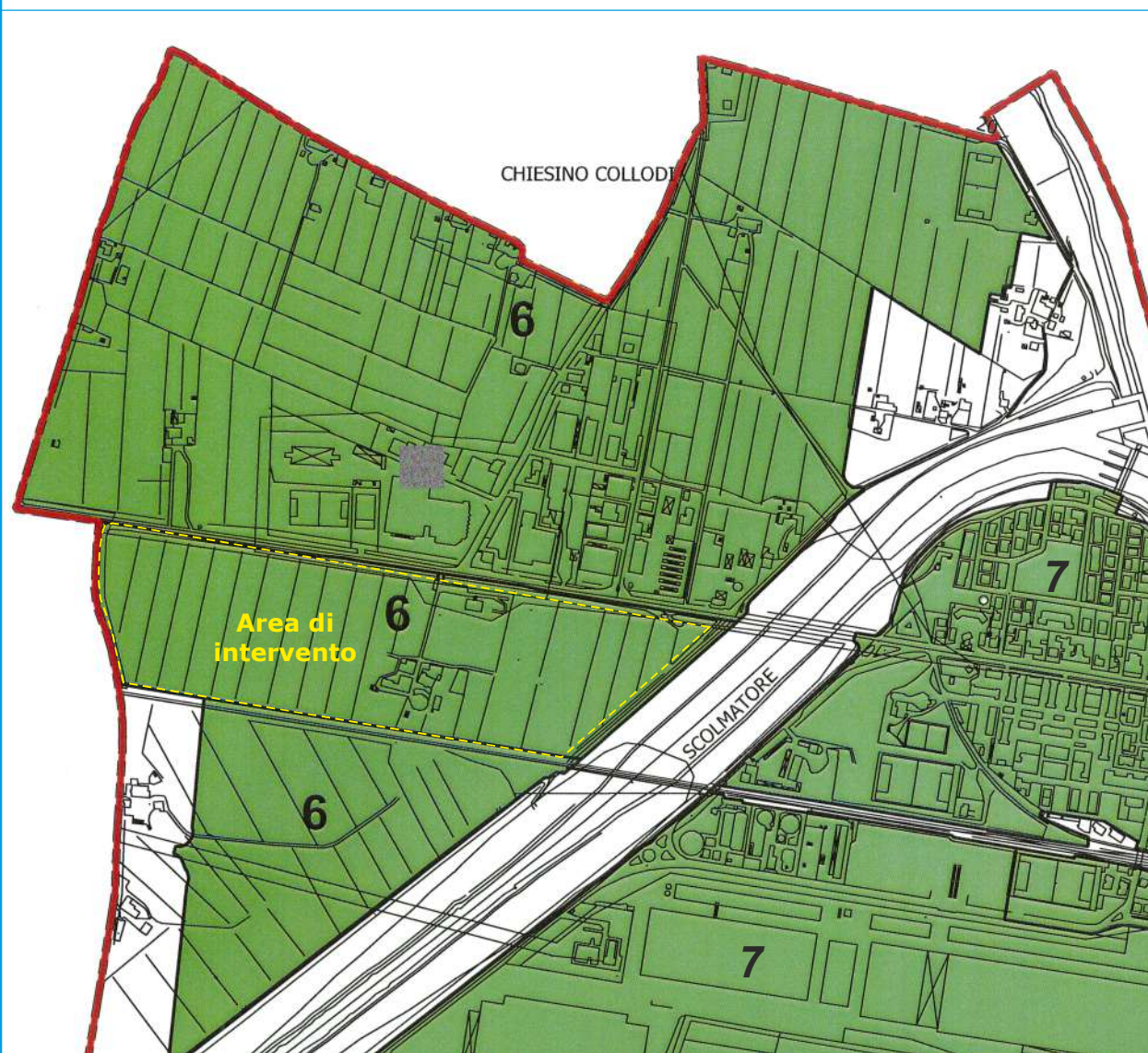
**MISURA DELLE FREQUENZE IN SITO**

Frequenza  
 $f_0$  (Hz)

- nessuna risonanza
- $0.10 \leq f_0 < 0.50$
- $0.50 \leq f_0 < 1.00$
- $1.00 \leq f_0 < 2.50$
- $2.50 \leq f_0 < 5.00$
- $5.00 \leq f_0 < 7.50$
- $7.50 \leq f_0 < 10.00$
- $10.00 \leq f_0 < 15.00$
- $15.00 \leq f_0$

Ampiezza  
 $A_0$

- nessuna risonanza
- $1.1 \leq A_0 < 2$
- $2.0 \leq A_0 < 3$
- $3.0 \leq A_0 < 5$
- $5.0 \leq A_0$



Scala 1:5.000

Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI (con un alto contrasto di impedenza sismica)**

**ZONA 1**

FONDOVALLE FIUME ARNO - ZONA PARDOSSI  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente sabbioso limosi da bassa a media consistenza.

**ZONA 2**

FONDOVALLE FIUME ARNO - ZONA GELLO NORD  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi da bassa a media consistenza. Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso limosi da bassa a media consistenza. Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi da bassa a media consistenza.

**ZONA 4**

FONDOVALLE FIUME ARNO - ZONA SANTA LUCIA  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi da bassa a media consistenza  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi da bassa a media consistenza.  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi di media consistenza.

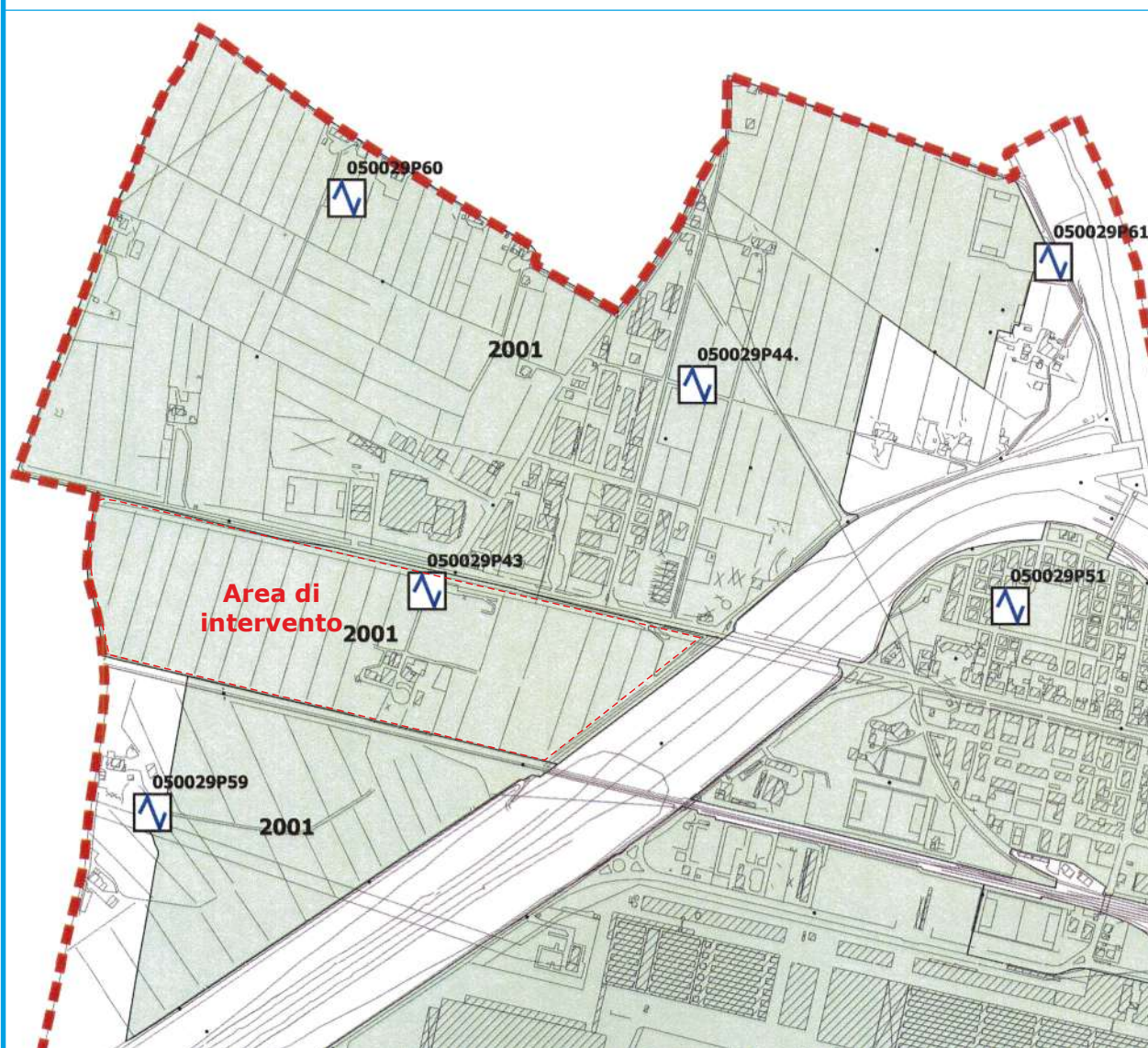
**ZONA 5**

FONDOVALLE FIUME ARNO - ZONA LA BORRA  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argillosi e sabbiosi da bassa a media consistenza.

**ZONA 6**

FONDOVALLE FIUME ARNO - ZONA CHIESINO COLLODI  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi di bassa consistenza.  
Depositi alluvionali recenti prevalentemente argilloso sabbiosi da bassa a media consistenza.





Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001
- 2002
- 2003
- 2006
- 2007
- 2008

Zone stabili

- granulare cementato stratificato

Zone di attenzione per la instabilità dei versanti

- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - granulare cementato stratificato
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2006
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2007
- Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2008

Forme di superficie e sepolte

- Conoide alluvionale
- Falda detritica

Punti di misura di rumore ambientale

- Stazione microtremore a stazione singola

Approfondimenti delle amplificazioni topografiche

- Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Sezioni stratigrafiche


Scala 1:5.000

Estratto dalle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica  
Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  2001
-  2002
-  2003
-  2006
-  2007
-  2008



Zone stabili

-  granulare cementato stratificato

Zone di attenzione per la instabilità dei versanti

-  Zona di attenzione per instabilità dei versanti - granulare cementato stratificato
-  Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2006
-  Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2007
-  Zona di attenzione per instabilità dei versanti - 2008

Forme di superficie e sepolte

-  Conoide alluvionale
-  Falda detritica

Punti di misura di rumore ambientale

-  Stazione microtremore a stazione singola

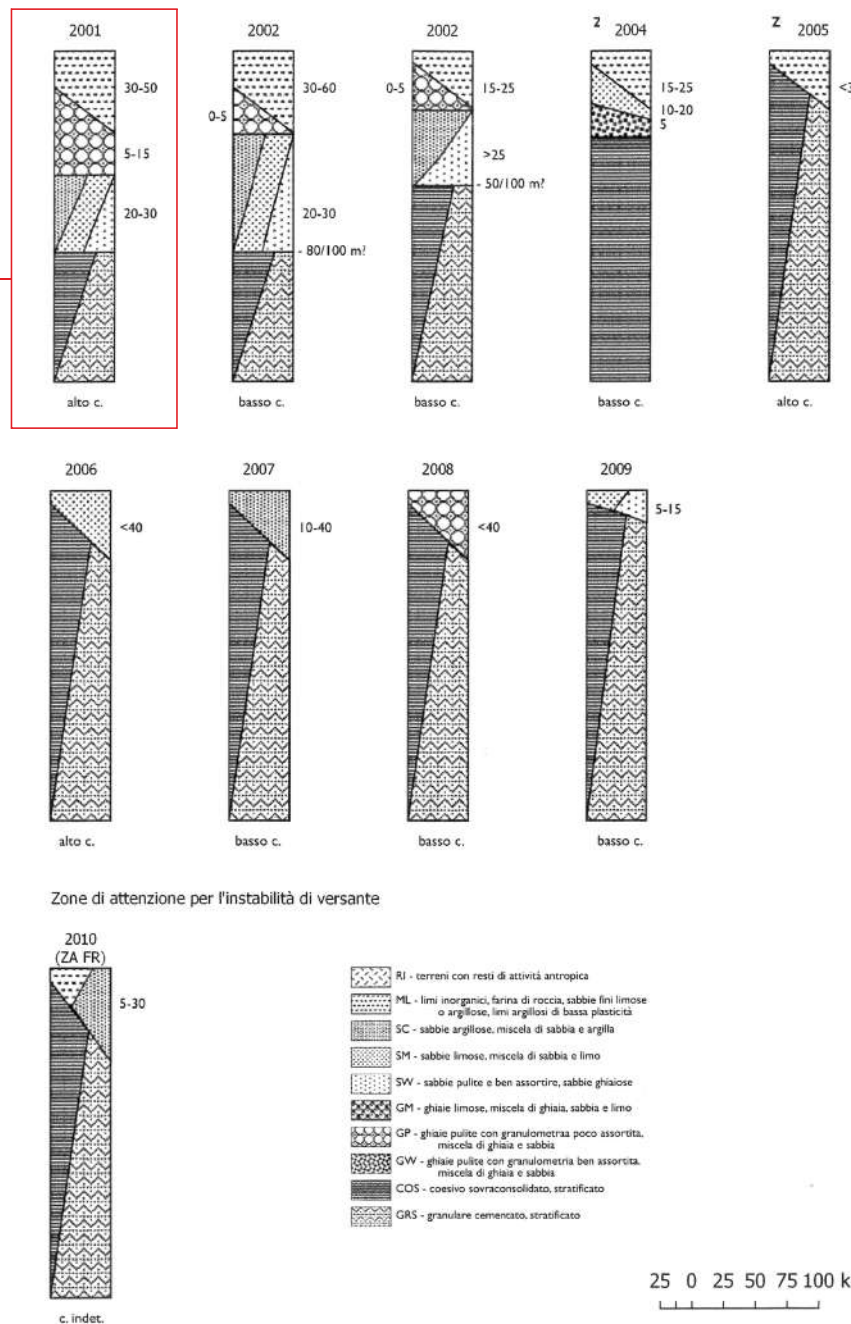
Approfondimenti delle amplificazioni topografiche

-  Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

Sezioni stratigrafiche [Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola \(PI\)](mailto:m.montagnani@studigeologici.it)  
[e-mail:m.montagnani@studigeologici.it](mailto:m.montagnani@studigeologici.it)

Sezioni stratigrafiche

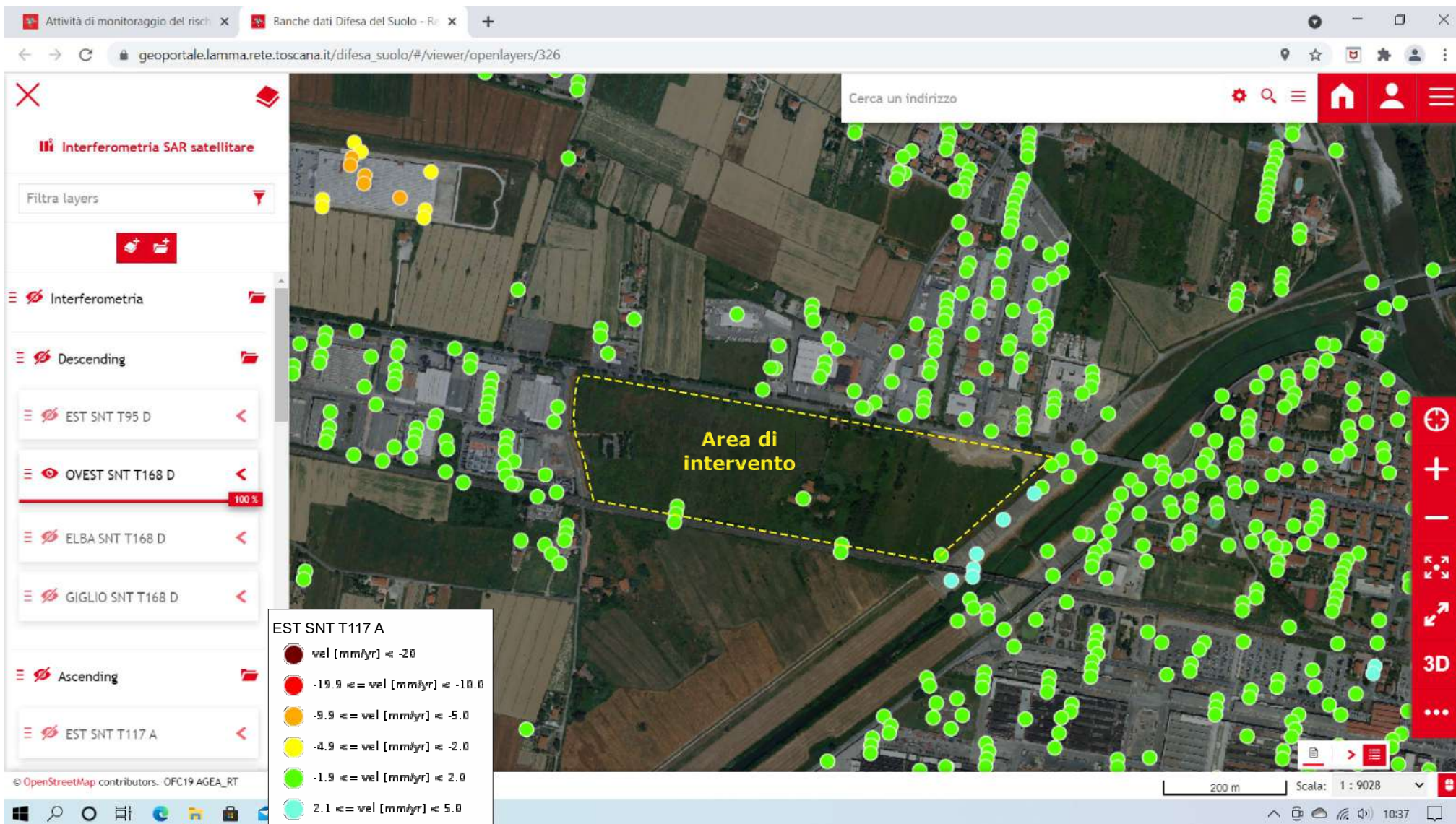
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali





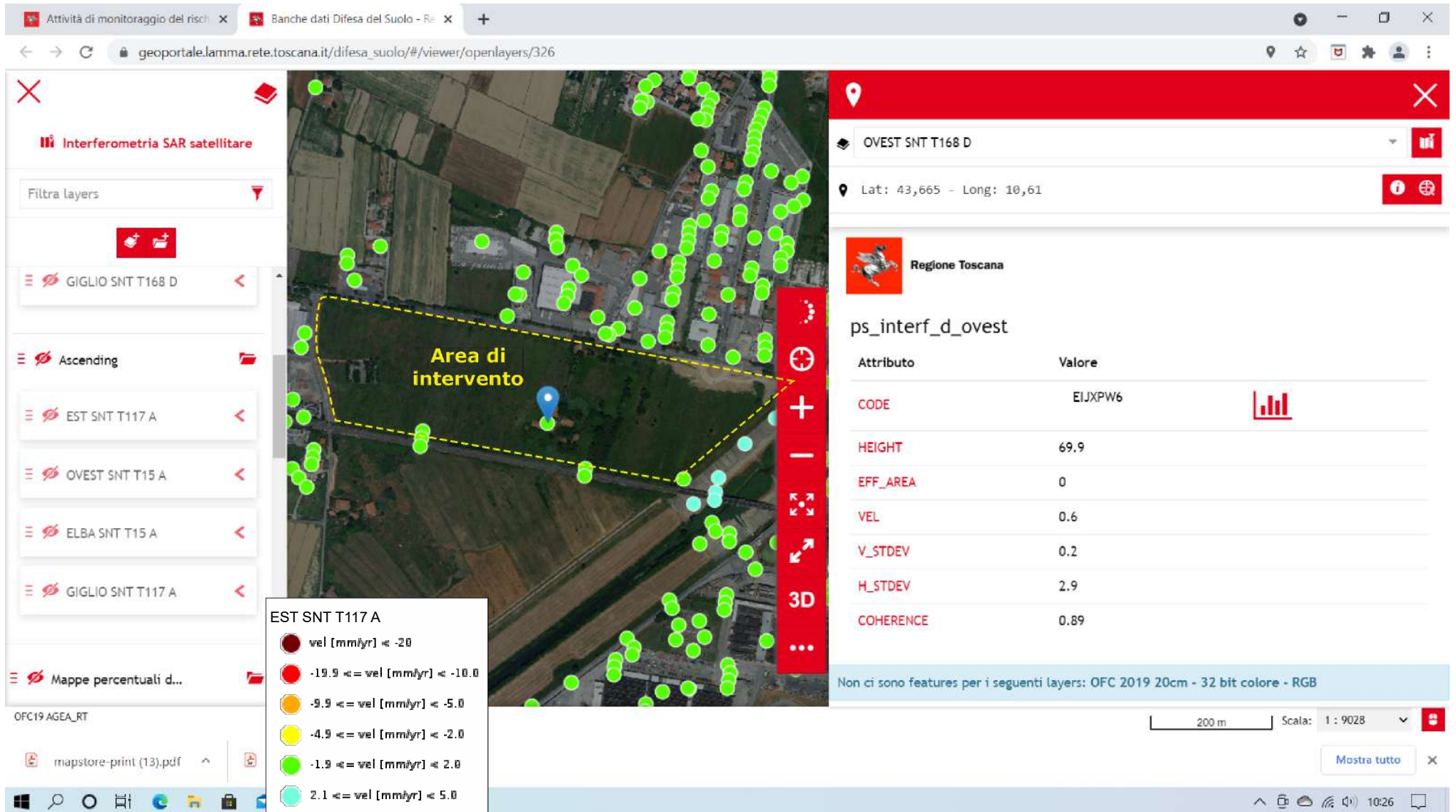
Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

Percorso ascendente del satellite



Via Volterrana, 427 - 56030 - Terricciola (PI)  
 e-mail: m.montagnani@studigeologici.it

Percorso discendente del satellite



EST SNT T117 A

- vel [mm/yr] <= -20
- -19.9 <= vel [mm/yr] < -10.0
- -9.9 <= vel [mm/yr] < -5.0
- -4.9 <= vel [mm/yr] < -2.0
- -1.9 <= vel [mm/yr] < 2.0
- 2.1 <= vel [mm/yr] < 5.0
- 5.1 <= vel [mm/yr] < 10.0
- 10.1 <= vel [mm/yr] <= 20.0
- vel [mm/yr] >= 20.1

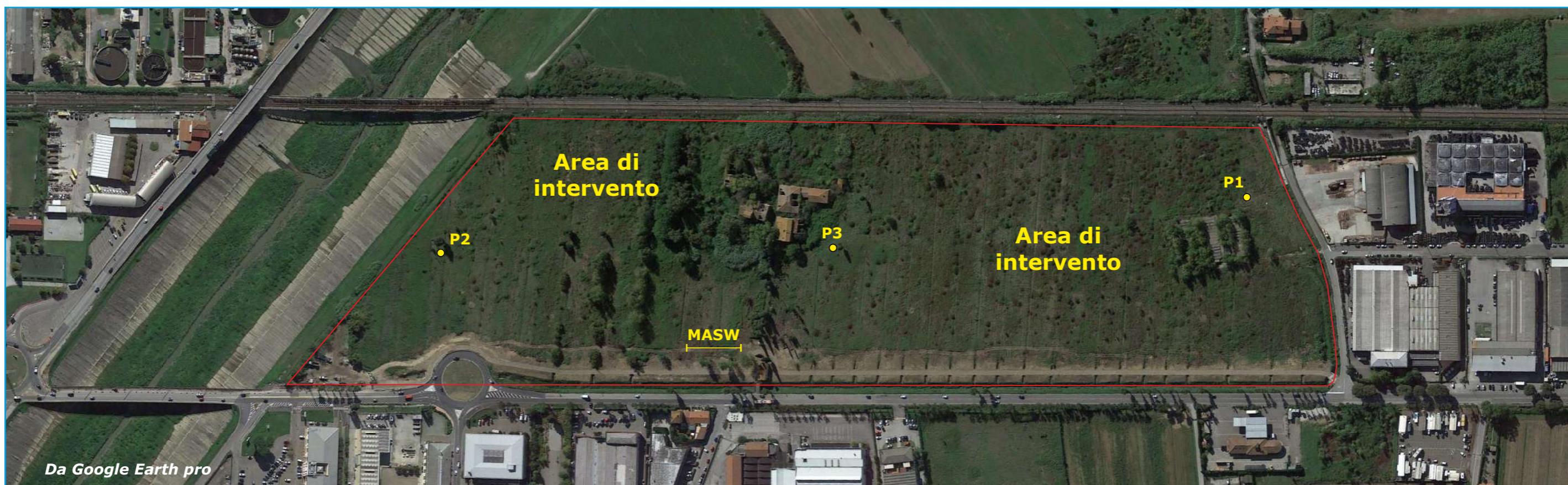
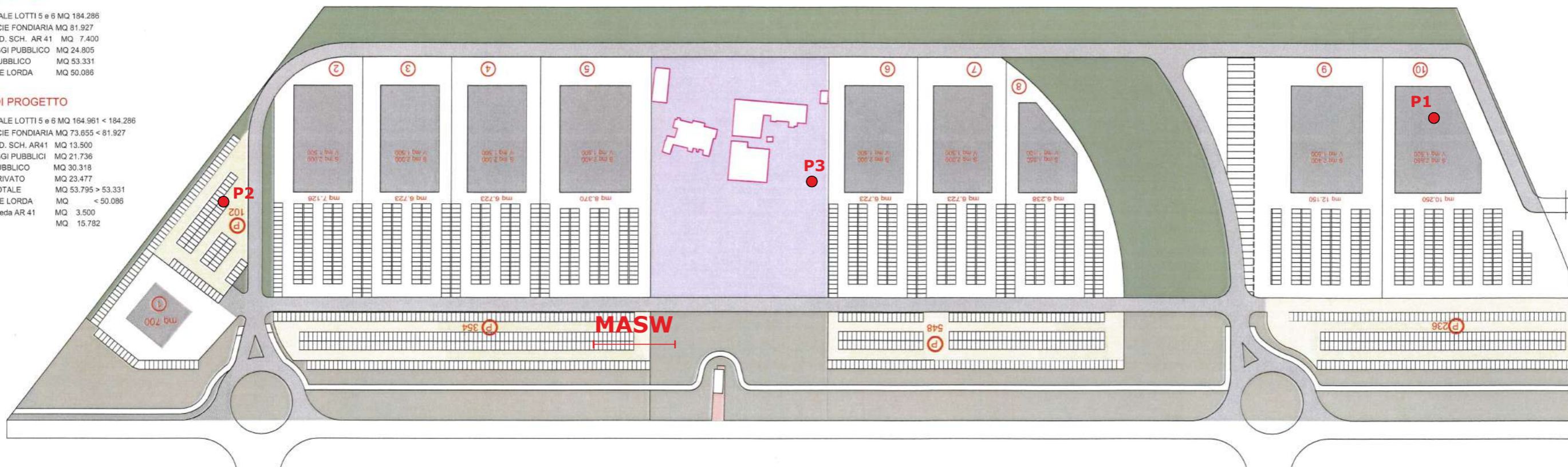


**DATI DI PIANO**

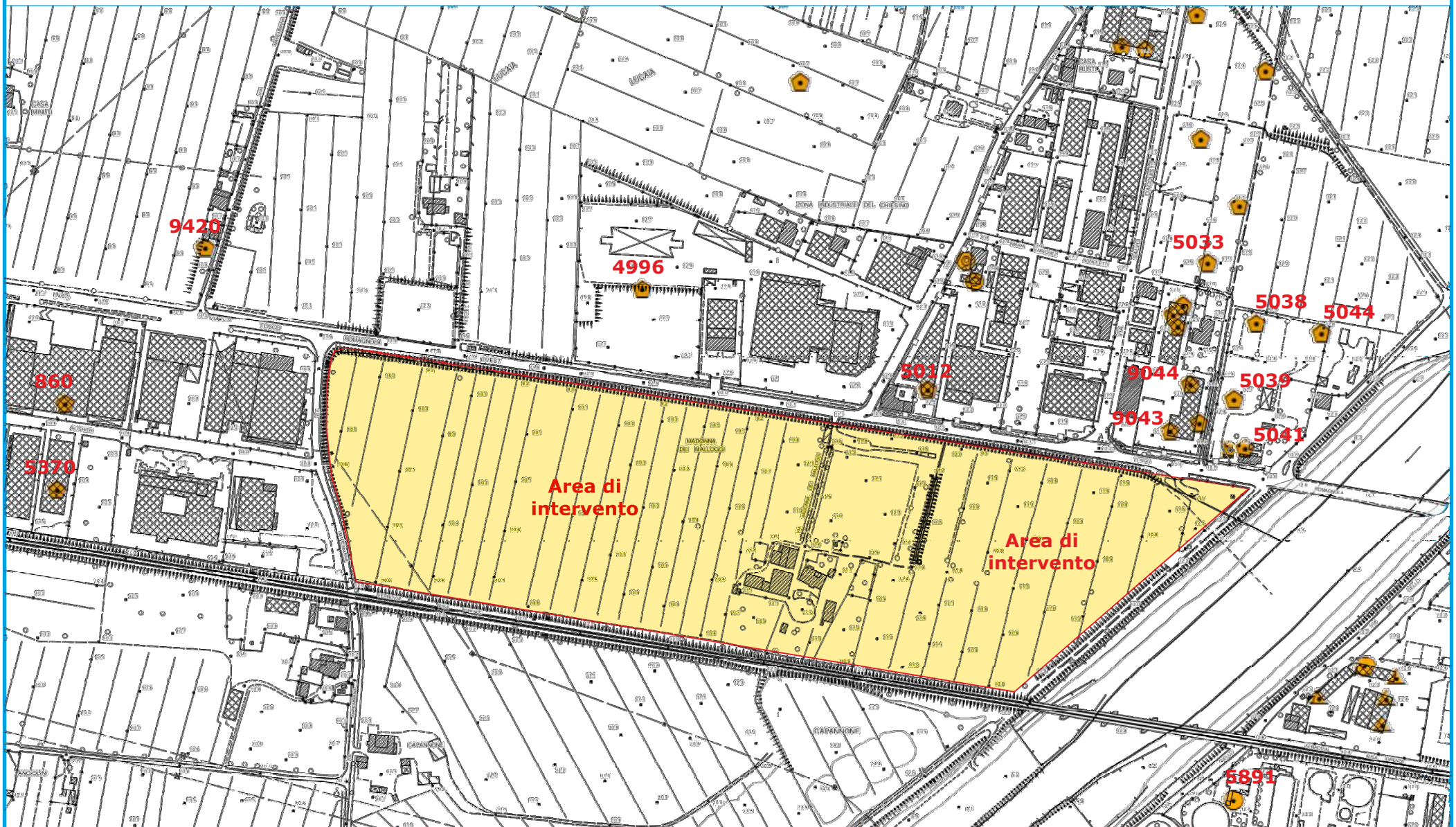
SUP. TOTALE LOTTI 5 e 6 MQ 184.286  
SUPERFICIE FONDIARIA MQ 81.927  
SUP. FOND. SCH. AR 41 MQ 7.400  
PARCHEGGI PUBBLICO MQ 24.805  
VERDE PUBBLICO MQ 53.331  
SUP. UTILE LORDA MQ 50.086

**DATI DI PROGETTO**

SUP. TOTALE LOTTI 5 e 6 MQ 164.961 < 184.286  
SUPERFICIE FONDIARIA MQ 73.655 < 81.927  
SUP. FOND. SCH. AR 41 MQ 13.500  
PARCHEGGI PUBBLICI MQ 21.736  
VERDE PUBBLICO MQ 30.318  
VERDE PRIVATO MQ 23.477  
VERDE TOTALE MQ 53.795 > 53.331  
SUP. UTILE LORDA MQ < 50.086  
S.U.L. Scheda AR 41 MQ 3.500  
STRADE MQ 15.782



Da Google Earth pro

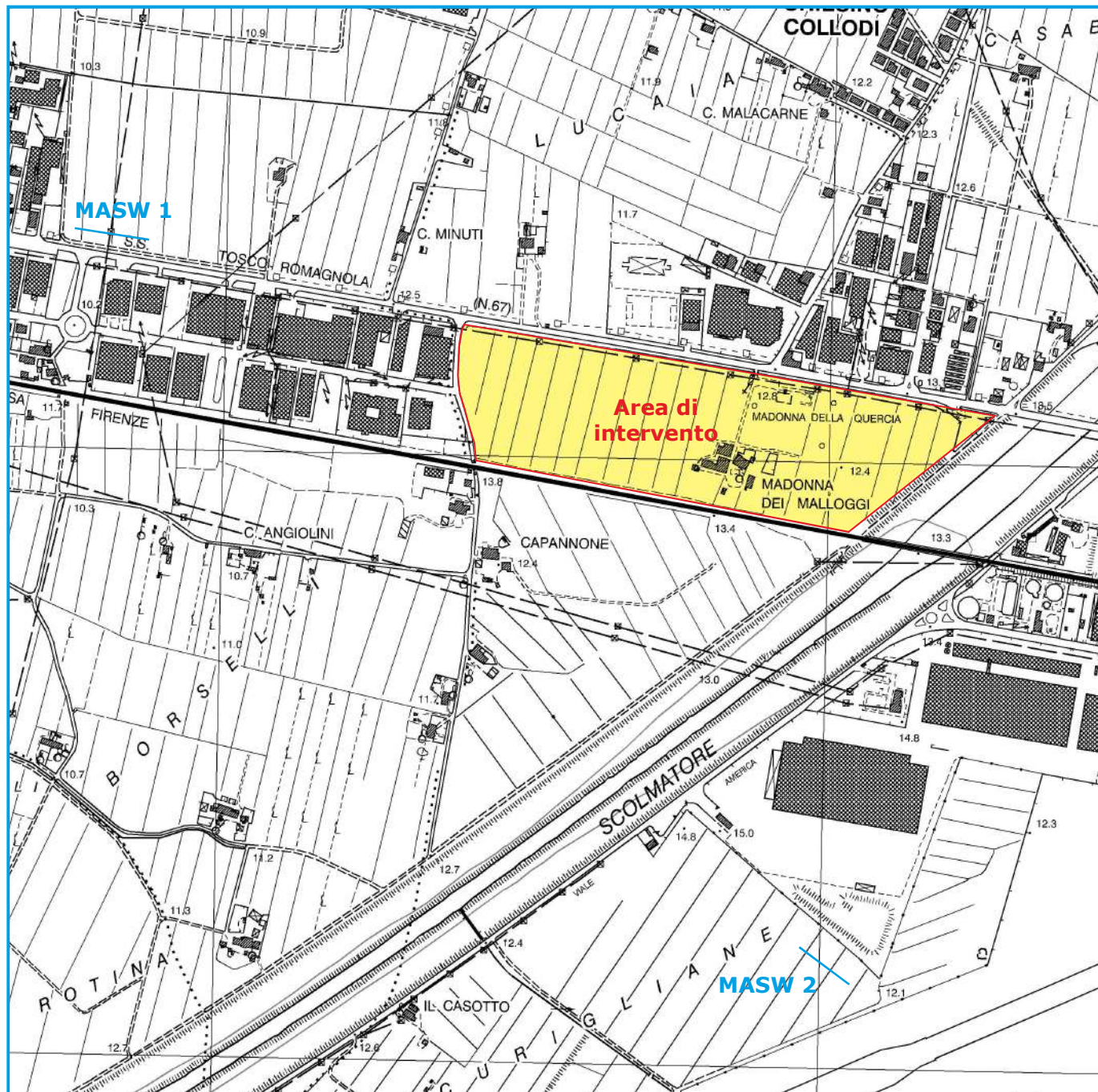




### Ubicazione delle Indagini sismiche MASW acquisite fuori dall'area di intervento

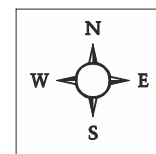
Maggio 2021

Scala 1: 10.000



MASW 1 - da «Microzonazione sismica del PSI»

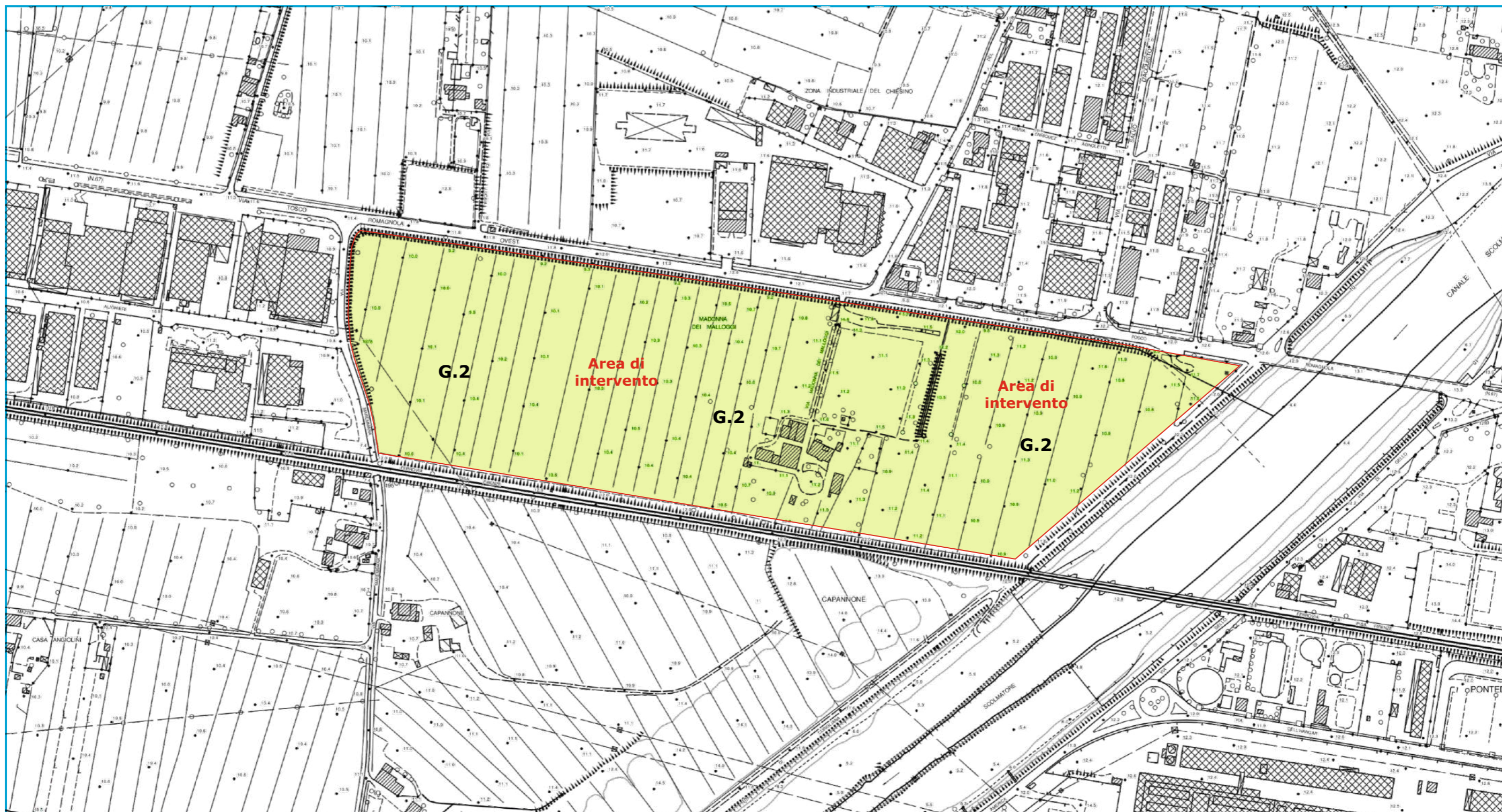
MASW 2 - da «Piattaforma selezione rifiuti ingombranti»



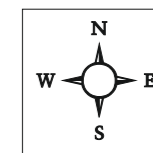
Carta della Pericolosità Geologica  
della Variante Urbanistica

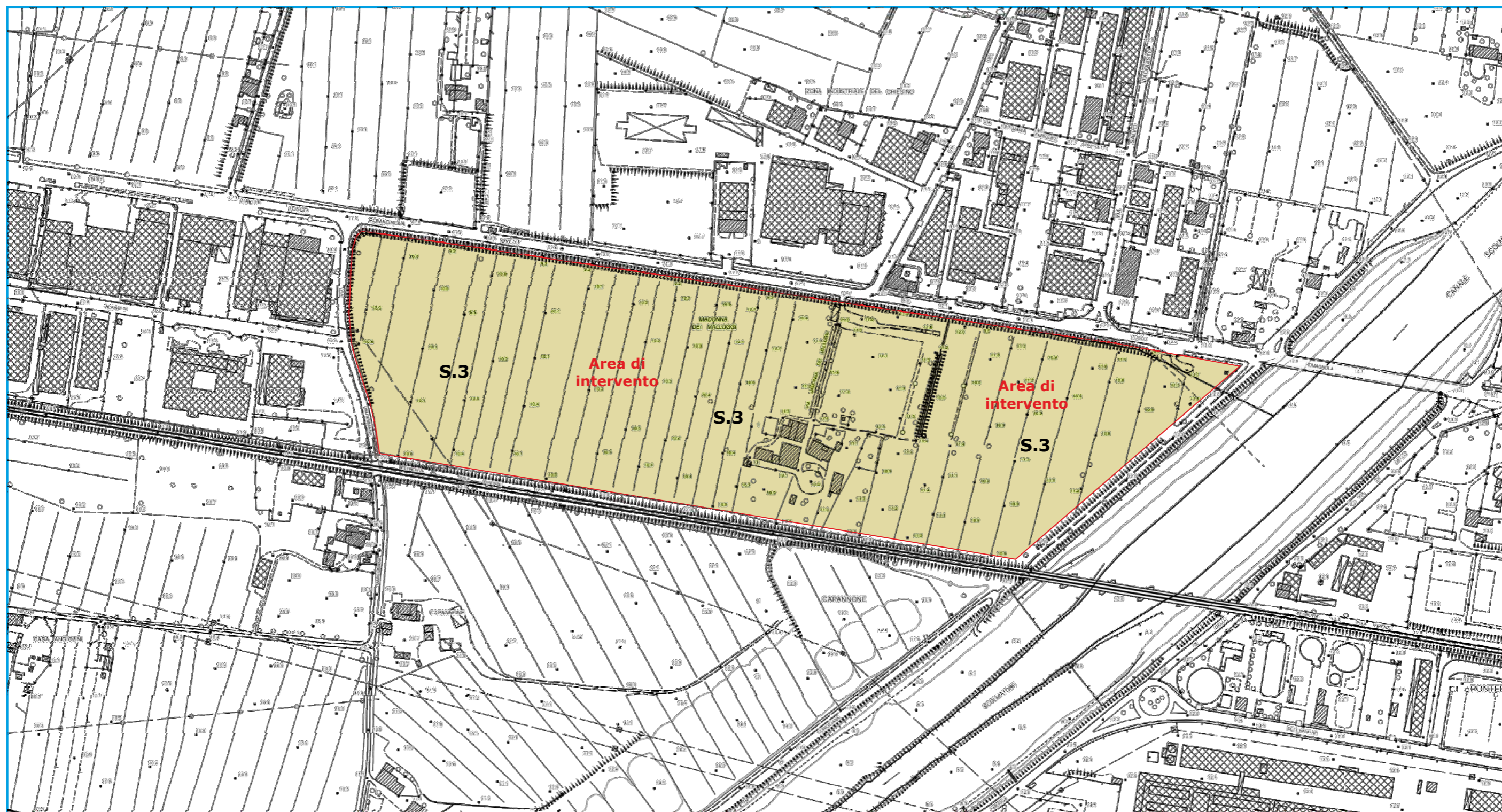
Maggio 2021

Scala 1: 4.000

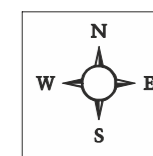


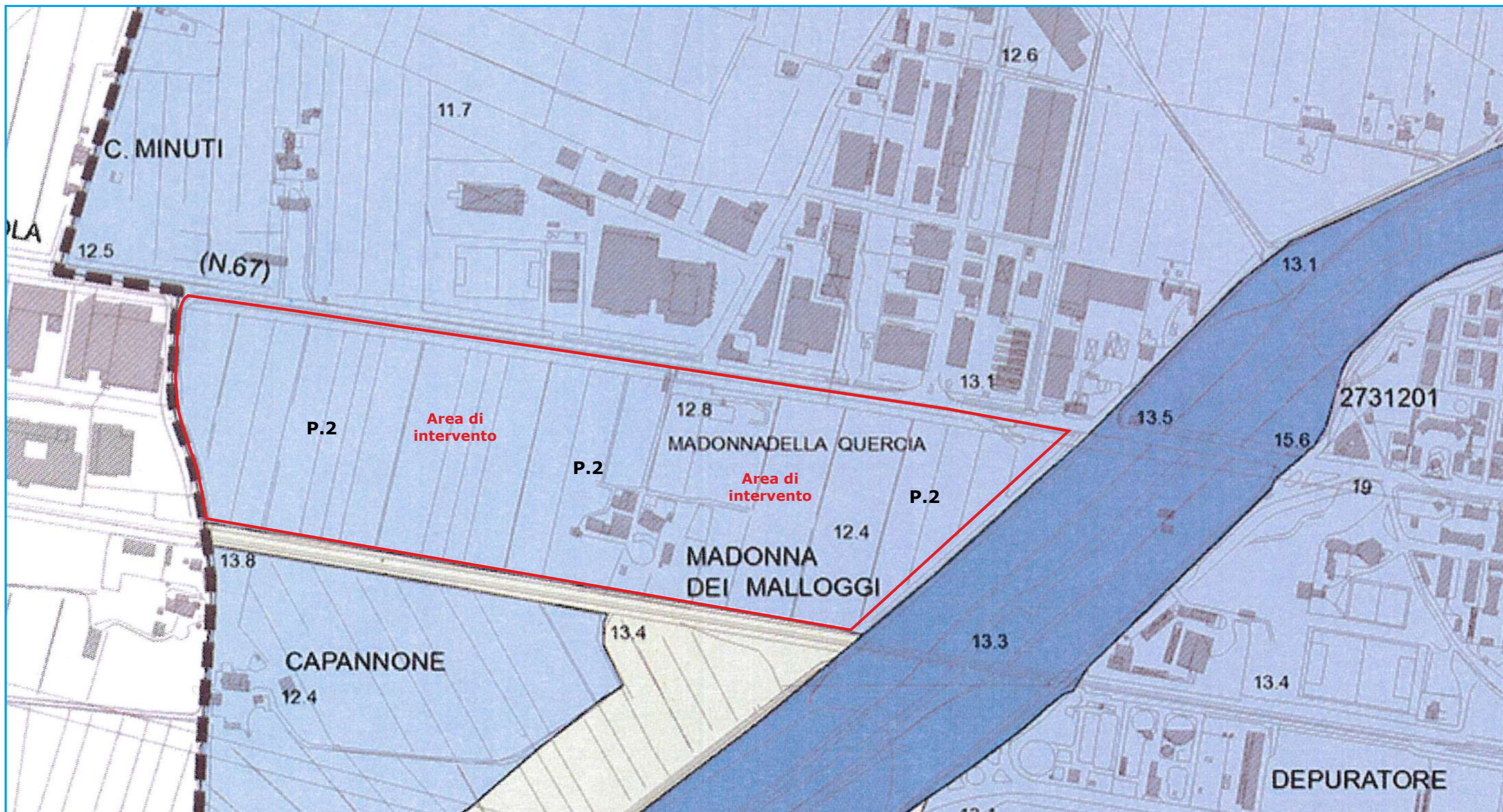
**G.2 - Pericolosità Geologica media** - aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.



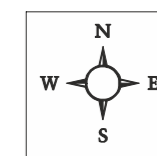


**S.3 - Pericolosità Sismica locale elevata:** aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti; aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione ( $F_x$ ) > 1,4; aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione ...



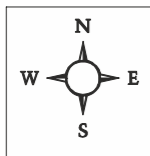
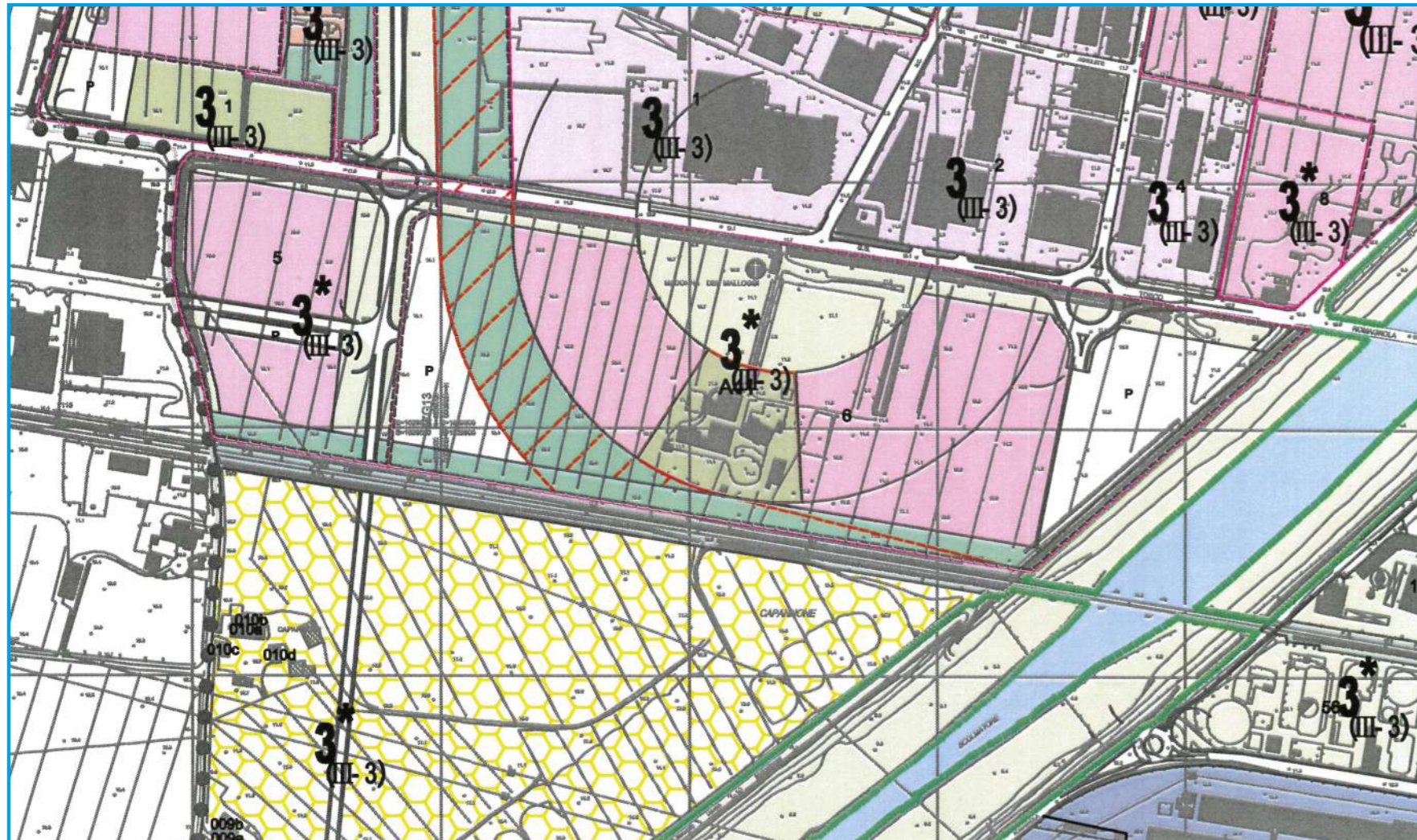


**P.2 Area a pericolosità per alluvioni poco frequenti:** le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del d.gs 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità media. Corrispondenti ad aree inondabili da eventi contempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (classe individuata su base del PGRA, in attuazione della L.R. 41/R)



VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, N. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

Maggio 2021



### Carta della Fattibilità di supporto al Regolamento Urbanistico Vigente

La fattibilità degli interventi previsti all'interno delle zone urbanistiche è stata suddivisa in quattro classi, corrispondenti a quelle definite dalla D.C.R. 94/1985.

Classe 3 - Fattibilità condizionata.

Equivale ad un livello di rischio medio-alto;

Per l'esecuzione di interventi edilizi sono richieste indagini di dettaglio condotte a livello di "area complessiva" sia come supporto alla redazione di strumenti urbanistici attuativi che nel caso sia ipotizzato un intervento diretto;

L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di interventi di attenuazione del rischio idraulico, bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari devono costituire condizioni da recepire all'interno della richiesta del titolo abilitativo occorrente;

La documentazione da presentare a corredo della realizzazione dei progetti e la seguente:

Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di pericolosità geomorfologica, il progetto di intervento deve essere supportato da un'esattiva documentazione geologica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

carta geologica e geomorfologica di dettaglio;

risultati di indagini geognostiche condotte per aumentare il grado di conoscenza delle caratteristiche litologiche e litotecniche del sottosuolo;

sezioni quotate, possibilmente dedotte da un rilievo piano altimetrico di dettaglio, che mostrino con precisione il rapporto tra morfologia attuale e morfologia di progetto;

risultati di specifiche verifiche di stabilità del versante nelle condizioni attuali e di progetto qualora siano previsti consistenti operazioni di sbancamento e riporto;

studio di dettaglio delle condizioni di stabilità del versante e del contesto idrogeologico, qualora siano previste immissioni di acque reflue nel suolo e nel sottosuolo mediante subirrigazione, fertirrigazione e spandimento di acque di vegetazione;

un'analisi accurata delle problematiche rilevate e l'indicazione degli interventi per la mitigazione del rischio.

Si prescrive, oltre quanto sopra, il rispetto delle disposizioni contenute nelle norme di salvaguardia e nelle norme di attuazione del PAI.

Se le condizioni alla fattibilità trovano motivazione nel livello di pericolosità idraulica, il progetto dell'intervento deve essere supportato da un'esattiva documentazione geologica ed idrologico-idraulica esplicativa degli approfondimenti condotti ed al minimo composta da:

sezioni quotate, possibilmente dedotte da un rilievo piano altimetrico di dettaglio, che mettano in evidenza la posizione e la quota dell'intervento in oggetto rispetto al battente idraulico indicato nel P.S.;

schema dettagliato del funzionamento del reticolo idrografico minore in un congruo intorno dell'area di intervento, se non trattasi di zone totalmente urbanizzate;

studio di dettaglio del contesto idrogeologico, qualora siano previste immissioni di acque reflue nel suolo e nel sottosuolo mediante subirrigazione, fertirrigazione e spandimento acque di vegetazione.

Per gli interventi in fattibilità condizionata sono inoltre dettate le ulteriori seguenti prescrizioni:

Ove sia necessario realizzare rialzamenti dei piani di calpestio in condizioni di sicurezza idraulica, essi dovranno essere limitati ai fabbricati ed ai raccordi con i piazzali, salvo esigenze particolari indotte dalla necessità di collegamento con le adiacenti zone già urbanizzate.

I piani attuativi, comunque denominati, dovranno:

definire la quota di sicurezza dei piani di calpestio dei locali al piano terra e dei piazzali a partire dalle quote di sicurezza individuate per l'intero comparto urbanistico;

effettuare lo studio del reticolo drenante delle aree circostanti il comparto urbanistico, individuando il ricettore finale delle acque bianche raccolte all'interno; di tale ricettore dovrà essere definita l'area scolante e verificata l'adeguatezza in rapporto ai nuovi apporti d'acqua: se necessario, dovranno essere previsti interventi di ricalibratura del ricettore individuato.

Qualsiasi intervento edificatorio, anche senza aumento della superficie coperta, deve prevedere e realizzare opere volte alla mitigazione del livello di rischio accertato.

Nelle zone individuate con \* ("asterisco") si prescrive inoltre:

una relazione a firma di un tecnico abilitato, che evidenzia le condizioni di rischio specifico rilevabile al momento della progettazione, correlando le informazioni contenute nel piano strutturale con quelle del P.A.I., quando disponibili; in tali aree, se necessario, dovranno essere definiti gli interventi di mitigazione del rischio, verificando inoltre le eventuali interferenze con il quadro idrologico;

la verifica delle condizioni locali di rischio dovrà essere condotta a partire da un rilievo piano altimetrico di dettaglio esteso ad un conveniente intorno dell'area d'intervento e correlato alla cartografia in scala 1:10.000 tramite l'individuazione di punti quotati posizionati in zone univoche ed inalterabili (viabilità principale, edifici, ponti). Dovrà quindi essere verificata la distribuzione delle acque di esondazione sulla morfologia reale dei luoghi, a partire dai battenti idrici indicati negli studi idraulici contenuti negli strumenti di pianificazione, eventualmente integrati da nuovi studi condotti allo scopo.

Nelle zone individuate con \*\* ("doppio asterisco") si prescrive, oltre quanto sopra, il rispetto delle disposizioni contenute nelle norme di salvaguardia e nelle norme di attuazione del PAI.C

**VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R**  
**Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche**

Maggio 2021

**Valutazione della Pericolosità Geologica, Sismica ed Idraulica della Variante Urbanistica "Il Chiesino" ai sensi del DPGR 5/R**

Dalla stesura del Piano Strutturale, del Regolamento Urbanistico e del Piano Strutturale Intercomunale non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo esistente relativamente agli aspetti geologici, sismici ed idraulici.

Pertanto, per la stesura della Variante Urbanistica non è stato necessario procedere con l'aggiornamento del quadro conoscitivo locale: viene acquisito integralmente quello vigente (Piano Strutturale Intercomunale). Gli studi eseguiti confermano le classi di pericolosità del Piano Strutturale Intercomunale redatto ai sensi del DPGR 53/R.

Le classi di pericolosità della Variante Urbanistica "Il Chiesino" ai sensi del DPGR n.5/R del 30/01/20 saranno le seguenti:

**Area a pericolosità geologica media (G.2)**, aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori a 15 gradi.

**Area a pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2)**, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera e) della l.r.41/2018;

**Area a pericolosità sismica locale elevata (S.3)**: zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie); zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un altro contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

In questa classe si hanno (da MS1): A) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz; B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1,4; C) zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); D) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.

**Condizioni di Fattibilità degli interventi previsti dalla Variante Urbanistica in loc. "Il Chiesino"**

I criteri di fattibilità sono dettati dal DPGR 5/R del 30/01/2020. Le condizioni di fattibilità sono definite in funzione delle situazioni di pericolosità e di rischio, e specificano gli studi e le indagini da effettuare a livello attuativo ed edilizio e le eventuali opere da realizzare per la mitigazione del rischio.

La mitigazione del rischio è perseguita attraverso azioni combinate per la riduzione della pericolosità e della vulnerabilità degli elementi esposti.

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità geologica media (G2)**, 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.

Per gli interventi previsti in aree caratterizzate da questa pericolosità geologica le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo per ogni singolo intervento ed avranno come obiettivo la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo. In ragione delle scadenti caratteristiche geotecniche dei depositi olocenici presenti nell'area di intervento, la realizzazione degli interventi previsti nell'area in oggetto, ovvero le opere di urbanizzazione primaria e secondaria oltre ai manufatti edilizi dei singoli lotti, dovrà essere supportata da apposite indagini geognostiche di dettaglio, finalizzate alla verifica puntuale delle caratteristiche geotecniche dei terreni, che potrebbero dar luogo a instabilità a breve termine (rottura dei terreni di fondazione) e lungo termine (cedimenti assoluti e differenziali).

Pertanto, a supporto della progettazione e realizzazione sia delle opere di urbanizzazione che dei singoli manufatti edilizi dovranno essere realizzate specifiche relazioni geologiche e geotecniche, supportate da adeguate indagini geotecniche e geofisiche nel rispetto della normativa tecnica e sismica per le costruzioni vigente (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).

Nelle aree caratterizzate da **pericolosità per alluvioni poco frequenti (P2)**, come definite dall'articolo 2, comma 1, lettera d) della l.r.41/2018, la fattibilità degli interventi è subordinata alla gestione del rischio 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.

L'attuazione degli interventi viene disciplinata dalle prescrizioni di cui all'art. 11 della Legge Regionale 24 luglio 2018 n.41.

A tal proposito gli interventi previsti nella Variante Urbanistica saranno fattibili in ragione della realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idraulico così come descritti nella documentazione progettuale redatta dall'Ing. Simone Galardini alla quale si rimanda per una esaustiva verifica.

È opportuno che gli interventi proposti siano in grado di garantire almeno un rischio medio R2, ove per le zone soggette ad allagamenti la fattibilità è subordinata a garantire, durante l'evento alluvionale l'incolumità delle persone, attraverso misure quali opere di sopraelevazione, interventi di difesa locale e procedure atte a regolare l'utilizzo dell'elemento esposto in fase di evento. Durante l'evento sono accettabili eventuali danni minori agli edifici ed alle infrastrutture tali da essere rapidamente ripristinabili in modo da garantire l'agibilità e la funzionalità in tempi brevi post evento.

**DATI DI PIANO**

SUP. TOTALE LOTTI 5 e 6	MQ 184.286
SUPERFICIE FONDIARIA	MQ 81.927
SUP. FOND. SCH. AR 41	MQ 7.400
PARCHEGGI PUBBLICO	MQ 24.805
VERDE PUBBLICO	MQ 53.331
SUP. UTILE LORDA	MQ 50.086

**DATI DI PROGETTO**

SUP. TOTALE LOTTI 5 e 6	MQ 164.961 < 184.286
SUPERFICIE FONDIARIA	MQ 73.655 < 81.927
SUP. FOND. SCH. AR41	MQ 13.500
PARCHEGGI PUBBLICI	MQ 21.736
VERDE PUBBLICO	MQ 30.318
VERDE PRIVATO	MQ 23.477
VERDE TOTALE	MQ 53.795 > 53.331
SUP. UTILE LORDA	MQ < 50.086
S.U.L. Scheda AR 41	MQ 3.500
STRADE	MQ 15.782

**Planimetria generale della variante**



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. È 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 da **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 classi 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.

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).

Per gli interventi previsti in aree caratterizzate da questa pericolosità sismica le indagini dovranno essere svolte nella fase di progetto esecutivo ed avranno come obiettivo la verifica della risposta sismica dei terreni di fondazione nei confronti delle criticità suddette: suscettibilità alla liquefazione, fenomeni di cedimento in presenza di terreni scadenti e contrasti di impedenza sismica nell'assetto sismo-stratigrafico locale (frequenze di risonanza dei terreni). Pertanto, a supporto della progettazione e realizzazione sia delle opere di urbanizzazione che dei singoli manufatti edilizi dovranno essere realizzate specifiche indagini geotecniche e geofisiche nel rispetto della normativa tecnica e sismica per le costruzioni vigente (D.M. 17/01/2018 e D.P.G.R. 36/R del 09/07/2009).

## RELAZIONE TECNICA

Committente:  
Geol. Mosè Montagnani

Località: Il Chiesino  
Pontedera (PI)

Data Indagine: 27/05/2021

Codice lavoro: 210527b

### PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 03/06/2021

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**Figura 1: Prova penetrometrica CPT 1**



**Figura 2: Prova penetrometrica CPT 2**





**Figura 3: Prova penetrometrica CPT 3**

# LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200 - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_1 ) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = [( L_2 ) - ( L_1 )] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_t ) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$  .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata alla stessa quota della punta .

## CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

# LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:**  $F = (qc / fs)$

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = qc / fs$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di qc e di  $FR = (fs / qc) \%$  :**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

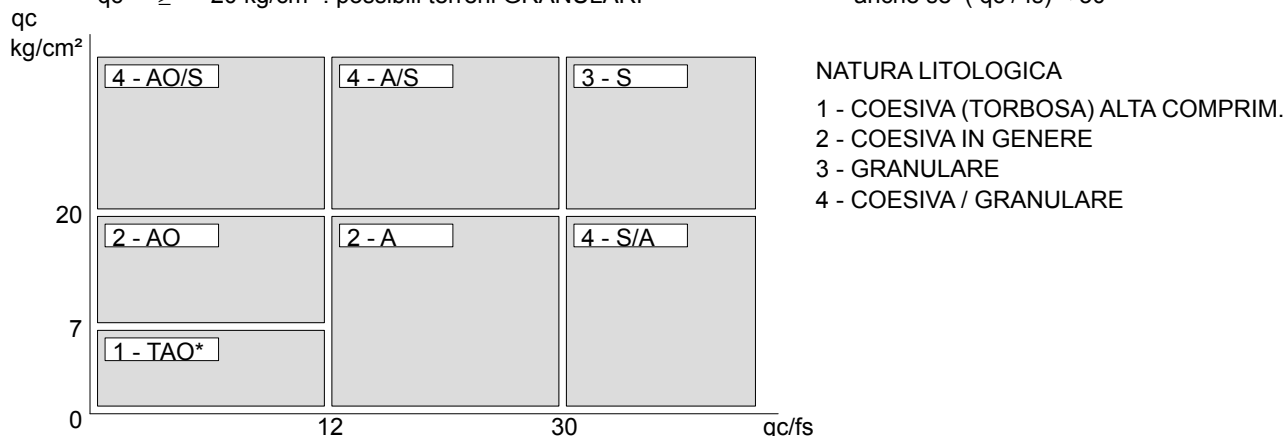
- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $qc / fs$  (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI  
 $qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI

anche se  $(qc / fs) > 30$   
anche se  $(qc / fs) < 30$



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  - qc - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$  ]  
 $I_p$  = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  - qc - natura ]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 ) ]
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  - qc -  $\sigma'_{vo}$  ]  
 $\phi'_{Ca}$  - Caquot (1948)  $\phi'_{Ko}$  - Koppejan (1948)  
 $\phi'_{DB}$  - De Beer (1965)  $\phi'_{Sc}$  - Schmertmann (1978)  
 $\phi'_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.)  $\phi'_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
(  $g$  = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : ( $A_{max}/g$ ) -  $D_r$  ]
- $V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Yoshida Motonori 1988 )

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

## CPT

## 1

riferimento

**210527b**

certificato n°

358/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
Cantiere: **210527b**  
Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data eseg.: **27/05/2021**

Pagina: **1**

Data certificato: **03/06/2021**

Elaborato:

Falda: **-2,25 m da p.c.**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%	m	-	-	-	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-	%
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6
0,40	22,0	30	0	22,00	0,53	42	2,4	15,40	12,0	20	0	12,00	0,53	23	4,4
0,60	29,0	41	0	29,00	0,80	36	2,8	15,60	12,0	21	0	12,00	0,60	20	5,0
0,80	24,0	39	0	24,00	1,00	24	4,2	15,80	10,0	18	0	10,00	0,53	19	5,3
<b>1,00</b>	17,0	31	0	17,00	0,93	18	5,5	<b>16,00</b>	9,0	16	0	9,00	0,47	19	5,2
1,20	17,0	30	0	17,00	0,87	20	5,1	16,20	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7
1,40	14,0	26	0	14,00	0,80	18	5,7	16,40	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7
1,60	13,0	18	0	13,00	0,33	39	2,5	16,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5
1,80	12,0	20	0	12,00	0,53	23	4,4	16,80	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4
<b>2,00</b>	15,0	24	0	15,00	0,60	25	4,0	<b>17,00</b>	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7
2,20	16,0	30	0	16,00	0,93	17	5,8	17,20	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
2,40	17,0	35	0	17,00	1,20	14	7,1	17,40	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6
2,60	14,0	32	0	14,00	1,20	12	8,6	17,60	13,0	21	0	13,00	0,53	25	4,1
2,80	10,0	25	0	10,00	1,00	10	10,0	17,80	12,0	19	0	12,00	0,47	26	3,9
<b>3,00</b>	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0	<b>18,00</b>	12,0	20	0	12,00	0,53	23	4,4
3,20	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0	18,20	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9
3,40	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5	18,40	9,0	12	0	9,00	0,20	45	2,2
3,60	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9	18,60	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
3,80	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7	18,80	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7
<b>4,00</b>	13,0	18	0	13,00	0,33	39	2,5	<b>19,00</b>	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7
4,20	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3	19,20	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7
4,40	11,0	16	0	11,00	0,33	33	3,0	19,40	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0
4,60	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0	19,60	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7
4,80	5,0	14	0	5,00	0,60	8	12,0	19,80	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3
<b>5,00</b>	5,0	12	0	5,00	0,47	11	9,4	<b>20,00</b>	12,0	19	0	12,00	0,47	26	3,9
5,20	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
5,40	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1								
5,60	5,0	13	0	5,00	0,53	9	10,6								
5,80	6,0	9	0	6,00	0,20	30	3,3								
<b>6,00</b>	11,0	16	0	11,00	0,33	33	3,0								
6,20	4,0	7	0	4,00	0,20	20	5,0								
6,40	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
6,60	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
6,80	10,0	17	0	10,00	0,47	21	4,7								
<b>7,00</b>	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7								
7,20	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4								
7,40	10,0	17	0	10,00	0,47	21	4,7								
7,60	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
7,80	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3								
<b>8,00</b>	12,0	17	0	12,00	0,33	36	2,8								
8,20	10,0	20	0	10,00	0,67	15	6,7								
8,40	7,0	16	0	7,00	0,60	12	8,6								
8,60	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
8,80	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
<b>9,00</b>	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6								
9,20	15,0	25	0	15,00	0,67	22	4,5								
9,40	16,0	29	0	16,00	0,87	18	5,4								
9,60	16,0	28	0	16,00	0,80	20	5,0								
9,80	16,0	35	0	16,00	1,27	13	7,9								
<b>10,00</b>	16,0	33	0	16,00	1,13	14	7,1								
10,20	19,0	35	0	19,00	1,07	18	5,6								
10,40	20,0	36	0	20,00	1,07	19	5,4								
10,60	20,0	41	0	20,00	1,40	14	7,0								
10,80	22,0	44	0	22,00	1,47	15	6,7								
<b>11,00</b>	27,0	48	0	27,00	1,40	19	5,2								
11,20	21,0	46	0	21,00	1,67	13	8,0								
11,40	21,0	36	0	21,00	1,00	21	4,8								
11,60	18,0	29	0	18,00	0,73	25	4,1								
11,80	13,0	24	0	13,00	0,73	18	5,6								
<b>12,00</b>	13,0	21	0	13,00	0,53	25	4,1								
12,20	14,0	22	0	14,00	0,53	26	3,8								
12,40	14,0	29	0	14,00	1,00	14	7,1								
12,60	14,0	28	0	14,00	0,93	15	6,6								
12,80	13,0	28	0	13,00	1,00	13	7,7								
<b>13,00</b>	14,0	27	0	14,00	0,87	16	6,2								
13,20	15,0	29	0	15,00	0,93	16	6,2								
13,40	18,0	32	0	18,00	0,93	19	5,2								
13,60	16,0	39	0	16,00	1,53	10	9,6								
13,80	13,0	28	0	13,00	1,00	13	7,7								
<b>14,00</b>	16,0	26	0	16,00	0,67	24	4,2								
14,20	8,0	19	0	8,00	0,77	10	9,6								
14,40	9,0	21	0	9,00	0,80	11	8,9								
14,60	8,0	18	0	8,00	0,67	12	8,4								
14,80	10,0	16	0	10,00	0,40	25	4,0								
<b>15,00</b>	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

alla stessa quota di qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT = 10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

**1**

riferimento

**210527b**

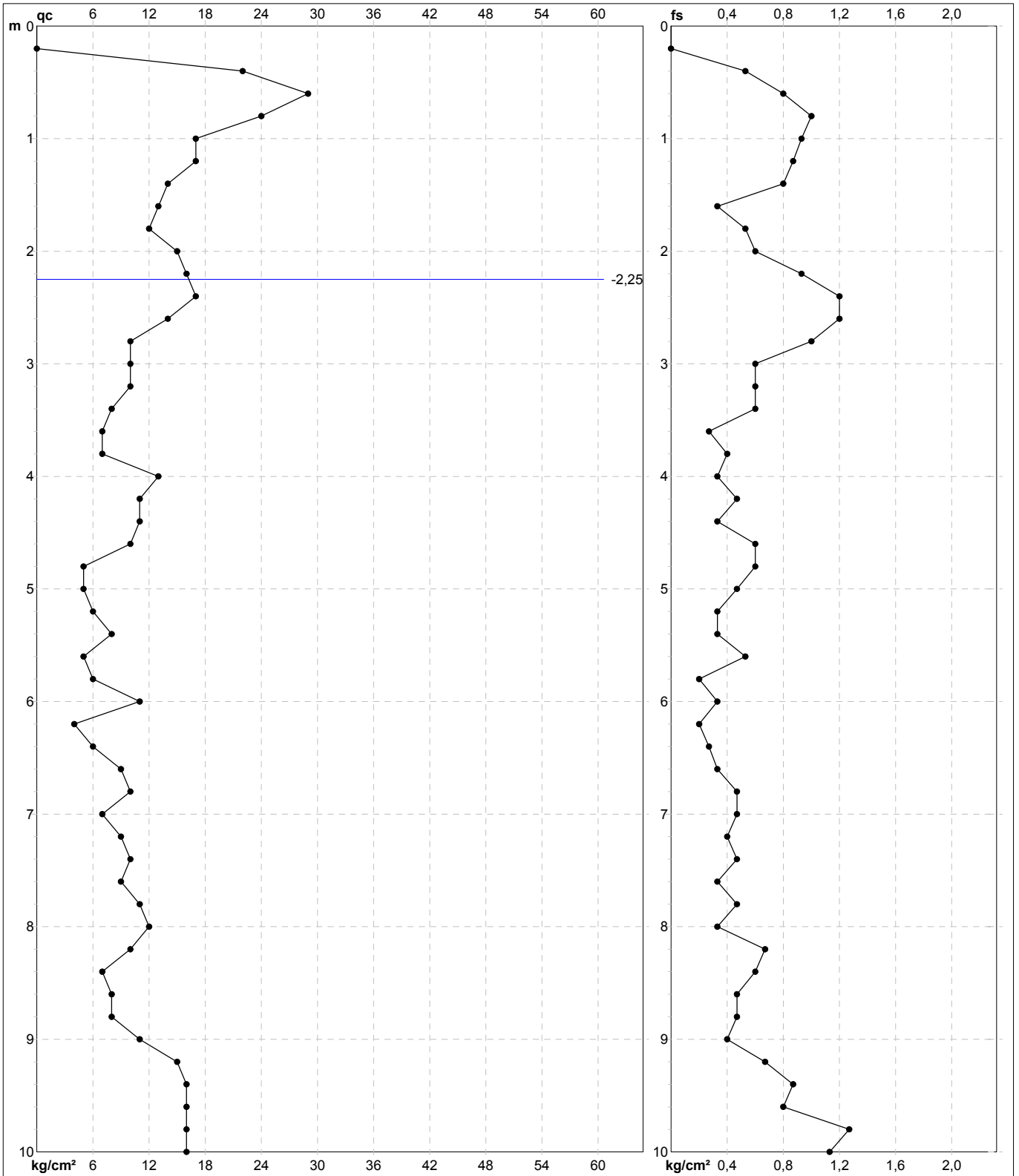
certificato n°

358/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data eseg.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda: **-2,25 m** da p.c.



	Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	---	---

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

**1**

riferimento

**210527b**

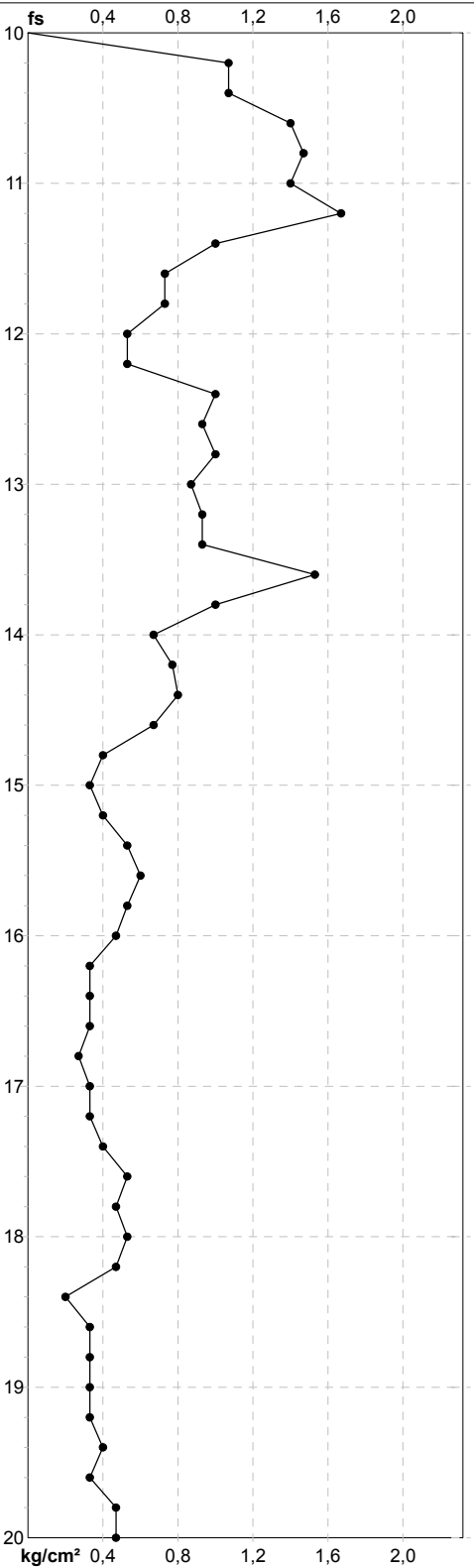
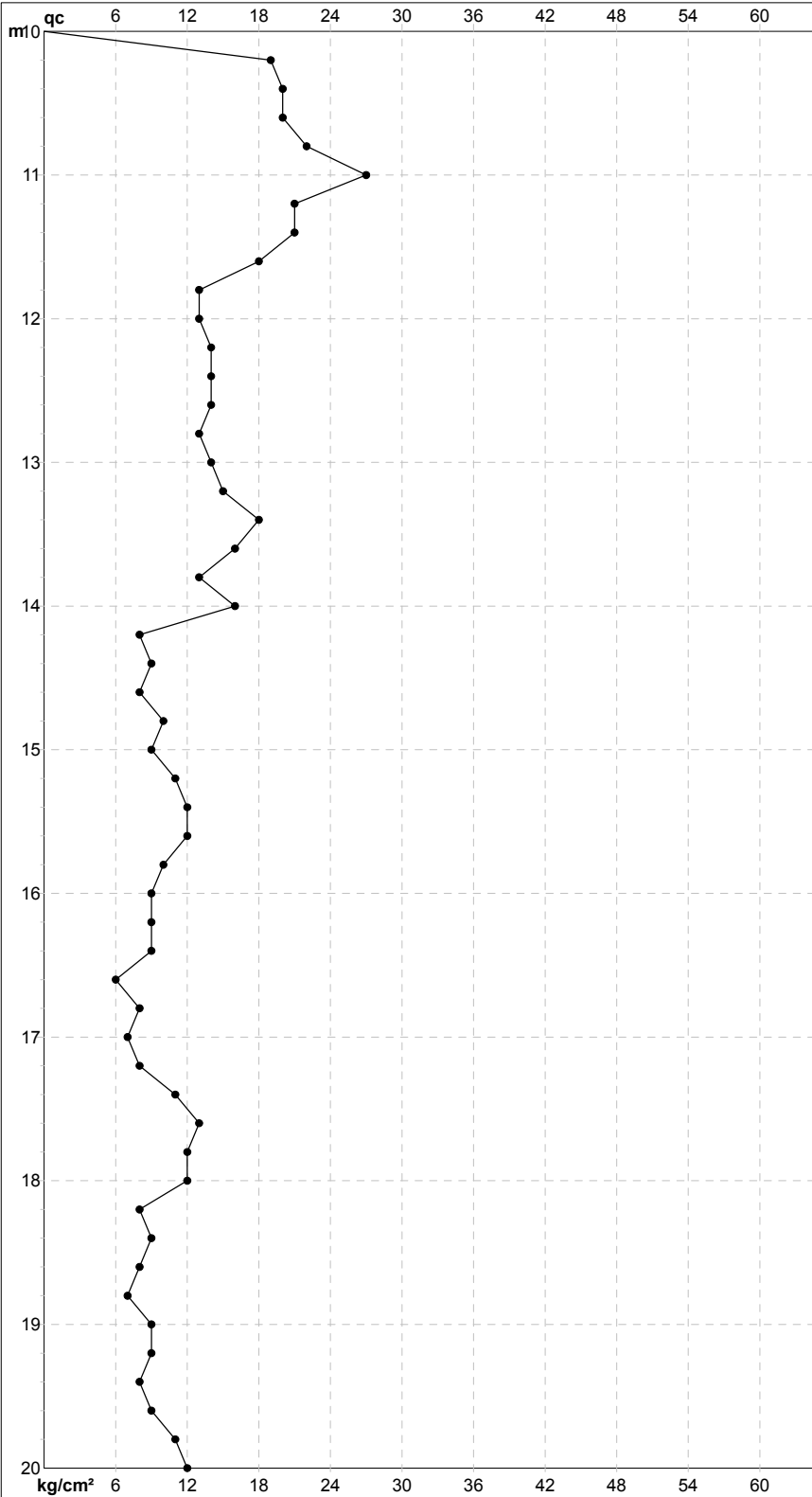
certificato n°

358/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **2**  
 Elaborato:

Data eseg.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda: **-2,25 m** da p.c.



		Penetrometro: TG63-200 Responsabile: Geol. Jacopo Martini Assistente:	Preforo: m Corr.astine: kg/ml Cod. punta:
--	--	---	---

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**
**1**

riferimento

**210527b**

certificato n°

358/21

 Committente: **Geol. Mosè Montagnani**

 Cantiere: **210527b**

 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

 U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

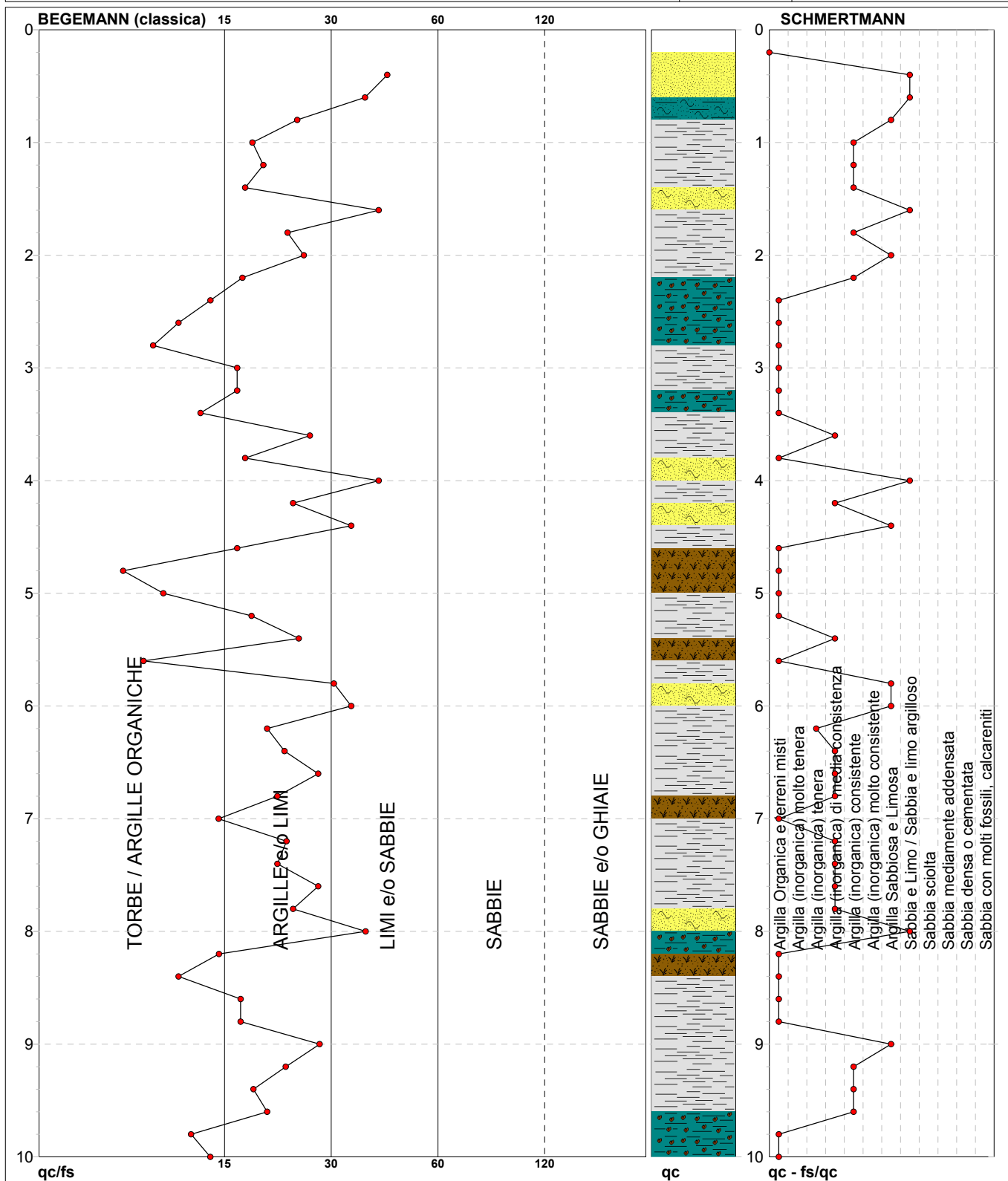
 Scala: **1:50**

 Pagina: **1**

Elaborato:

 Data exec.: **27/05/2021**

 Data certificato: **03/06/2021**

 Falda: **-2,25 m da p.c.**


Torbe / Argille org. :	13 punti, 26,53%	Argilla Organica e terreni misti:	19 punti, 38,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 10,20%
Argille e/o Limi :	30 punti, 61,22%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 2,04%		
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 14,29%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 20,41%		
		Argilla (inorganica) consistente:	8 punti, 16,33%		



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**1**

referimento

**210527b**

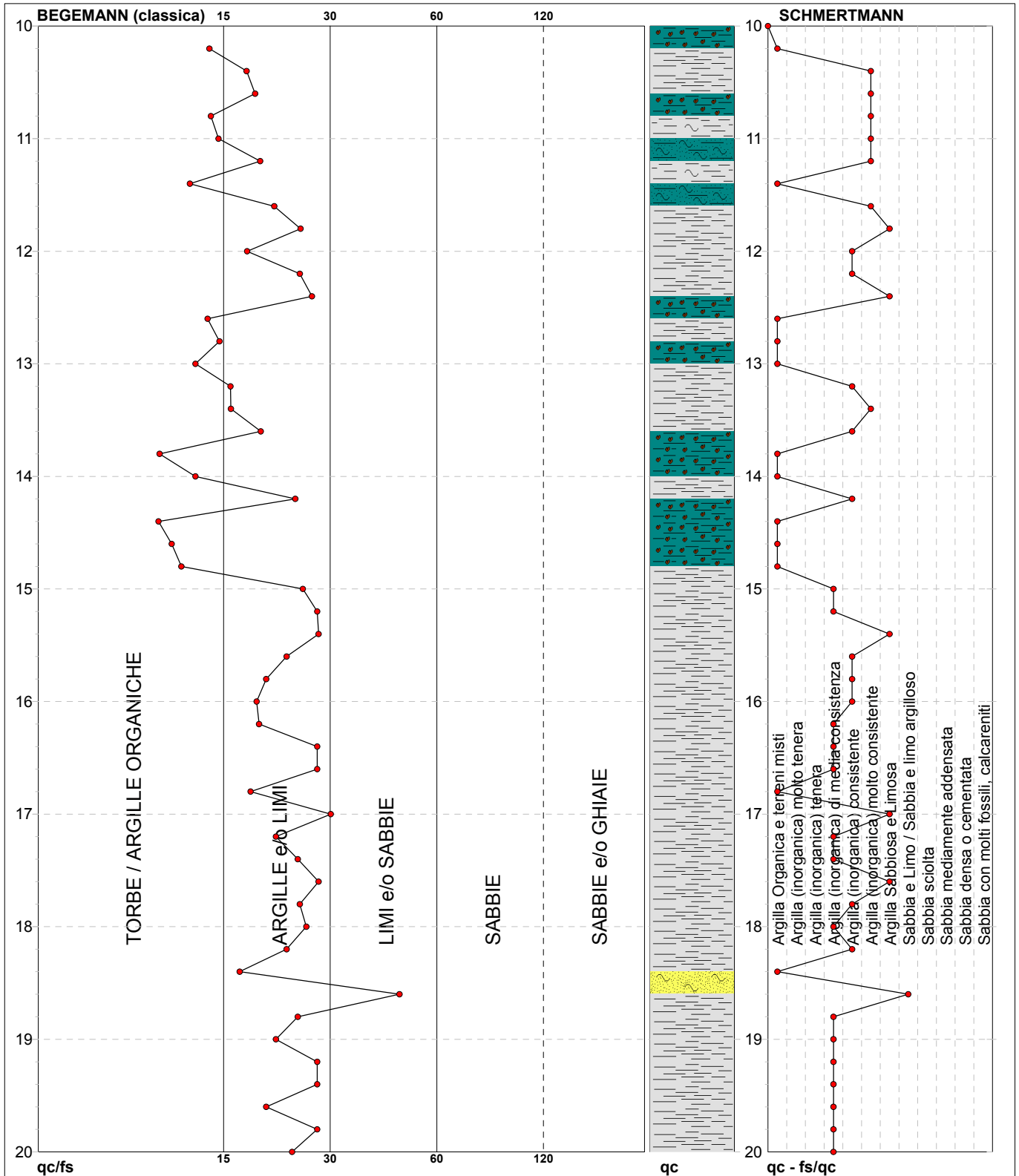
certificato n°

358/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **2**  
 Elaborato:

Data exec.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Falda: **-2,25 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	11 punti, 22,45%	Argilla Organica e terreni misti:	12 punti, 24,49%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	5 punti, 10,20%
Argille e/o Limi :	38 punti, 77,55%	Argilla (inorganica) media consist.:	15 punti, 30,61%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	1 punto, 2,04%
Limi e/o Sabbie :	1 punto, 2,04%	Argilla (inorganica) consistente:	10 punti, 20,41%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	7 punti, 14,29%		



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

### CPT

### 2

riferimento

**210527b**

certificato n°

359/21

 Committente: **Geol. Mosè Montagnani**

 Cantiere: **210527b**

 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

 U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 27/05/2021

Pagina: 1

Data certificato: 03/06/2021

Elaborato:

Falda: -2,00 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6
0,40	28,0	47	0	28,00	1,27	22	4,5	15,40	10,0	15	0	10,00	0,33	30	3,3
0,60	18,0	35	0	18,00	1,13	16	6,3	15,60	9,0	16	0	9,00	0,47	19	5,2
0,80	18,0	32	0	18,00	0,93	19	5,2	15,80	12,0	18	0	12,00	0,40	30	3,3
<b>1,00</b>	15,0	29	0	15,00	0,93	16	6,2	<b>16,00</b>	14,0	23	0	14,00	0,60	23	4,3
1,20	14,0	28	0	14,00	0,93	15	6,6	16,20	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4
1,40	14,0	30	0	14,00	1,07	13	7,6	16,40	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9
1,60	18,0	32	0	18,00	0,93	19	5,2	16,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5
1,80	17,0	28	0	17,00	0,73	23	4,3	16,80	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7
<b>2,00</b>	14,0	23	0	14,00	0,60	23	4,3	<b>17,00</b>	24,0	33	0	24,00	0,60	40	2,5
2,20	13,0	19	0	13,00	0,40	33	3,1	17,20	17,0	25	0	17,00	0,53	32	3,1
2,40	12,0	18	0	12,00	0,40	30	3,3	17,40	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7
2,60	12,0	21	0	12,00	0,60	20	5,0	17,60	9,0	18	0	9,00	0,60	15	6,7
2,80	13,0	22	0	13,00	0,60	22	4,6	17,80	5,0	14	0	5,00	0,61	8	12,2
<b>3,00</b>	9,0	20	0	9,00	0,74	12	8,2	<b>18,00</b>	39,0	45	0	39,00	0,40	98	1,0
3,20	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0	18,20	32,0	42	0	32,00	0,67	48	2,1
3,40	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7	18,40	30,0	39	0	30,00	0,60	50	2,0
3,60	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	18,60	42,0	51	0	42,00	0,60	70	1,4
3,80	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7	18,80	34,0	63	0	34,00	1,93	18	5,7
<b>4,00</b>	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	<b>19,00</b>	49,0	69	0	49,00	1,33	37	2,7
4,20	6,0	14	0	6,00	0,53	11	8,8	19,20	39,0	44	0	39,00	0,35	111	0,9
4,40	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7	19,40	46,0	52	0	46,00	0,39	118	0,8
4,60	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5	19,60	24,0	50	0	24,00	1,73	14	7,2
4,80	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4	19,80	39,0	54	0	39,00	1,00	39	2,6
<b>5,00</b>	4,0	9	0	4,00	0,33	12	8,3	<b>20,00</b>	38,0	50	0	38,00	0,80	48	2,1
5,20	5,0	8	0	5,00	0,20	25	4,0								
5,40	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
5,60	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
5,80	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
<b>6,00</b>	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
6,20	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
6,40	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
6,60	5,0	9	0	5,00	0,27	19	5,4								
6,80	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
<b>7,00</b>	5,0	11	0	5,00	0,40	13	8,0								
7,20	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
7,40	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
7,60	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5								
7,80	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
<b>8,00</b>	8,0	15	0	8,00	0,47	17	5,9								
8,20	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6								
8,40	12,0	16	0	12,00	0,27	44	2,3								
8,60	9,0	20	0	9,00	0,73	12	8,1								
8,80	12,0	22	0	12,00	0,67	18	5,6								
<b>9,00</b>	13,0	21	0	13,00	0,53	25	4,1								
9,20	10,0	22	0	10,00	0,81	12	8,1								
9,40	8,0	21	0	8,00	0,83	10	10,4								
9,60	10,0	21	0	10,00	0,72	14	7,2								
9,80	9,0	21	0	9,00	0,80	11	8,9								
<b>10,00</b>	18,0	24	0	18,00	0,40	45	2,2								
10,20	12,0	28	0	12,00	1,07	11	8,9								
10,40	11,0	23	0	11,00	0,80	14	7,3								
10,60	12,0	24	0	12,00	0,80	15	6,7								
10,80	10,0	26	0	10,00	1,07	9	10,7								
<b>11,00</b>	12,0	21	0	12,00	0,60	20	5,0								
11,20	17,0	24	0	17,00	0,47	36	2,8								
11,40	20,0	34	0	20,00	0,93	22	4,7								
11,60	11,0	27	0	11,00	1,04	11	9,5								
11,80	13,0	28	0	13,00	1,03	13	7,9								
<b>12,00</b>	6,0	19	0	6,00	0,84	7	14,0								
12,20	4,0	13	0	4,00	0,57	7	14,3								
12,40	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6								
12,60	14,0	24	0	14,00	0,67	21	4,8								
12,80	12,0	21	0	12,00	0,60	20	5,0								
<b>13,00</b>	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3								
13,20	9,0	14	0	9,00	0,33	27	3,7								
13,40	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7								
13,60	12,0	15	0	12,00	0,22	55	1,8								
13,80	7,0	19	0	7,00	0,80	9	11,4								
<b>14,00</b>	14,0	20	0	14,00	0,40	35	2,9								
14,20	16,0	25	0	16,00	0,60	27	3,8								
14,40	18,0	35	0	18,00	1,13	16	6,3								
14,60	20,0	39	0	20,00	1,27	16	6,4								
14,80	12,0	30	0	12,00	1,21	10	10,1								
<b>15,00</b>	8,0	22	0	8,00	0,92	9	11,5								

H = profondità

qc = resistenza di punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale calcolata

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

alla stessa quota di qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT = 10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

**2**

referimento

**210527b**

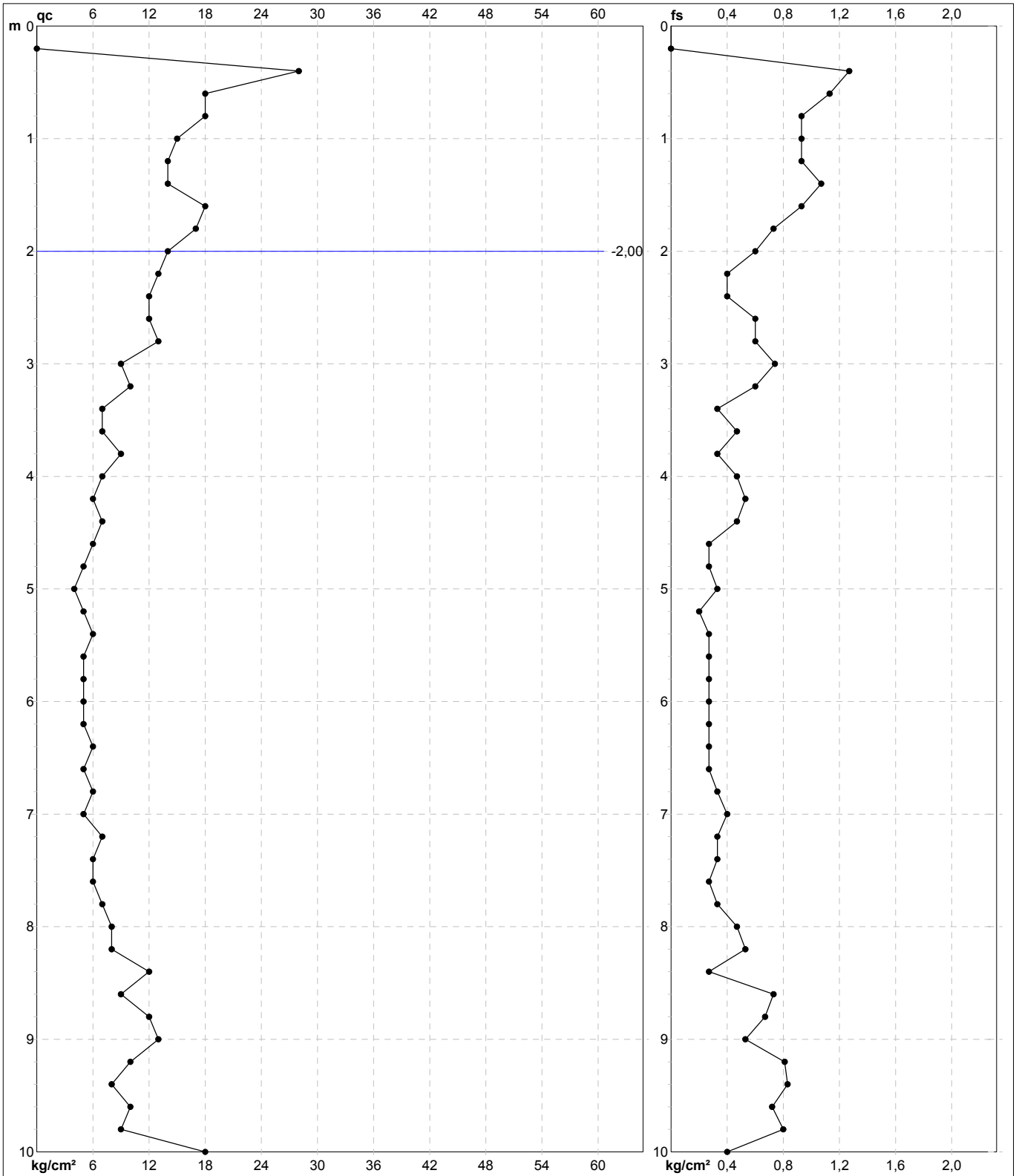
certificato n°

359/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data eseg.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda: **-2,00 m** da p.c.



Penetrometro: TG63-200  
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini  
 Assistente:

Preforo: m  
 Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

**2**

riferimento

**210527b**

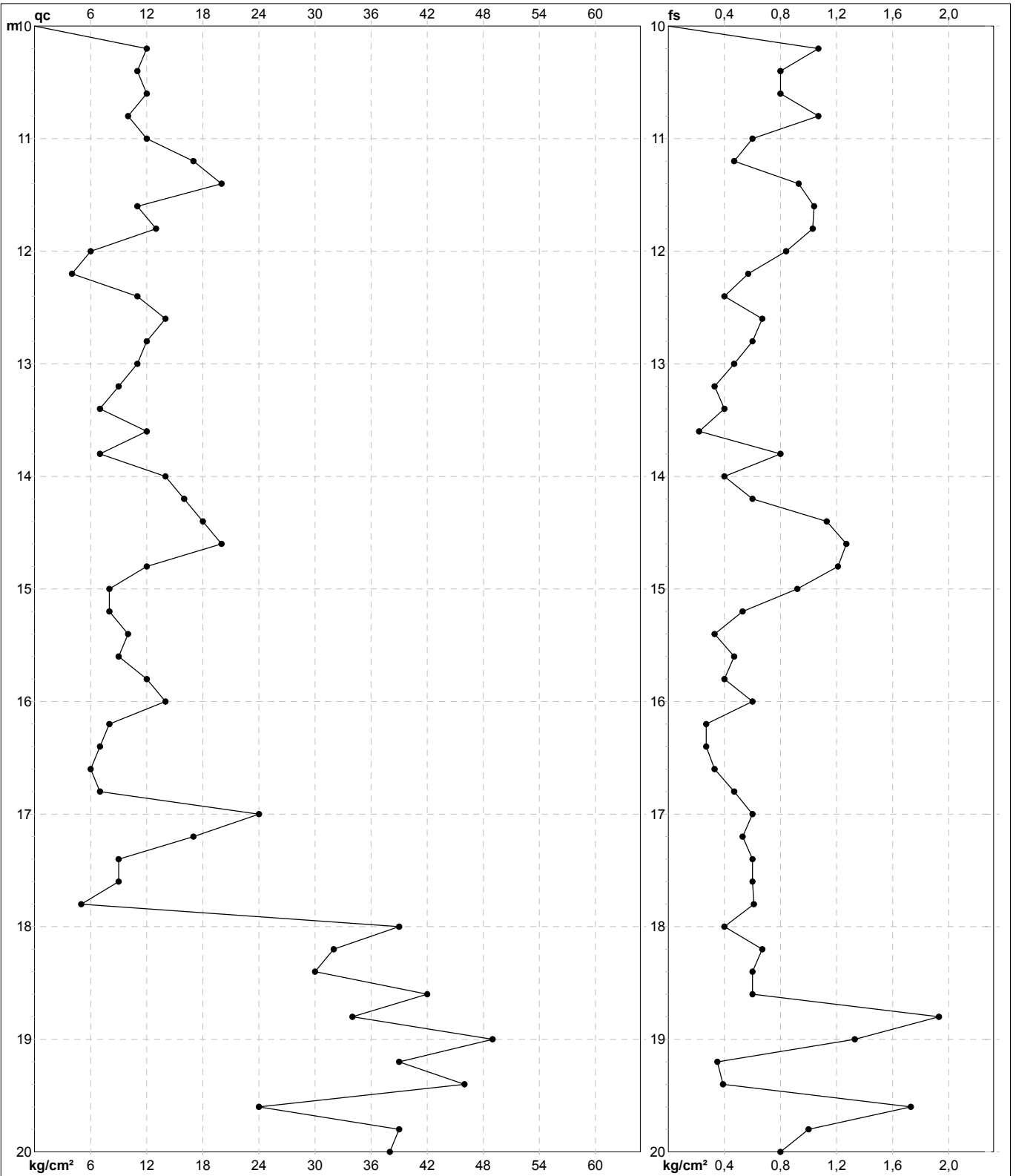
certificato n°

359/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: 1:100  
 Pagina: 2  
 Elaborato:

Data eseg.: 27/05/2021  
 Data certificato: 03/06/2021  
 Quota inizio:  
 Falda: -2,00 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200  
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini  
 Assistente:

Preforo: m  
 Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**2**

referimento

**210527b**

certificato n°

359/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**

Cantiere: **210527b**

Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:50**

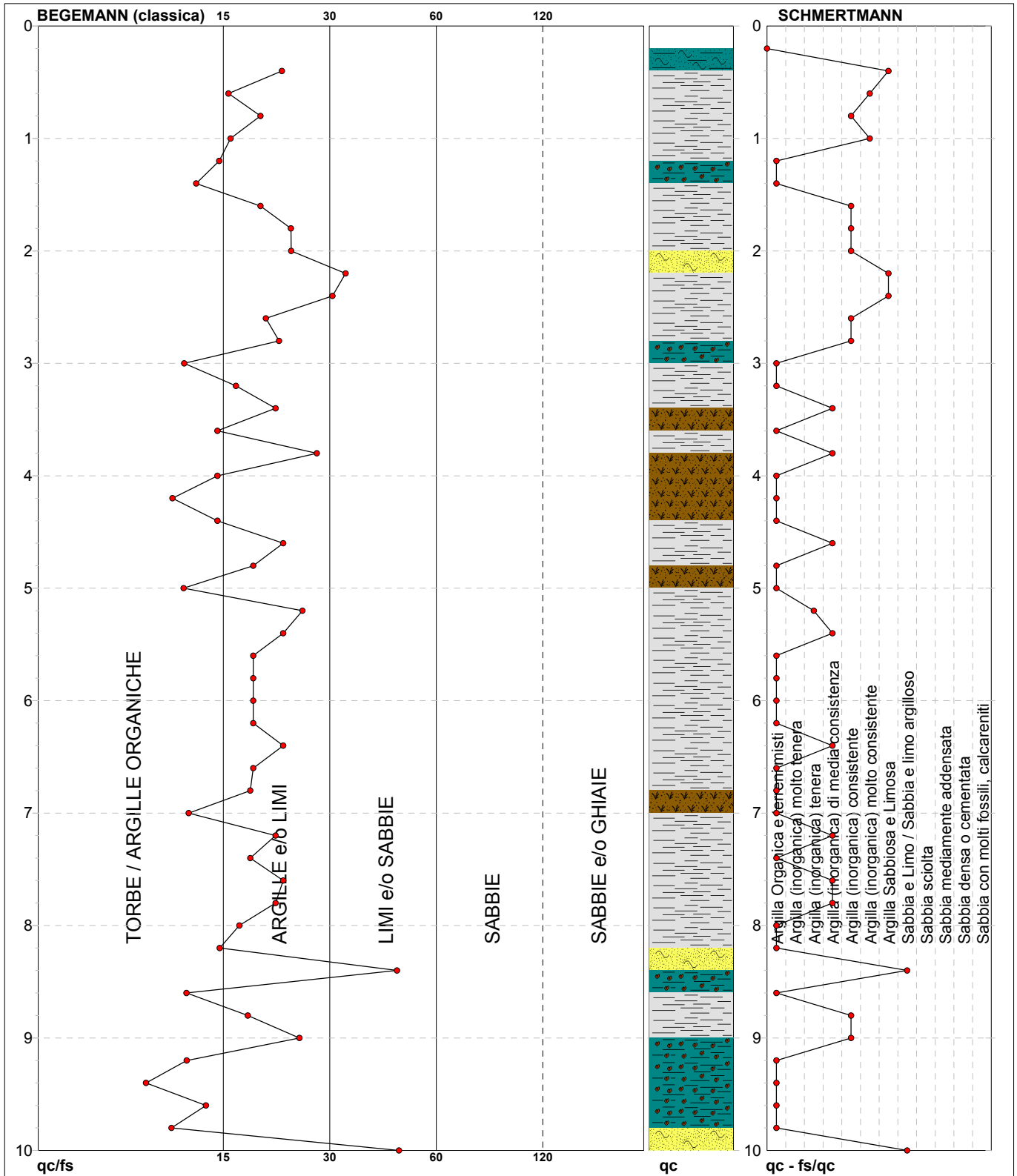
Pagina: **1**

Elaborato:

Data exec.: **27/05/2021**

Data certificato: **03/06/2021**

Falda: **-2,00 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	14 punti, 28,57%	Argilla Organica e terreni misti:	25 punti, 51,02%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 6,12%
Argille e/o Limi :	33 punti, 67,35%	Argilla (inorganica) tenera:	1 punto, 2,04%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 4,08%
Limi e/o Sabbie :	3 punti, 6,12%	Argilla (inorganica) media consist.:	8 punti, 16,33%		
		Argilla (inorganica) consistente:	8 punti, 16,33%		
		Argilla (inorganica) molto consist.:	2 punti, 4,08%		

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**2**

referimento

**210527b**

certificato n°

359/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**

Cantiere: **210527b**

Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

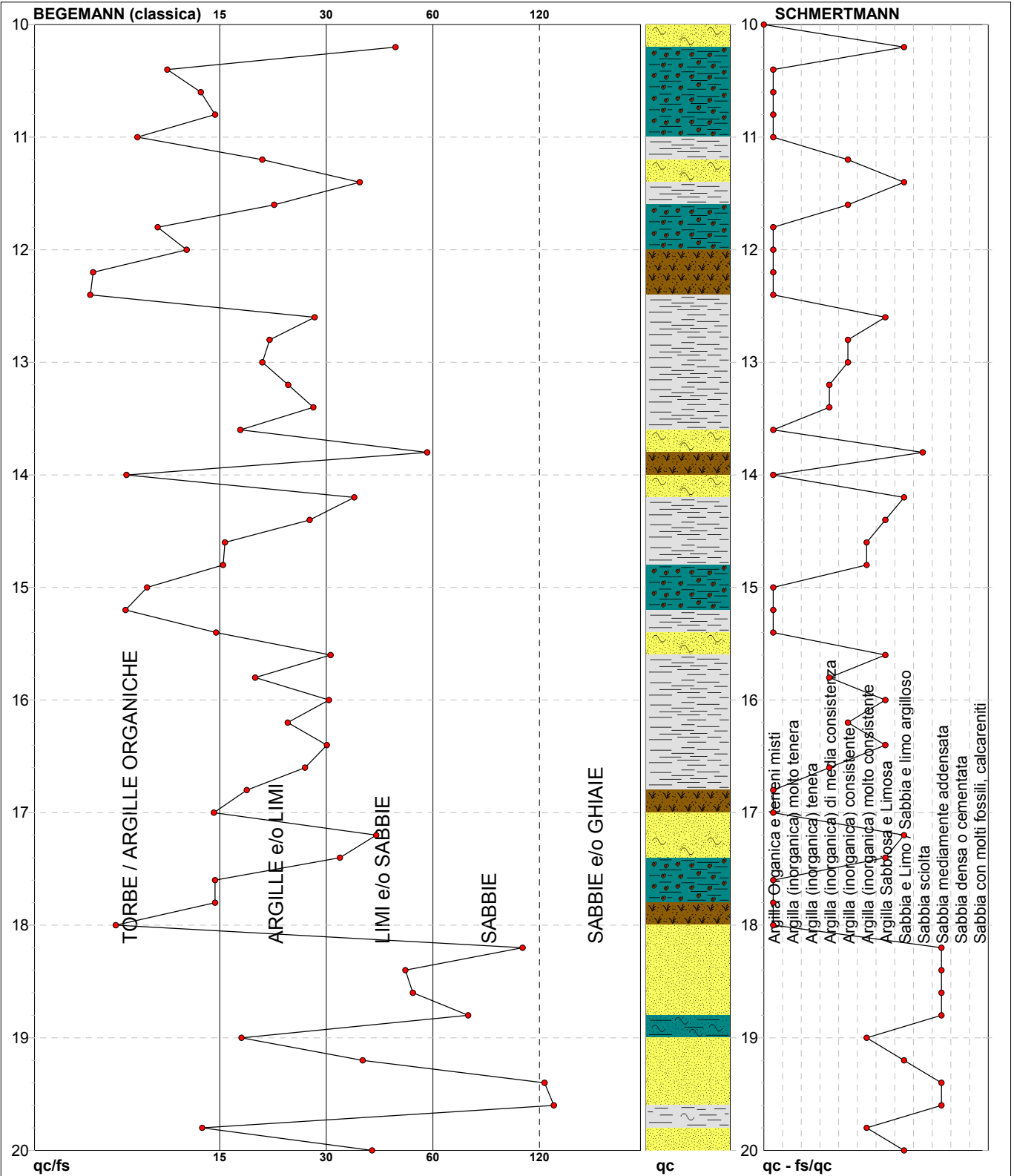
Pagina: **2**

Elaborato:

Data exec.: **27/05/2021**

Data certificato: **03/06/2021**

Falda: **-2,00 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	16 punti, 32,65%	Argilla Organica e terreni misti:	18 punti, 36,73%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 12,24%
Argille e/o Limi :	19 punti, 38,78%	Argilla (inorganica) media consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 12,24%
Limi e/o Sabbie :	11 punti, 22,45%	Argilla (inorganica) consistente:	5 punti, 10,20%	Sabbia sciolta:	1 punto, 2,04%
Sabbie:	4 punti, 8,16%	Argilla (inorganica) molto consist.:	4 punti, 8,16%	Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 12,24%

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**

**PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT**

**2**

riferimento **210527b**

certificato n° **359/21**

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**

Cantiere: **210527b**

Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec.: **27/05/2021**

Pagina: **1**

Data certificato: **03/06/2021**

Elaborato:

Falda: **-2,00 m da p.c.**

**NATURA COESIVA**

**NATURA GRANULARE**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m³	$\sigma'_{vo}$ U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	$\phi$ Sc (°)	$\phi$ Ca (°)	$\phi$ Ko (°)	$\phi$ DB (°)	$\phi$ DM (°)	$\phi$ Me (°)	F.L.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0.20	--	--		1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	28,00	22,05	4	1.96	0.08	86	0.97	99.9	164,1	246,2	84,0	91	41	39	37	34	43	28	--	46,7	70,0	84,0	
0.60	18,00	15,93	2	1.98	0.12	79	0.75	64.9	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	18,00	19,35	2	1.98	0.16	83	0.75	44.9	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	15,00	16,13	2	1.95	0.19	85	0.67	29.3	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	14,00	15,05	2	1.94	0.23	88	0.64	22.0	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.40	14,00	13,08	2	1.94	0.27	89	0.64	18.2	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	18,00	19,35	2	1.98	0.31	91	0.75	18.8	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	17,00	23,29	2	1.97	0.35	93	0.72	15.5	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	14,00	23,33	2	1.94	0.37	93	0.64	12.4	108,2	162,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	13,00	32,50	4	0.88	0.39	87	0.60	11.0	102,8	154,2	46,5	25	32	27	24	23	31	26	--	21,7	32,5	39,0	
2.40	12,00	30,00	4	0.88	0.40	88	0.57	9.7	97,9	146,8	44,6	21	31	27	23	22	30	26	--	20,0	30,0	36,0	
2.60	12,00	20,00	2	0.92	0.42	89	0.57	9.1	100,6	150,8	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	13,00	21,67	2	0.93	0.44	89	0.60	9.3	105,3	158,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	9,00	12,16	2	0.88	0.46	81	0.45	6.1	120,9	181,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	10,00	16,67	2	0.90	0.48	81	0.50	6.7	122,0	183,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	7,00	21,21	2	0.84	0.49	82	0.35	4.1	137,9	206,9	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	7,00	14,89	1	0.46	0.50	82	0.35	4.0	24,7	37,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	9,00	27,27	2	0.88	0.52	82	0.45	5.2	142,7	214,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	7,00	14,89	1	0.46	0.53	83	0.35	3.7	27,6	41,4	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	6,00	11,32	1	0.46	0.54	83	0.30	3.0	29,9	44,8	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	7,00	14,89	1	0.46	0.55	83	0.35	3.6	29,3	44,0	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	6,00	22,22	2	0.82	0.57	83	0.30	2.8	151,6	227,4	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	5,00	18,52	2	0.90	0.58	70	0.25	2.2	137,4	206,1	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	4,00	12,12	1	0.46	0.59	71	0.20	1.6	25,0	37,5	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	5,00	25,00	2	0.90	0.61	71	0.25	2.1	139,0	208,5	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	6,00	22,22	2	0.82	0.62	84	0.30	2.5	158,6	237,9	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	5,00	18,52	2	0.80	0.64	71	0.25	1.9	140,7	211,1	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	5,00	18,52	2	0.80	0.65	72	0.25	1.9	141,5	212,2	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	5,00	18,52	2	0.80	0.67	72	0.25	1.8	142,2	213,3	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	5,00	18,52	2	0.80	0.69	72	0.25	1.8	142,8	214,2	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	6,00	22,22	2	0.82	0.70	86	0.30	2.2	165,2	247,9	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	5,00	18,52	2	0.80	0.72	72	0.25	1.7	144,0	215,9	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	6,00	18,18	2	0.82	0.74	86	0.30	2.0	167,2	250,9	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	5,00	12,50	1	0.46	0.74	73	0.25	1.6	31,3	46,9	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	7,00	21,21	2	0.84	0.76	87	0.35	2.4	188,3	282,5	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	6,00	18,18	2	0.82	0.78	87	0.30	1.9	169,4	254,1	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	6,00	22,22	2	0.82	0.79	87	0.30	1.9	170,2	255,3	28,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	7,00	21,21	2	0.84	0.81	88	0.35	2.2	192,2	288,2	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	8,00	17,02	2	0.86	0.83	88	0.40	2.5	211,3	316,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	8,00	15,09	2	0.86	0.85	88	0.40	2.5	213,0	319,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	12,00	44,44	4	0.88	0.86	98	0.57	3.8	243,3	365,0	44,6	3	28	23	19	18	26	26	--	20,0	30,0	36,0	
8.60	9,00	12,33	2	0.88	0.88	89	0.45	2.7	231,8	347,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	12,00	17,91	2	0.92	0.90	98	0.57	3.6	253,7	380,6	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	13,00	24,53	2	0.93	0.92	99	0.60	3.7	258,8	388,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	10,00	12,35	2	0.90	0.94	89	0.50	2.9	251,8	377,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	8,00	9,64	2	0.86	0.95	90	0.40	2.1	221,3	332,0	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	10,00	13,89	2	0.90	0.97	90	0.50	2.7	256,6	384,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	9,00	11,25	2	0.88	0.99	90	0.45	2.3	242,9	364,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	18,00	45,00	4	0.91	1.01	107	0.75	4.3	281,1	421,6	56,2	13	30	24	21	20	27	27	--	30,0	45,0	54,0	
10.20	12,00	11,22	2	0.92	1.03	100	0.57	3.0	280,8	421,2	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	11,00	13,75	2	0.91	1.04	101	0.54	2.7	275,6	413,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	12,00	15,00	2	0.92	1.06	101	0.57	2.9	286,6	430,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	10,00	9,35	2	0.90	1.08	91	0.50	2.4	268,3	402,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	12,00	20,00	2	0.92	1.10	101	0.57	2.8	291,8	437,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	17,00	36,17	4	0.91	1.12	109	0.72	3.7	315,1	472,7	54,1	8	29	23	20	19	26	27	--	28,3	42,5	51,0	
11.40	20,00	21,51	4	0.93	1.13	116	0.80	4.1	316,6	474,9	60,0	14	30	24	21	20	27	27	--	33,3	50,0	60,0	
11.60	11,00	10,58	2	0.91	1.15	102	0.54	2.4	287,4	431,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	13,00	12,62	2	0.93	1.17	102	0.60	2.7	310,0	465,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.00	6,00	7,14	1	0.46	1.18	92	0.30	1.1	38,8	58,2	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.20	4,00	7,02	1	0.46	1.19	78	0.20	0.7	26,0	39,0	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.40	11,00	27,50	2	0.91	1.21	103	0.54	2.3	292,0	438,0	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.60	14,00	20,90	2	0.94	1.23	110	0.64	2.8	325,5	488,2	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.80	12,00	20,00	2	0.92	1.25	103	0.57	2.4	307,6	461,4	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.00	11,00	23,40	2	0.91	1.26	103	0.54	2.2	296,0	443,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.20	9,00	27,27	2	0.																			



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>3</b>
	referimento	<b>210527b</b>
	certificato n°	360/21

Committente: <b>Geol. Mosè Montagnani</b>	U.M.: <b>kg/cm²</b>	Data exec.: 27/05/2021
Cantiere: <b>210527b</b>	Pagina: 1	Data certificato: 03/06/2021
Località: <b>Il Chiesino - Pontedera (PI)</b>	Elaborato:	Falda: -1,70 m da p.c.

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0,0	0	0	0,00	0,00			15,20	10,0	15	0	10,00	0,33	30	3,3
0,40	31,0	39	0	31,00	0,53	58	1,7	15,40	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6
0,60	21,0	39	0	21,00	1,20	18	5,7	15,60	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4
0,80	16,0	39	0	16,00	1,53	10	9,6	15,80	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4
<b>1,00</b>	16,0	31	0	16,00	1,00	16	6,3	<b>16,00</b>	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7
1,20	12,0	25	0	12,00	0,87	14	7,3	16,20	8,0	13	0	8,00	0,33	24	4,1
1,40	13,0	24	0	13,00	0,73	18	5,6	16,40	12,0	19	0	12,00	0,47	26	3,9
1,60	14,0	24	0	14,00	0,67	21	4,8	16,60	14,0	23	0	14,00	0,60	23	4,3
1,80	15,0	26	0	15,00	0,73	21	4,9	16,80	9,0	20	0	9,00	0,75	12	8,3
<b>2,00</b>	12,0	19	0	12,00	0,47	26	3,9	<b>17,00</b>	7,0	13	0	7,00	0,40	18	5,7
2,20	15,0	23	0	15,00	0,53	28	3,5	17,20	9,0	13	0	9,00	0,27	33	3,0
2,40	17,0	21	0	17,00	0,25	68	1,5	17,40	7,0	14	0	7,00	0,47	15	6,7
2,60	14,0	33	0	14,00	1,27	11	9,1	17,60	6,0	10	0	6,00	0,27	22	4,5
2,80	24,0	40	0	24,00	1,07	22	4,5	17,80	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0
<b>3,00</b>	21,0	39	0	21,00	1,20	18	5,7	<b>18,00</b>	10,0	15	0	10,00	0,33	30	3,3
3,20	15,0	35	0	15,00	1,33	11	8,9	18,20	11,0	17	0	11,00	0,40	28	3,6
3,40	11,0	21	0	11,00	0,67	16	6,1	18,40	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0
3,60	10,0	25	0	10,00	1,00	10	10,0	18,60	6,0	17	0	6,00	0,73	8	12,2
3,80	9,0	25	0	9,00	1,07	8	11,9	18,80	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5
<b>4,00</b>	10,0	20	0	10,00	0,67	15	6,7	<b>19,00</b>	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3
4,20	9,0	19	0	9,00	0,67	13	7,4	19,20	9,0	17	0	9,00	0,53	17	5,9
4,40	8,0	16	0	8,00	0,53	15	6,6	19,40	10,0	15	0	10,00	0,33	30	3,3
4,60	10,0	16	0	10,00	0,40	25	4,0	19,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5
4,80	6,0	9	0	6,00	0,20	30	3,3	19,80	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9
<b>5,00</b>	7,0	11	0	7,00	0,27	26	3,9	<b>20,00</b>	8,0	12	0	8,00	0,27	30	3,4
5,20	8,0	14	0	8,00	0,40	20	5,0								
5,40	7,0	12	0	7,00	0,33	21	4,7								
5,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
5,80	6,0	15	0	6,00	0,60	10	10,0								
<b>6,00</b>	10,0	17	0	10,00	0,47	21	4,7								
6,20	9,0	19	0	9,00	0,67	13	7,4								
6,40	13,0	22	0	13,00	0,60	22	4,6								
6,60	12,0	23	0	12,00	0,73	16	6,1								
6,80	11,0	26	0	11,00	1,00	11	9,1								
<b>7,00</b>	10,0	21	0	10,00	0,73	14	7,3								
7,20	6,0	18	0	6,00	0,80	8	13,3								
7,40	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
7,60	12,0	22	0	12,00	0,67	18	5,6								
7,80	11,0	25	0	11,00	0,93	12	8,5								
<b>8,00</b>	12,0	24	0	12,00	0,80	15	6,7								
8,20	12,0	24	0	12,00	0,80	15	6,7								
8,40	14,0	25	0	14,00	0,73	19	5,2								
8,60	14,0	24	0	14,00	0,67	21	4,8								
8,80	14,0	30	0	14,00	1,07	13	7,6								
<b>9,00</b>	16,0	29	0	16,00	0,87	18	5,4								
9,20	17,0	32	0	17,00	1,00	17	5,9								
9,40	16,0	32	0	16,00	1,07	15	6,7								
9,60	16,0	34	0	16,00	1,20	13	7,5								
9,80	12,0	29	0	12,00	1,13	11	9,4								
<b>10,00</b>	10,0	25	0	10,00	1,00	10	10,0								
10,20	13,0	22	0	13,00	0,60	22	4,6								
10,40	14,0	25	0	14,00	0,73	19	5,2								
10,60	19,0	24	0	19,00	0,30	63	1,6								
10,80	15,0	36	0	15,00	1,40	11	9,3								
<b>11,00</b>	15,0	30	0	15,00	1,00	15	6,7								
11,20	14,0	29	0	14,00	1,00	14	7,1								
11,40	16,0	30	0	16,00	0,93	17	5,8								
11,60	16,0	28	0	16,00	0,80	20	5,0								
11,80	8,0	21	0	8,00	0,85	9	10,6								
<b>12,00</b>	8,0	18	0	8,00	0,67	12	8,4								
12,20	11,0	19	0	11,00	0,53	21	4,8								
12,40	11,0	18	0	11,00	0,47	23	4,3								
12,60	13,0	20	0	13,00	0,47	28	3,6								
12,80	10,0	19	0	10,00	0,60	17	6,0								
<b>13,00</b>	7,0	16	0	7,00	0,60	12	8,6								
13,20	12,0	17	0	12,00	0,33	36	2,8								
13,40	8,0	17	0	8,00	0,60	13	7,5								
13,60	6,0	11	0	6,00	0,33	18	5,5								
13,80	10,0	14	0	10,00	0,27	37	2,7								
<b>14,00</b>	10,0	16	0	10,00	0,40	25	4,0								
14,20	12,0	20	0	12,00	0,53	23	4,4								
14,40	15,0	19	0	15,00	0,27	56	1,8								
14,60	11,0	24	0	11,00	0,88	13	8,0								
14,80	7,0	19	0	7,00	0,80	9	11,4								
<b>15,00</b>	9,0	15	0	9,00	0,40	23	4,4								

H = profondità	qc = resistenza di punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
Lt = terza lettura (totale)	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100
CT = 10,00 costante di trasformazione	

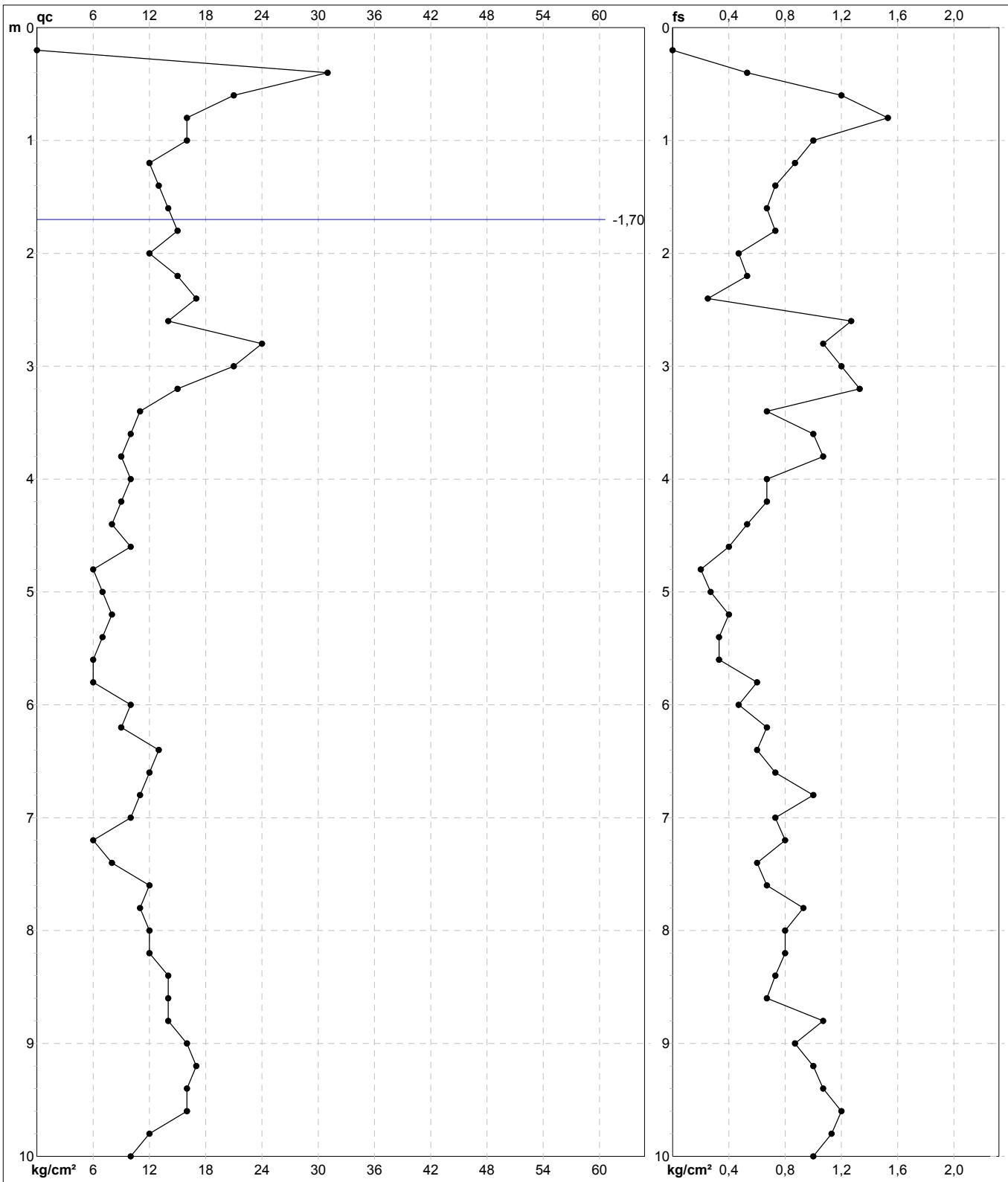
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>210527b</b>
certificato n°	360/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data eseg.: 27/05/2021  
 Scala: 1:50    Data certificato: 03/06/2021  
 Pagina: 1    Quota inizio:  
 Elaborato:    Falda: -1,70 m da p.c.



Penetrometro: TG63-200	Preforo: m
Responsabile: Geol. Jacopo Martini	Corr.astine: kg/ml
Assistente:	Cod. punta:

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

**CPT**

**3**

riferimento

**210527b**

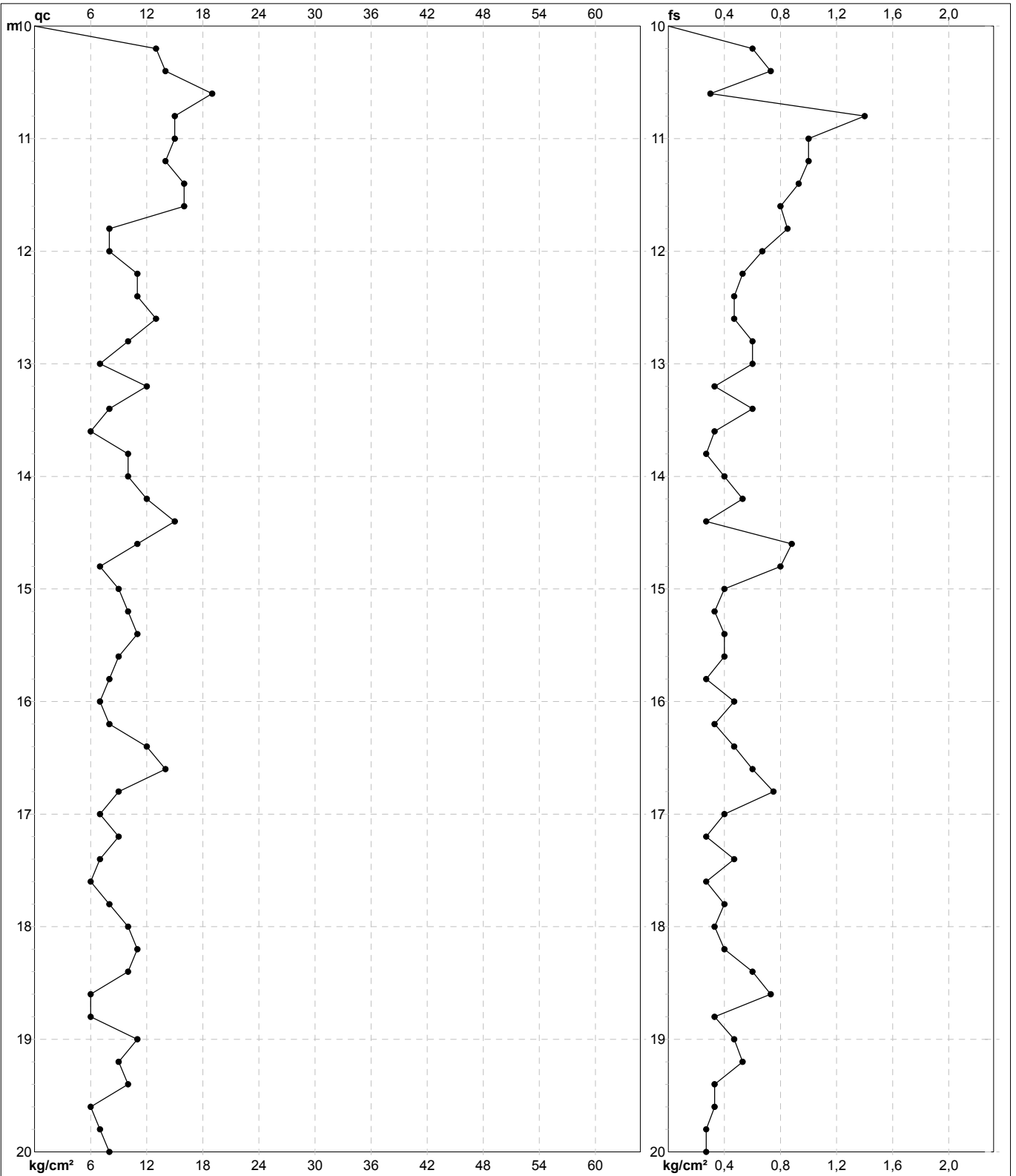
certificato n°

360/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **2**  
 Elaborato:

Data esec.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Quota inizio:  
 Falda: **-1,70 m** da p.c.



Penetrometro: TG63-200  
 Responsabile: Geol. Jacopo Martini  
 Assistente:

Preforo: m  
 Corr.astine: kg/ml  
 Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**3**

referimento

**210527b**

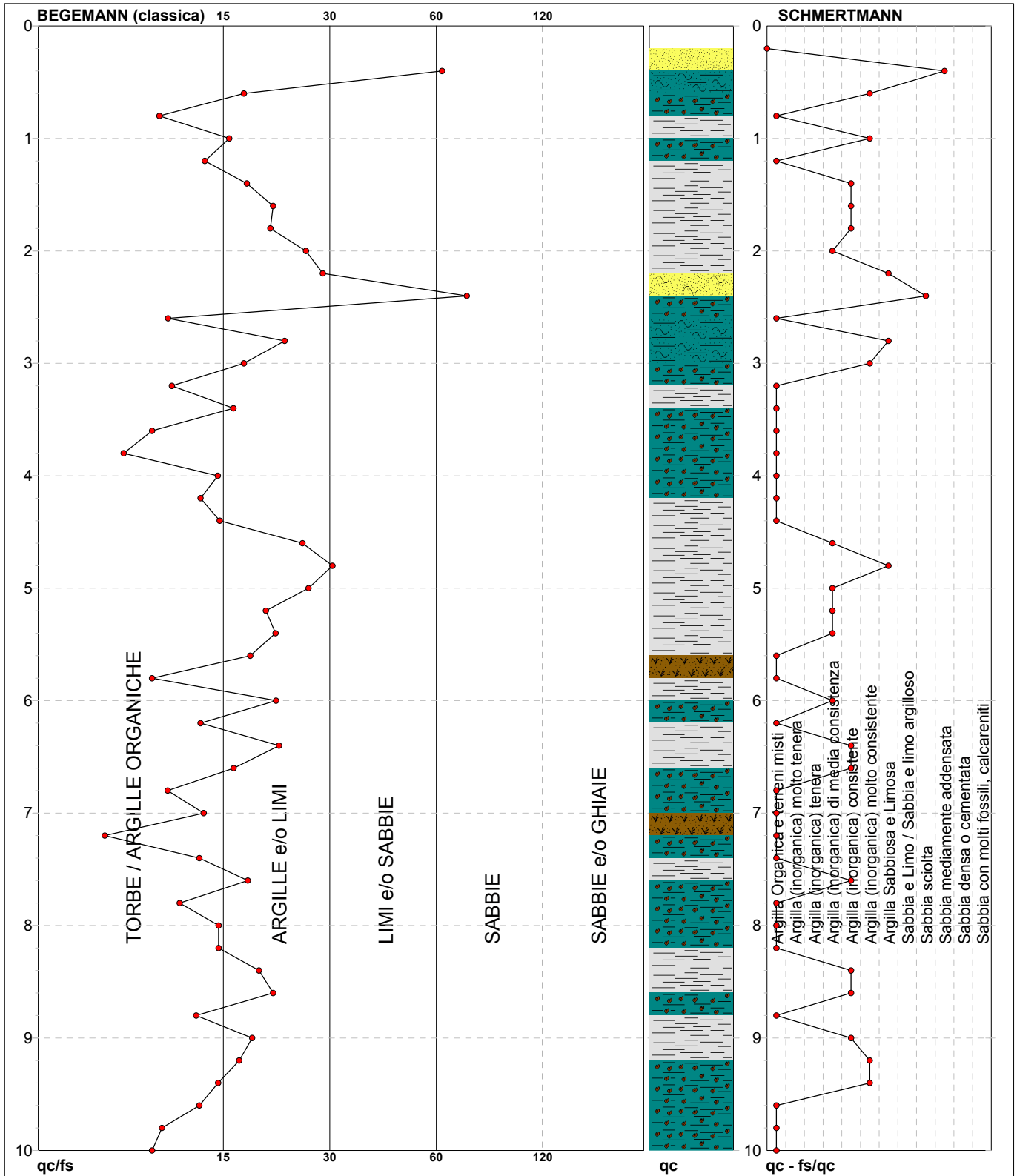
certificato n°

360/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:

Data exec.: **27/05/2021**  
 Data certificato: **03/06/2021**  
 Falda: **-1,70 m da p.c.**



Torbe / Argille org. :	23 punti, 46,94%	Argilla Organica e terreni misti:	24 punti, 48,98%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	3 punti, 6,12%
Argille e/o Limi :	25 punti, 51,02%	Argilla (inorganica) media consist.:	6 punti, 12,24%	Sabbia sciolta:	1 punto, 2,04%
Limi e/o Sabbie :	1 punti, 2,04%	Argilla (inorganica) consistente:	9 punti, 18,37%	Sabbia mediamente addensata:	1 punto, 2,04%
Sabbie:	1 punti, 2,04%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 10,20%		

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

FON059

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

**CPT**

**3**

riferimento

**210527b**

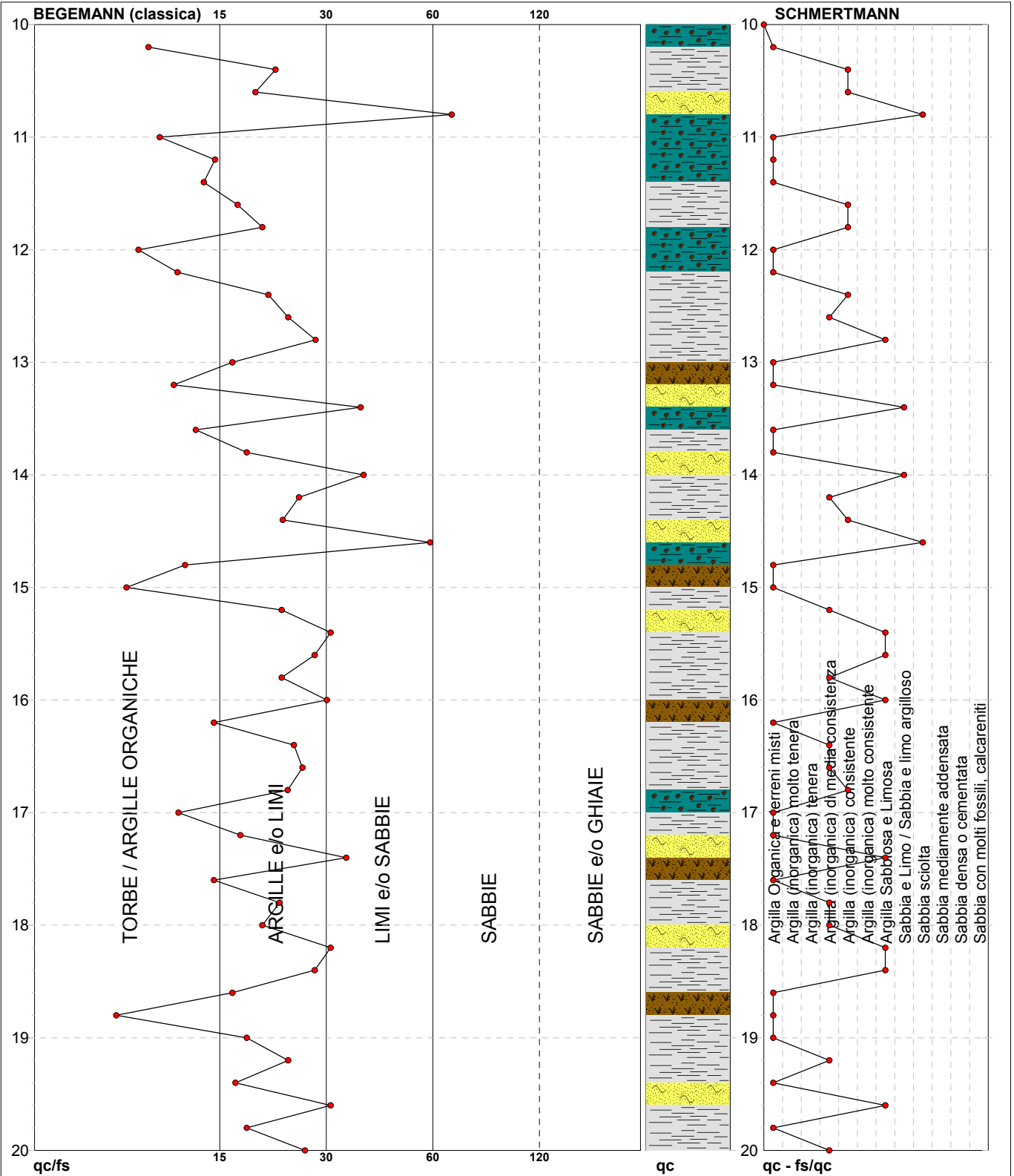
certificato n°

360/21

Committente: **Geol. Mosè Montagnani**  
 Cantiere: **210527b**  
 Località: **Il Chiesino - Pontedera (PI)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: 1:100  
 Pagina: 2  
 Elaborato:

Data exec.: 27/05/2021  
 Data certificato: 03/06/2021  
 Falda: -1,70 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	14 punti, 28,57%	Argilla Organica e terreni misti:	21 punti, 42,86%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	2 punti, 4,08%
Argille e/o Limi :	28 punti, 57,14%	Argilla (inorganica) media consist.:	10 punti, 20,41%	Sabbia sciolta:	2 punti, 4,08%
Limi e/o Sabbie :	7 punti, 14,29%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 14,29%		
Sabbie:	1 punti, 2,04%				



Committente: Geol. Moè  
Montagnani

Località: Il Chiesino - Pontedera

Data Indagine: 27/05/2021

Codice lavoro: 210527b

## **INDAGINI SISMICHE MASW**

## **INDAGINI SISMICHE HVSR**

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano

Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 03/06/2021

## Sommario

PREMESSA .....	3
INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR .....	4
GENERALITA' .....	4
SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE .....	7
ELABORAZIONE DEI DATI HVSR .....	7
INDAGINI MASW .....	10
GENERALITA' .....	10
SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	11
INDAGINI EFFETTUATE .....	12
ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR .....	13



## PREMESSA

Per incarico del Geol. Moè Montagnani, sono state eseguite indagini geofisiche in Località Il Chiesino, nel Comune di Pontedera.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Al fine di caratterizzare il sito in esame dal punto di vista della velocità delle onde di taglio (VS), è stata effettuata una serie di acquisizioni MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di superficie da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), sono inoltre state eseguite una serie di misure di microtremori atte ad analizzare il rapporto spettrale H/V (Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio - HVSR) utile a definire eventuali risonanze di sito e a meglio vincolare il modello VS specie in profondità.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.

## INDAGINI DI SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

### GENERALITA'

La tecnica di acquisizione ed analisi dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le conoscenze e le informazioni che si possono ottenere dall'analisi ed interpretazione di una registrazione di questo tipo sono:

- ove esistente, la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale ai fini dell'individuazione di adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- ove determinabile, la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso, a seguito di analisi correlate sarà possibile confrontare le frequenze di sito e dell'edificio, e valutare se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la stratigrafia del sottosuolo con un ampio range di profondità di indagine, e secondo il principio che in termini di stratigrafia del sottosuolo, uno strato è inteso come unità distinta, in termini di contrasto d'impedenza sismica.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori.

La forma di un'onda registrata in un sito oggetto di indagine è funzione di:

- dalla forma dell'onda prodotta dall'insieme delle sorgenti s dei microtremori;
- dal percorso dell'onda dalle sorgenti s fino alla posizione x del sito oggetto di indagine e funzione dei processi di attenuazione, riflessione, rifrazione e canalizzazione di guida d'onda;
- dalla modalità di acquisizione dello strumento in funzione dei parametri e delle caratteristiche strumentali.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre.

Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con ampiezze minime, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il segnale da acquisire non è generato con strumenti o tecniche attive, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di origine sismiche che dovute al microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, canalizzazioni per fenomeni di guida d'onda ed attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato.

Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte di informazioni correlata al contenuto frequenziale del segnale che può essere estratta e che permette di ottenere informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore.

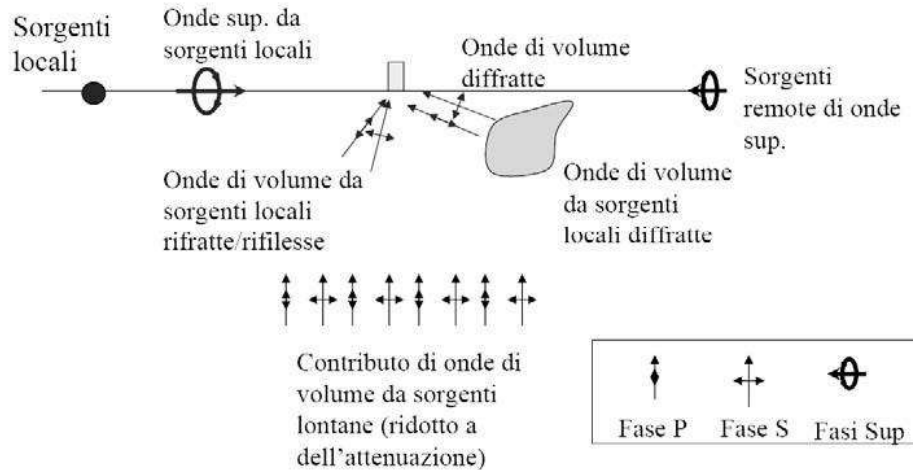


Figura 1: Modalità di generazione e propagazione di microtremore

Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartato dalla sismologia classica, contiene informazioni.

Questa informazione è però correlata alle caratteristiche frequenziale e spettrali del cosiddetto "rumore casuale" o microtremore, e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

Una di queste tecniche è la tecnica di analisi dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili sul comportamento frequenziale dei sottosuoli, informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

L'ottenimento di una stratigrafia sismica da indagini a stazione singola, deriva dai primi studi di Kanai (1957) in poi, per cui diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito.

Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

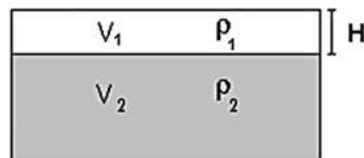
Purtroppo, esiste abbondante letteratura comprovante il fatto che l'ampiezza del picco H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice (cfr. Mucciarelli e Gallipoli, 2001; SESAME, 2005 e referenze ivi contenute).

Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche del metodo HVSR sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D).

Consideriamo il sistema della figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità e le diverse velocità delle onde sismiche.

Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $H$  del primo strato.

La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a (equazione 1):

$$(f_r) = V_s / 4H$$

$$(f_r) = V_p / 4H$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1.

Ciò significa che la curva  $H/V$  relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione 1.

L'utilità delle misure  $H/V$  risiede quindi nella possibilità di ricavare empiricamente la frequenza di sito e, a fianco di curve di dispersione date da misure *MASW*, a vincolare il modello  $V_s$  specie in profondità.

## SISTEMA DI ACQUISIZIONE – INDAGINI EFFETTUATE

La misura prevede la registrazione del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di geofono tridimensionale.

La strumentazione di acquisizione utilizzata per la presente indagine è un prospettore sismico SARA “SR04 GeoBox” a 3 canali completo di geofono 3D da superficie, che presenta le seguenti specifiche:

- trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza (2 Hz);
- amplificatori;
- digitalizzatore;
- frequenza di campionamento: 300 Hz;
- convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;

Lo strumento di misura è stato orientato secondo le direzioni geografiche (E e W).

Sono state eseguite n°1 registrazioni della durata di circa 20 minuti.

## ELABORAZIONE DEI DATI HVSR

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega il software *winMASW Academy* in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (*Site effects assessment using ambient excitations, 2005*).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale.

In fase di elaborazione vengono seguite le seguenti operazioni:

1. la registrazione viene suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
2. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
3. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
4. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano “stabili” ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato, che gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti “dominanti” e che la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

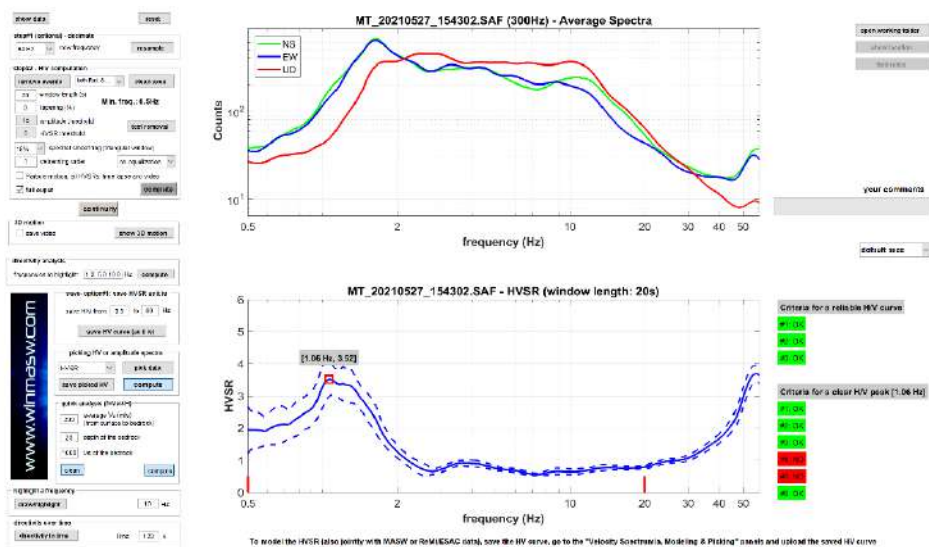
Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f0 – Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

Viene riportata anche la check-list proposta dalla procedura SESAME per l'ottenimento di una curva H/V affidabile.

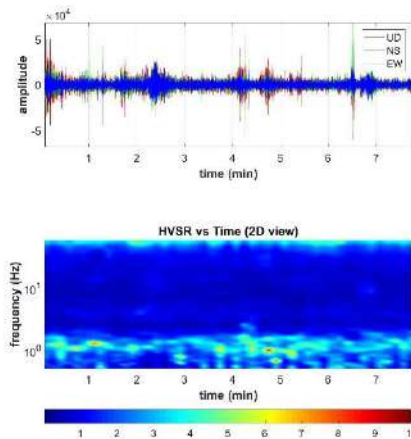
### HVSR 1

Dataset: MT\_20210527\_154302.SAF  
 Sampling frequency (Hz): 300  
 Window length (sec): 20  
 Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz  
 Length of analysed dataset (min): 10.0  
 Tapering (%): 0  
 Smoothing (%): 15

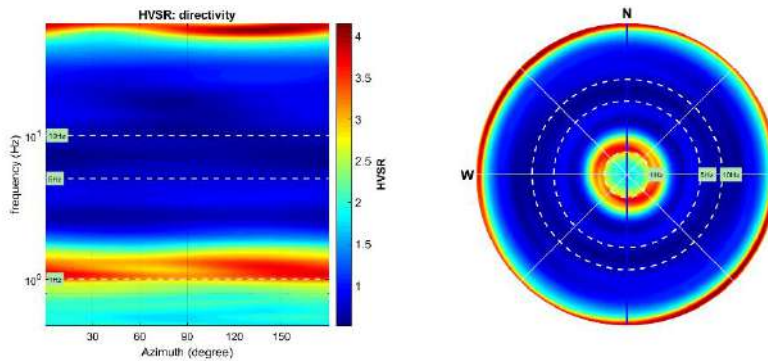
#### **SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI - RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE**



**PERSISTENZA H/V**



**DIREZIONALITA' H/V**



**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 1.1

Peak HVS value: 3.5

**==== Criteria for a reliable H/V curve =====**

- #1.  $[f_0 > 10/L_w]$ :  $1.062 > 0.5$  (OK)
- #2.  $[n_c > 200]$ :  $999 > 200$  (OK)
- #3.  $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

**==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====**

- #1.  $[\text{exists } f_- \text{ in the range } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f_-) < A_0/2]$ : yes, at frequency 0.5Hz (OK)
- #2.  $[\text{exists } f_+ \text{ in the range } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f_+) < A_0/2]$ : yes, at frequency 1.8Hz (OK)
- #3.  $[A_0 > 2]$ :  $3.5 > 2$  (OK)
- #4.  $[f_{\text{peak}}[A_{h/v}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (NO)
- #5.  $[\sigma_{f_0} < \epsilon(f_0)]$ :  $0.261 > 0.106$  (NO)
- #6.  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $1.106 < 1.78$  (OK)

*Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities. Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change*

## INDAGINI MASW

### GENERALITA'

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love) fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Negli ultimi decenni l'analisi delle onde di superficie si è dimostrata un utile strumento per la determinazione del profilo verticale VS non più solamente per studi di carattere crostale (e.g. Evison et al., 1959) ma anche per indagini *near surface* (Stokoe et al., 1988; Glangaud et al., 1999; Park et al., 1999; Xia et al., 1999; 2004; Shtivelman, 1999; 2002; Foti et al., 2000; Louie, 2001; O'Neill et al., 2006; Dal Moro et al., 2007; Dal Moro & Papan, 2007).

La sismica a rifrazione ad onde di corpo (P ed S) ha così trovato una valida integrazione, in grado di superare i limiti connessi al canale a bassa velocità (*Low Velocity Layer - LVL*) ed allo strato nascosto (*blind layer*).

Nel seguito faremo riferimento al metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità.



## SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati per indagini MASW deve essere effettuato uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale per generare onde di Rayleigh e/o una "di taglio" per quelle di Love.

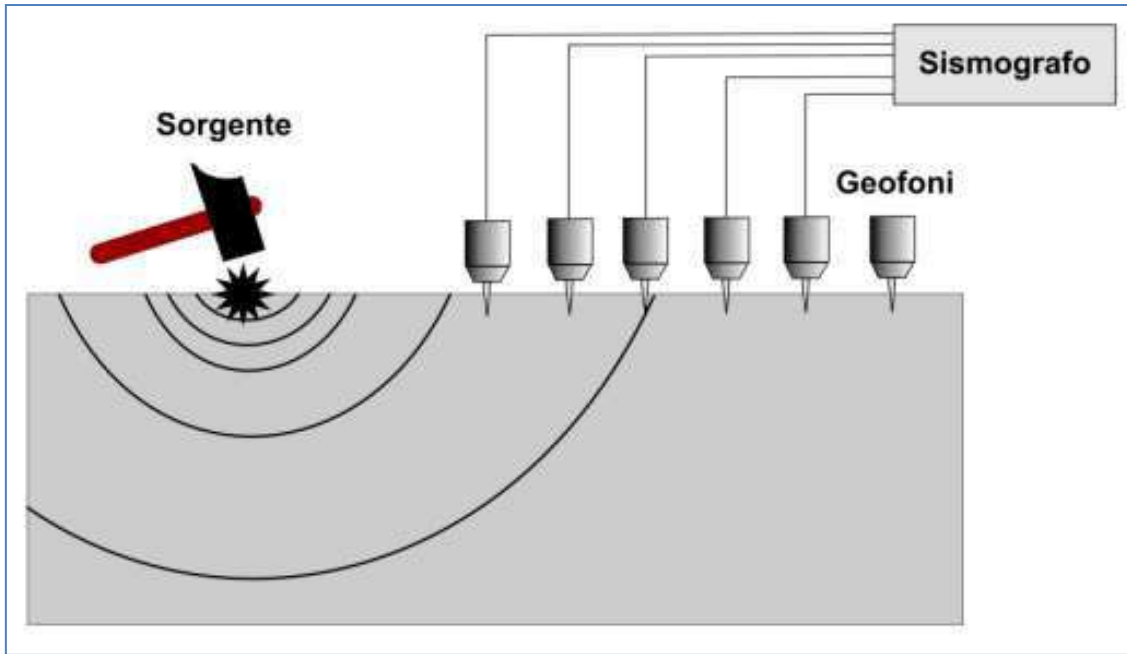


Figura 2: Esempio schematico di stendimento sismico tipo MASW

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico Ambrogeo Echo 24/2002 a 16 bit, collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz in configurazione ZVF per acquisire la componente verticale dell'onda di Rayleigh.

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazza da 10 kg.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (gefono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta.

## INDAGINI EFFETTUATE

Sono state eseguite n°1 prospezioni sismiche tipo MASW in onde di Rayleigh (componente verticale ZVF).

Le acquisizioni sono state eseguite in base alle seguenti configurazioni:

CONFIGURAZIONE INDAGINE MASW1	
N° geofoni	24 (orizzontali Geospace Oyo 4.5 Hz)
Interasse geofoni	1.5 m
Off-sets sorgente (da ciascun estremo)	G1: 5m; 6.5m
Sorgente	mazza da 10kg



Figura 3: Stendimento sismico MASW1

## ELABORAZIONE CONGIUNTA DEI DATI MASW E HVSR

I dati acquisiti sono stati elaborati utilizzando il software *winMASW Academy*.

L'elaborazione dei dati si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

1. si caricano il file acquisiti in campagna (files SEGY)
2. calcolo dello spettro di velocità (che rappresenta, in scala colorimetrica, le ampiezze delle onde in funzione della velocità di fase e della frequenza)
3. identificazione della curva di dispersione
4. modellazione congiunta considerando la dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V

L'analisi dei dati è stata quindi svolta considerando congiuntamente, dispersione delle onde di Rayleigh e rapporto spettrale H/V della registrazione HVSR 1 eseguita nelle immediate vicinanze della linea MASW1.

La modellazione è riportata nelle Figure 4 e 5 mentre il modello finale è riportato in Pagina 16.

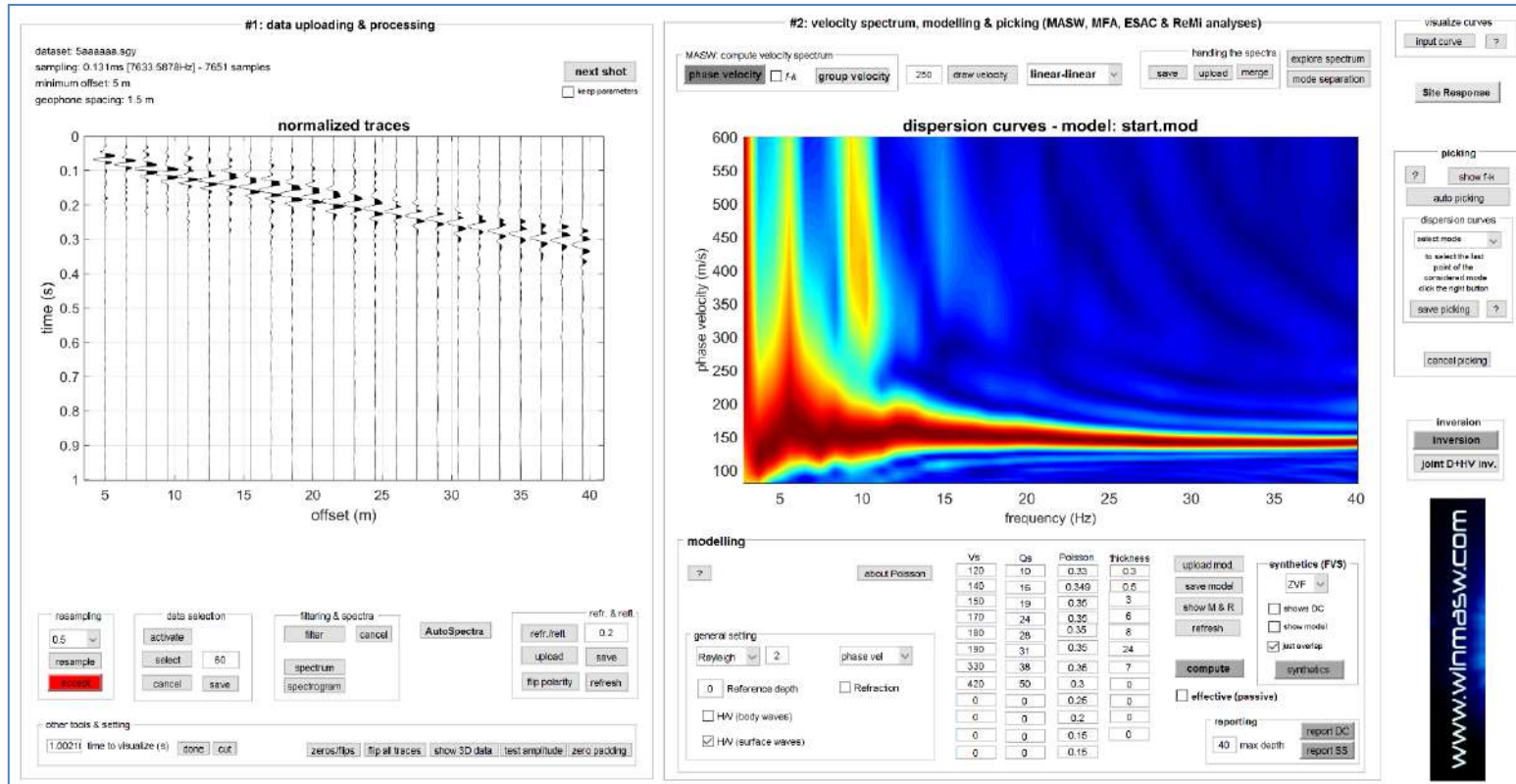


Figura 4: Sulla sinistra le tracce sismiche relative alla componenti ZVF e sulla destra i relativi spettri di velocità

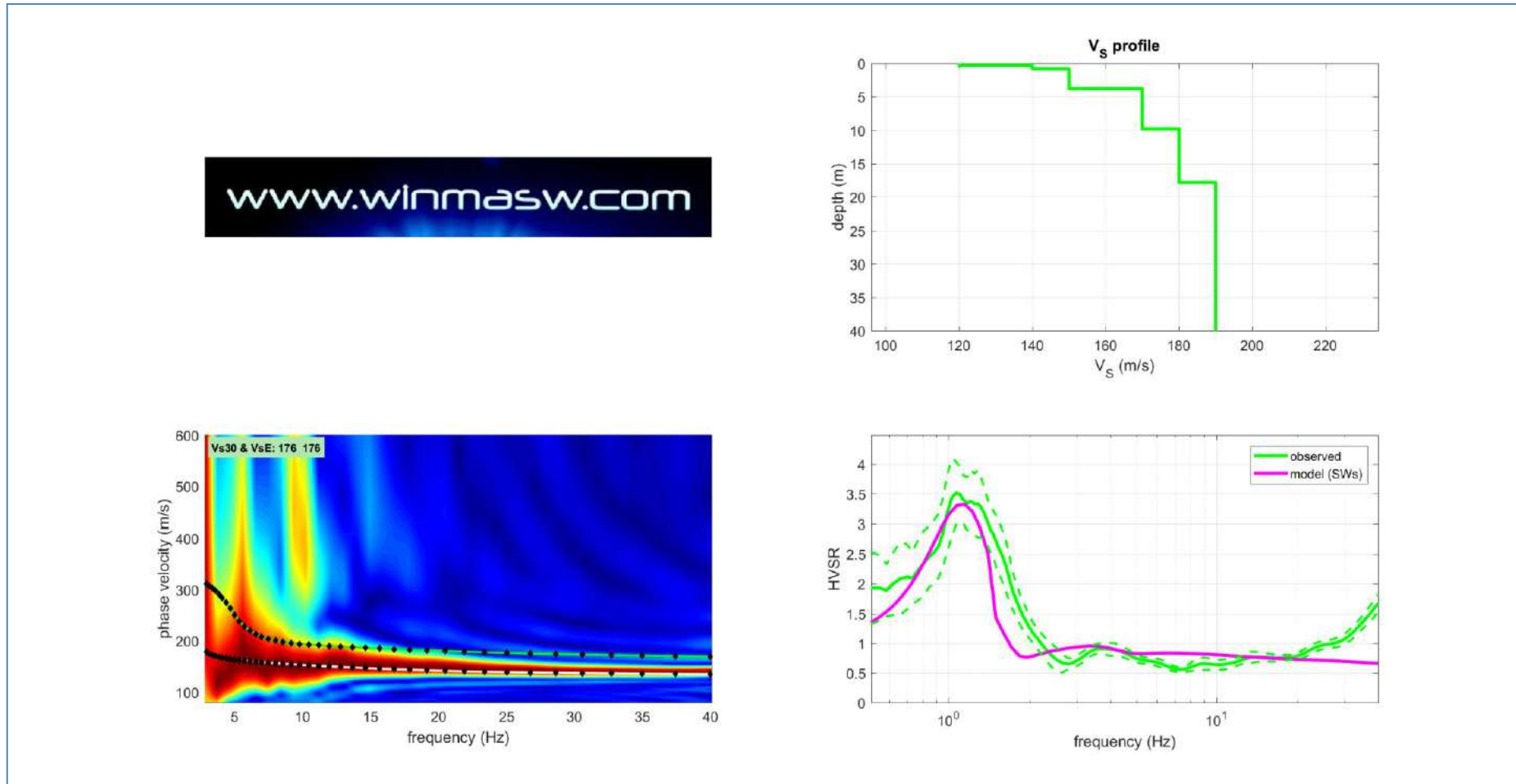


Figura 5 Sulla sinistra gli spettri di velocità relativi alla componenti ZVF con in sovrapposizione le curve di dispersione per l'onda di Rayleigh; Sulla destra in basso in verde le misure HVSR effettuate in sito e in magenta la curva HVSR modellata tramite ellitticità delle onde di superficie (Lunedei & Albarello, 2009); in alto il modello usato per la modellazione.

**Mean model**

Vs (m/s): 120, 140, 150, 170, 180, 190, 330, 420

Thickness (m): 0.3, 0.5, 3.0, 6.0, 8.0, 24.0, 7.0

**Vs model (Vs30 & VsE: 176 176 m/s)**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	120	0.3000	0.3000
2	140	0.5000	0.8000
3	150	3	3.8000
4	170	6	9.8000
5	180	8	17.8000
6	190	24	41.8000
7	330	7	48.8000
8	420	0	0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.71 1.76 1.77 1.80 1.82 1.83 1.96 2.00

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 25 34 40 52 59 66 214 352

Analyzing Phase velocities

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 238 291 312 354 375 396 687 786

Poisson: 0.33 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30

Vs30 and VsE (m/s): 176 176

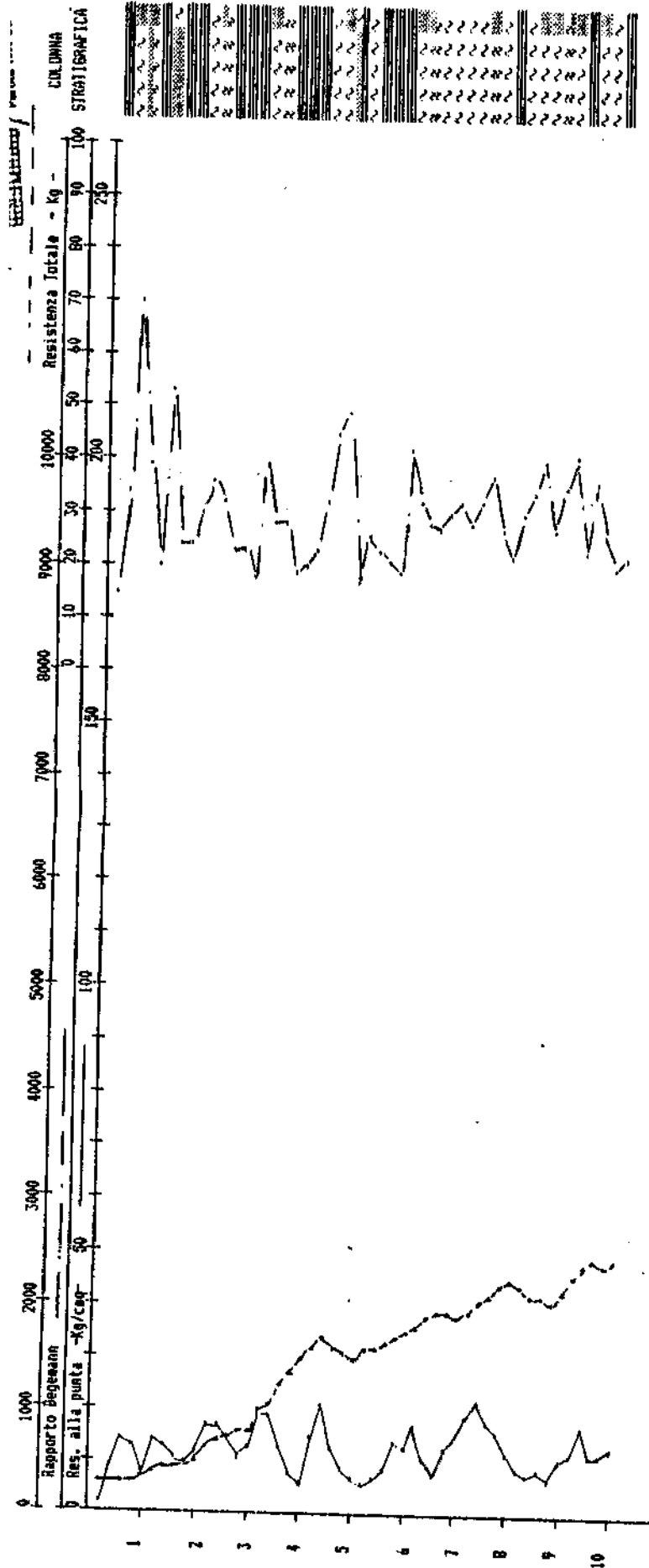
\*\*\*\*\*

San Giuliano Terme (PI),

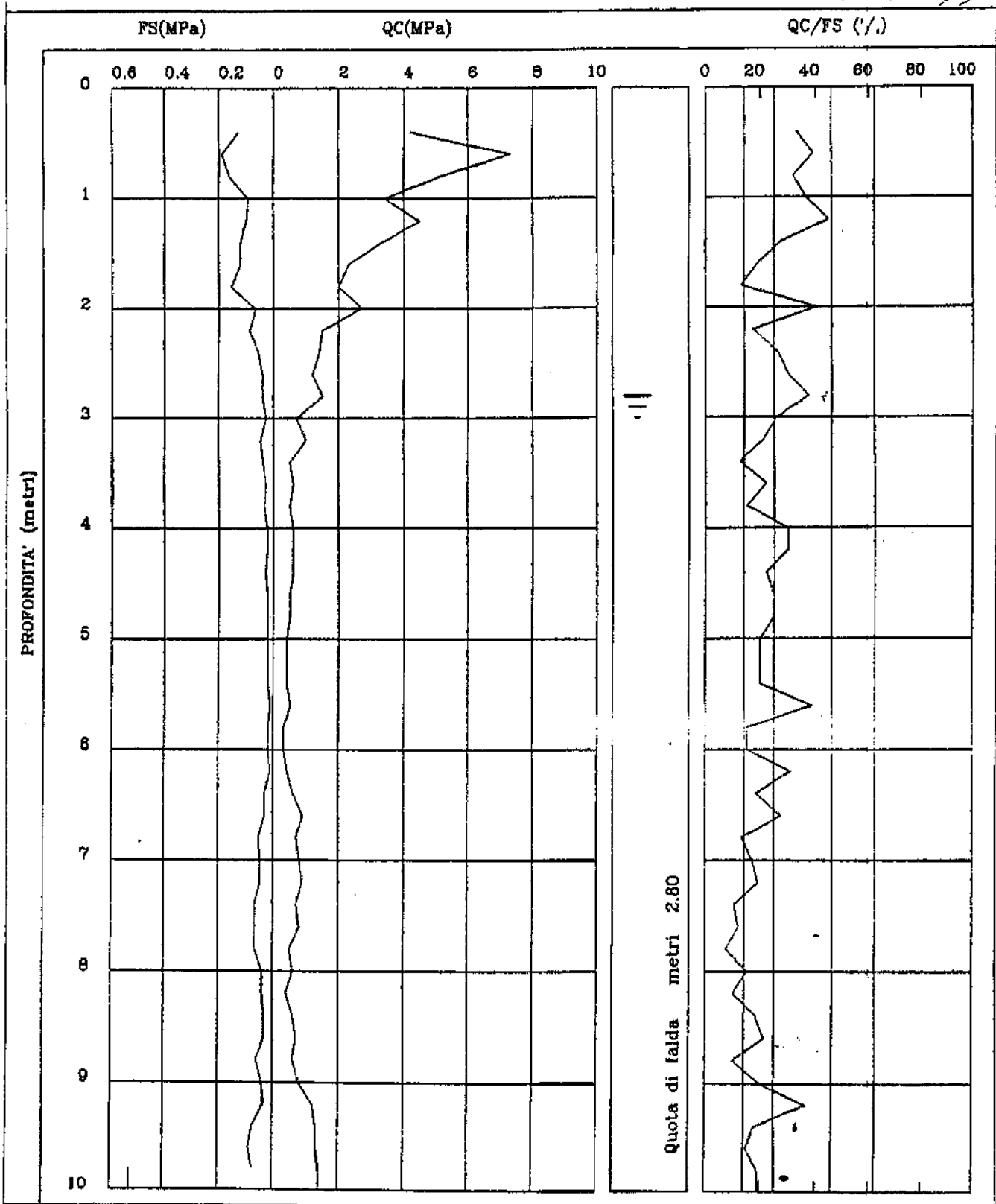
3 giugno 2021

**GAIA Servizi S.r.l.****Dott. Jacopo Martini**


N° 5012



N° 5033



PROFONDITA' (metri)

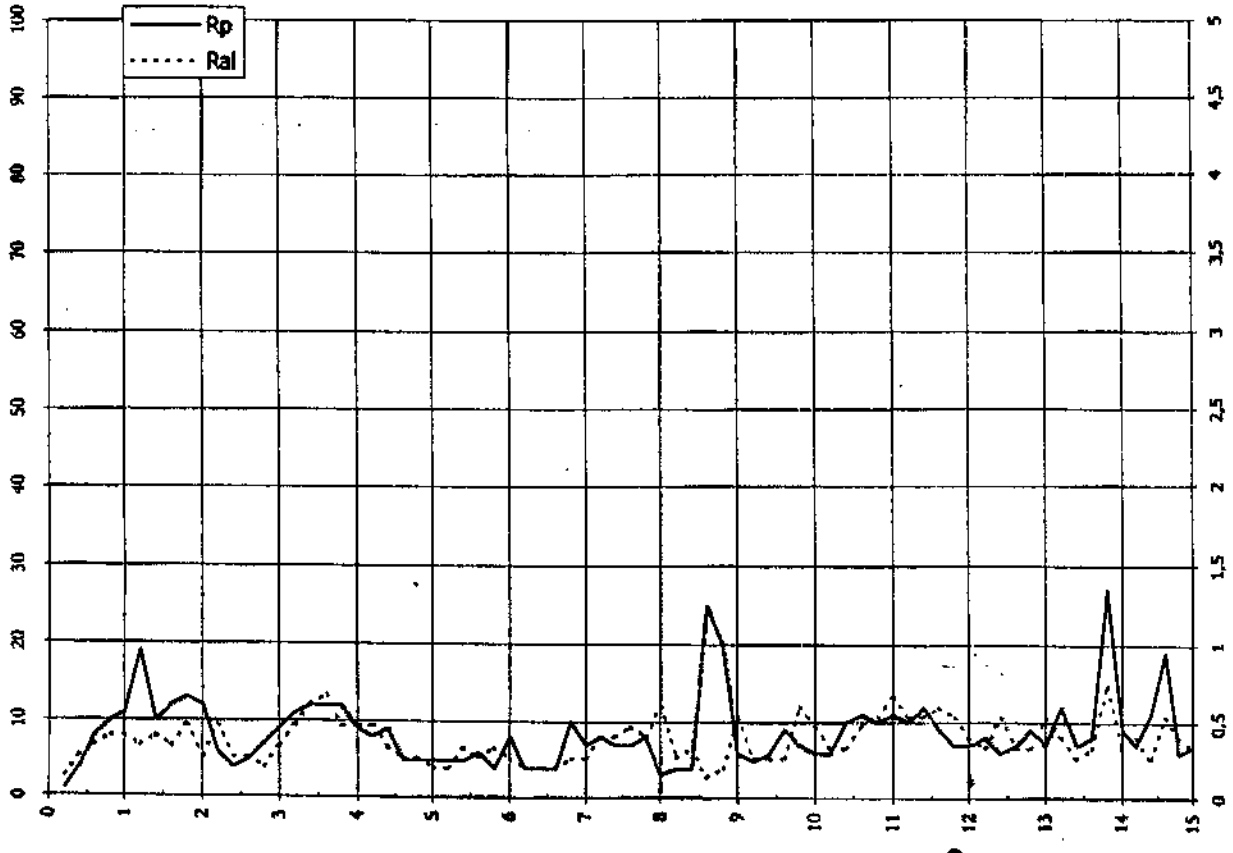
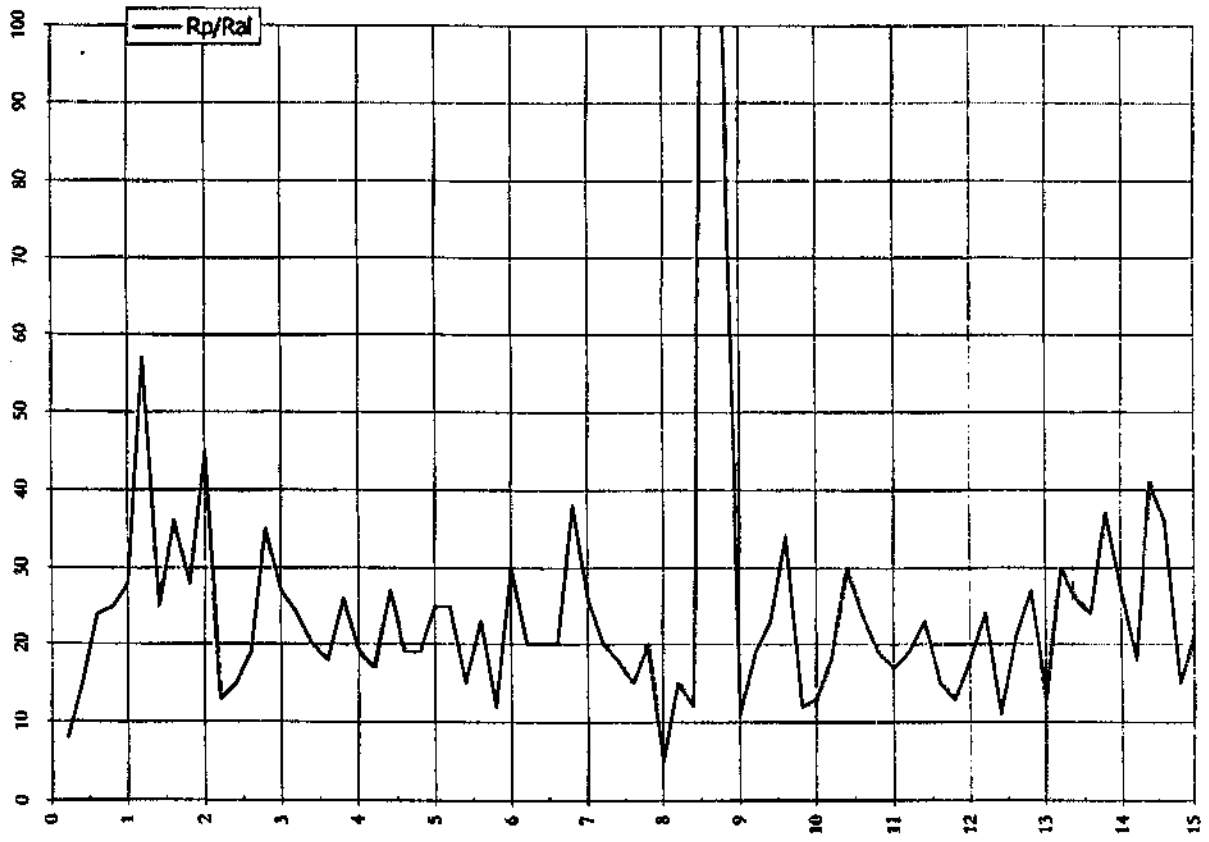
FS(MPa)

QC(MPa)

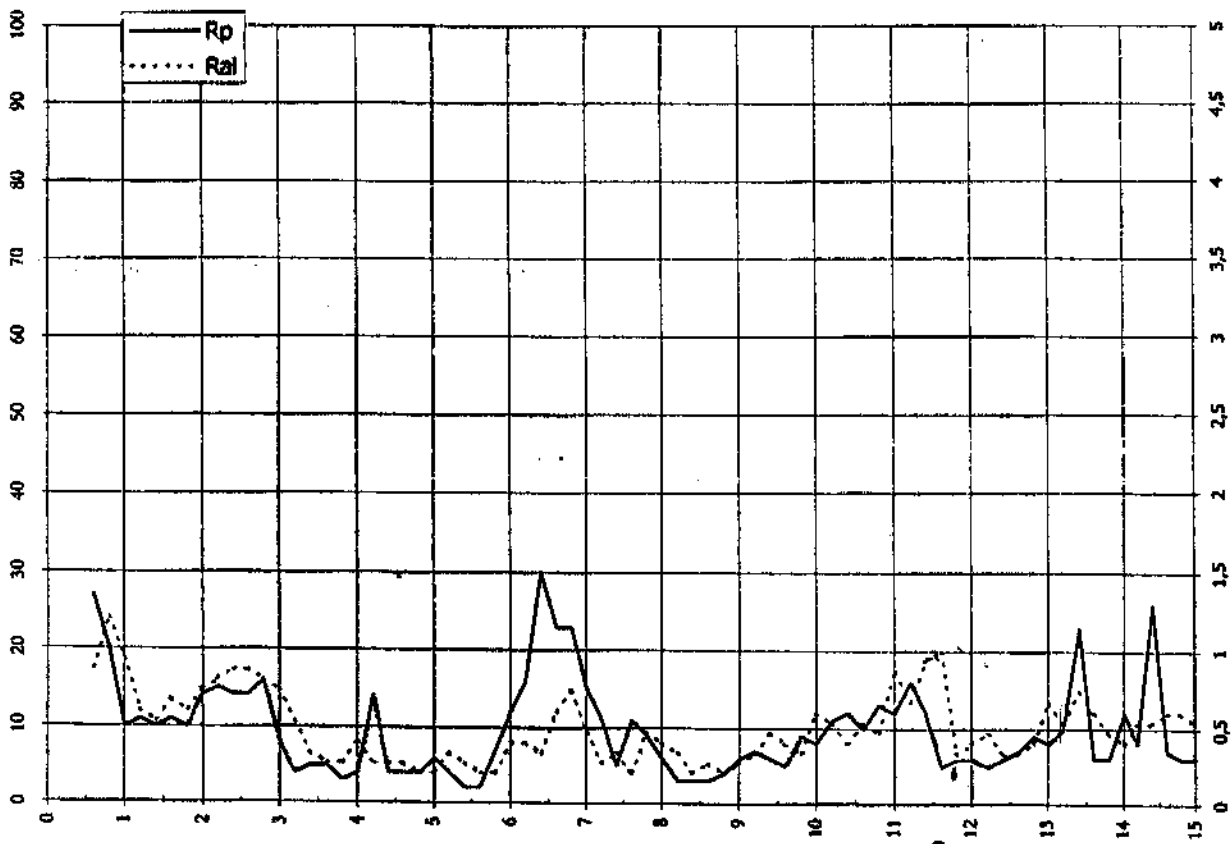
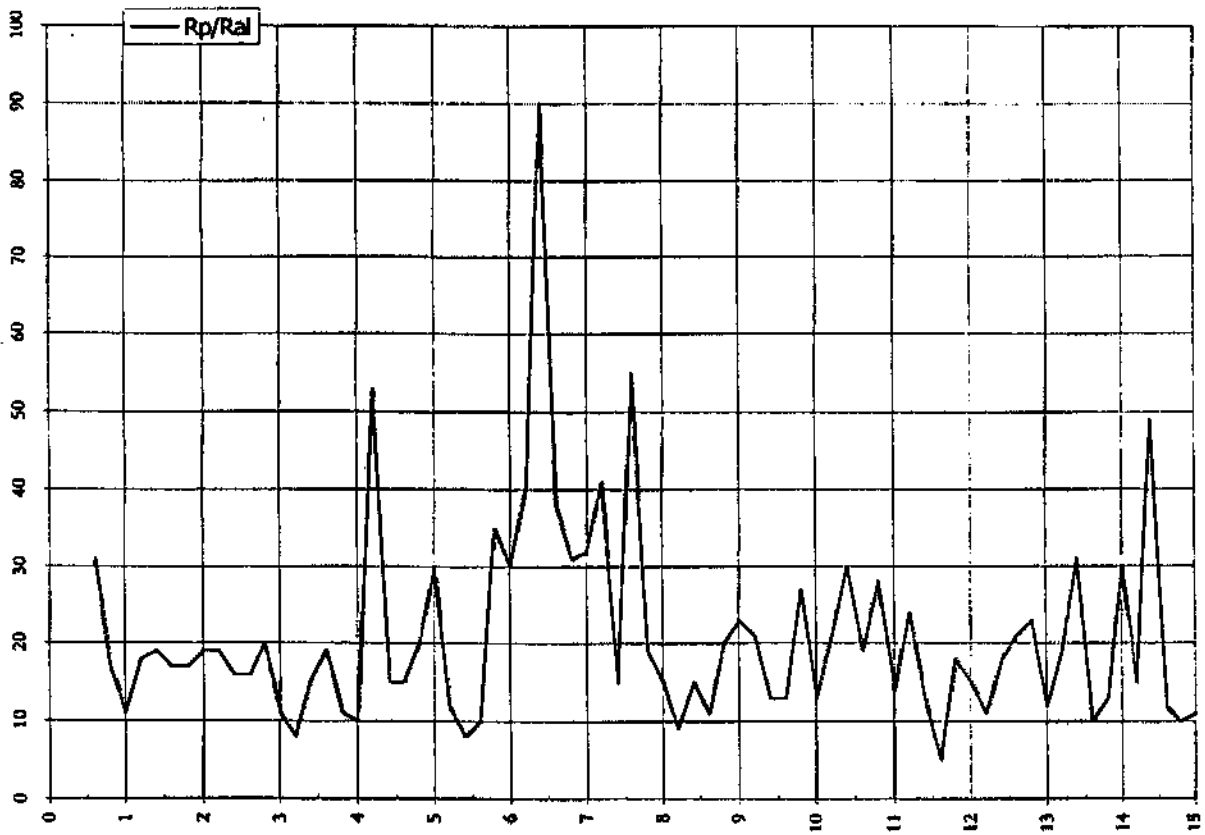
QC/FS (%)

Quota di falda metri 2.80

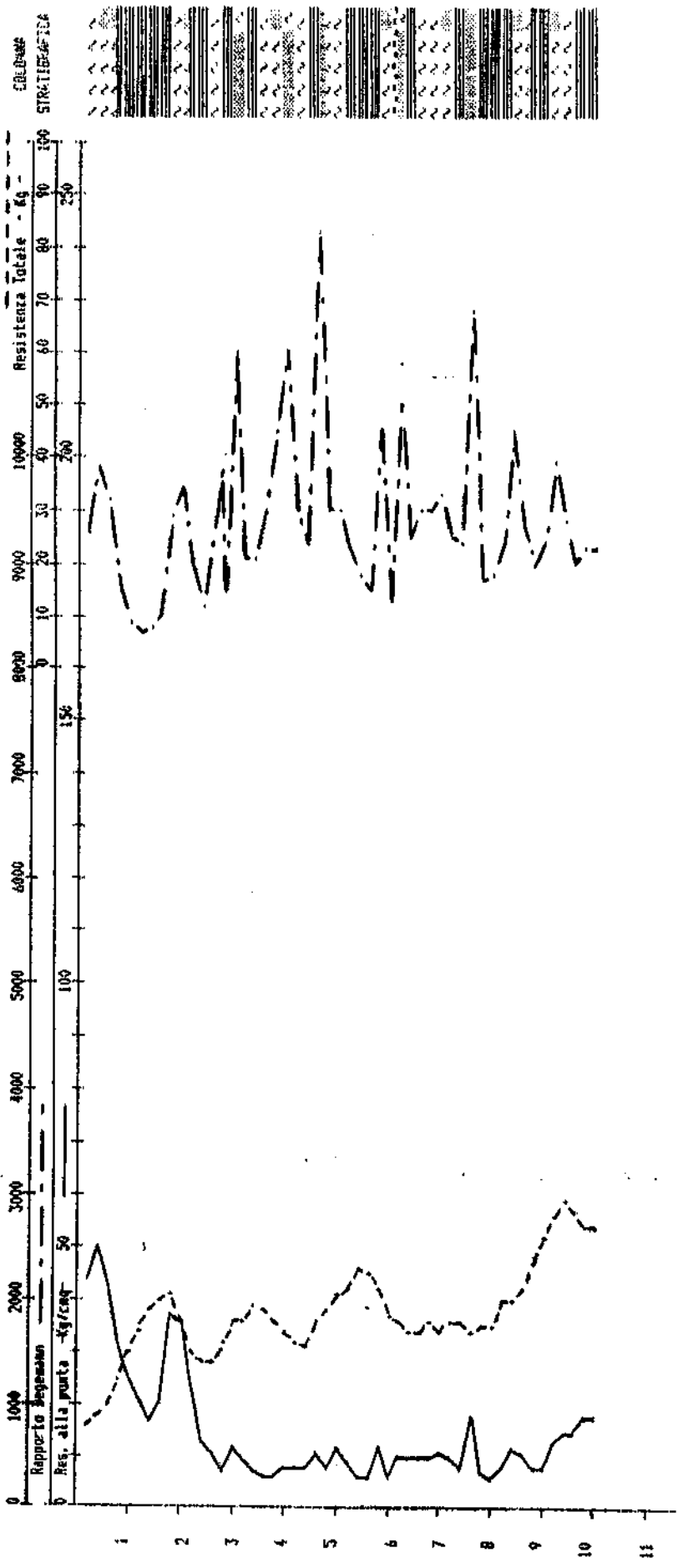




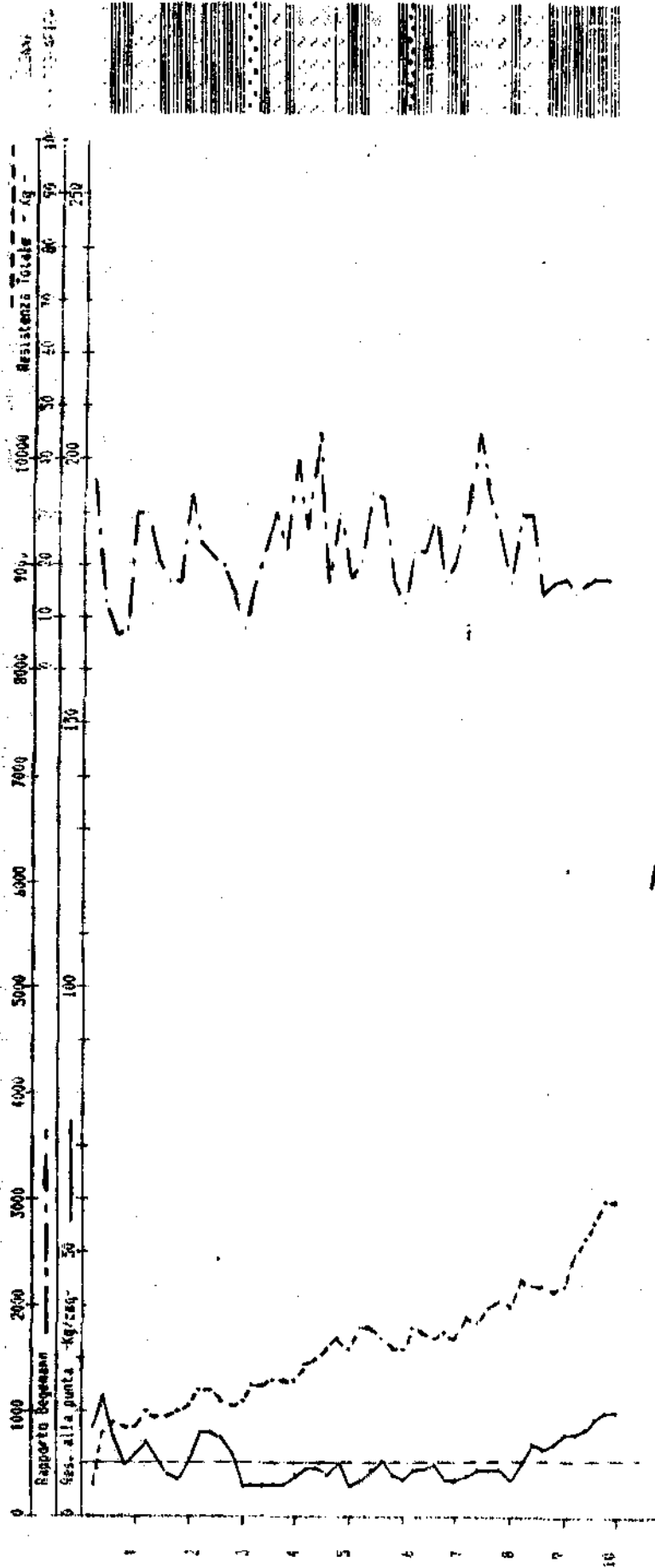
N°5039



N° 5041



N° 5370



A

N<sup>o</sup> 5370

Prof. (m)	Res. (Kg/cmq)	Coeff.	Mv (cmq/kg)	
0.20	17.00000	0.25	0.01471	68.00000
0.40	23.00000	0.25	0.01087	92.00000
0.60	15.00000	0.25	0.01667	60.00000
0.80	10.00000	0.25	0.02500	40.00000
1.00	12.00000	0.25	0.02083	48.00000
1.20	14.00000	0.25	0.01786	56.00000
1.40	11.00000	0.25	0.02273	44.00000
1.60	8.00000	0.25	0.03125	32.00000
1.80	7.00000	0.25	0.03571	28.00000
2.00	11.00000	0.25	0.02273	44.00000
2.20	16.00000	0.25	0.01562	64.00000
2.40	16.00000	0.25	0.01562	64.00000
2.60	15.00000	0.25	0.01667	60.00000
2.80	12.00000	0.25	0.02083	48.00000
3.00	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
3.20	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
3.40	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
3.60	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
3.80	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
4.00	8.00000	0.25	0.03125	32.00000
4.20	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
4.40	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
4.60	8.00000	0.25	0.03125	32.00000
4.80	10.00000	0.25	0.02500	40.00000
5.00	6.00000	0.25	0.04167	24.00000
5.20	70.00000	0.25	0.00357	280.00000
5.40	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
5.60	11.00000	0.25	0.02273	44.00000
5.80	8.00000	0.25	0.03125	32.00000
6.00	7.00000	0.25	0.03571	28.00000
6.20	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
6.40	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
6.60	10.00000	0.25	0.02500	40.00000
6.80	7.00000	0.25	0.03571	28.00000
7.00	7.00000	0.25	0.03571	28.00000
7.20	8.00000	0.25	0.03125	32.00000
7.40	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
7.60	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
7.80	9.00000	0.25	0.02778	36.00000
8.00	7.00000	0.25	0.03571	28.00000
8.20	10.00000	0.25	0.02500	40.00000
8.40	14.00000	0.25	0.01786	56.00000
8.60	13.00000	0.25	0.01923	52.00000
8.80	14.00000	0.25	0.01786	56.00000
9.00	16.00000	0.25	0.01562	64.00000
9.20	16.00000	0.35	0.02187	45.71429
9.40	17.00000	0.35	0.02059	48.57143
9.60	19.00000	0.35	0.01842	54.28572
9.80	20.00000	0.35	0.01750	57.14286
10.0	20.00000	0.35	0.01750	57.14286

N° 9043

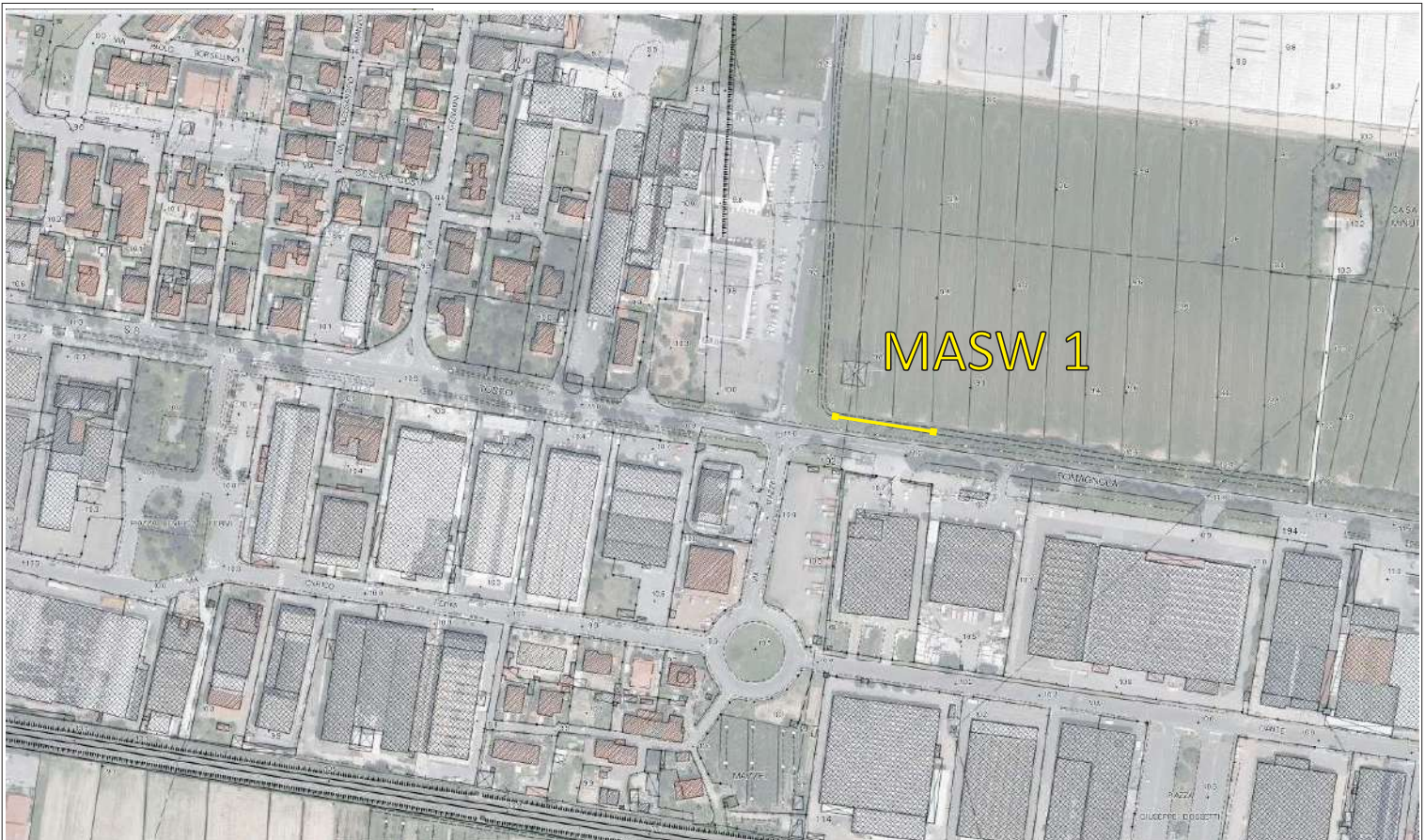
parametri geotecnici stimati

PROFONDITA' (metri)	Qc (Kg/cmq)	Ps (Kg/cmq)	Qc/Ps	Qt (Kgf)	Gamma (Kg/dmc)	Sigma IVO (Kg/cmq)	Pi (gradi)	Dp (%)	Cu (Kg/cmq)	wv (cmq/t)	Colonna Stratig.
0.2					1,80	,04	-	-	-	-	
0.4					1,80	,07	-	-	-	-	
0.6	8,1	,5	17	160	1,81	,11	-	-	,32	26,7	A
0.8	12,3	,6	21	210	1,91	,15	-	-	,49	21,0	A
1.0	10,3	,3	31	170	1,90	,18	-	-	,40	23,0	AL
1.2	8,3	,5	18	180	1,82	,22	-	-	,32	26,3	A
1.4	10,3	,4	26	250	1,90	,26	-	-	,40	23,0	A
1.6	16,3	,4	41	300	1,88	,29	-	-	,64	17,3	L
1.8	15,4	,7	23	340	1,91	,33	-	-	,60	19,6	A
2.0	15,4	,5	29	370	1,91	,37	-	-	,60	19,6	AL
2.2	10,4	,5	20	430	1,90	,41	-	-	,40	22,9	A
2.4	12,4	,5	27	440	1,91	,42	-	-	,48	20,9	AL
2.6	7,4	,5	16	460	1,50	,43	-	-	,28	44,5	T
2.8	7,5	,3	23	490	1,78	,45	-	-	,28	28,2	A
3.0	8,5	,3	26	560	1,83	,47	-	-	,32	25,9	A
3.2	8,5	,5	18	590	1,83	,48	-	-	,32	25,9	A
3.4	9,5	,5	20	620	1,88	,50	-	-	,36	24,1	A
3.6	8,5	,5	16	650	1,83	,52	-	-	,32	25,9	A
3.8	9,6	,5	18	640	1,88	,53	-	-	,36	24,0	A
4.0	6,6	,5	12	650	1,50	,54	-	-	,24	48,2	T
4.2	6,6	,4	17	650	1,50	,55	-	-	,24	48,2	T
4.4	6,6	,4	17	700	1,50	,56	-	-	,24	48,2	T
4.6	7,6	,4	19	720	1,78	,58	-	-	,28	28,0	A
4.8	8,7	,4	22	730	1,84	,60	-	-	,32	25,5	A
5.0	6,7	,4	17	740	1,50	,61	-	-	,24	47,7	T
5.2	6,7	,3	20	760	1,74	,62	-	-	,24	30,7	A
5.4	4,7	,3	18	790	1,48	,63	-	-	,16	62,8	T
5.6	5,7	,1	43	810	1,63	,64	-	-	,20	34,1	L
5.8	4,9	,3	15	820	1,48	,65	-	-	,17	60,7	T
6.0	5,9	,2	30	860	1,70	,67	-	-	,21	33,9	AL
6.2	7,9	,3	30	900	1,80	,68	-	-	,29	27,2	AL
6.4	7,9	,5	17	930	1,80	,70	-	-	,29	27,2	A
6.6	9,9	,5	19	970	1,90	,72	-	-	,37	23,5	A
6.8	9	,7	14	990	1,52	,73	-	-	,33	39,3	T
7.0	7	,5	15	1010	1,50	,74	-	-	,25	46,2	T
7.2	5	,4	13	1010	1,48	,75	-	-	,17	59,7	T
7.4	6	,3	18	1120	1,70	,76	-	-	,21	33,4	A
7.6	22	,5	41	1140	1,71	,78	-	-	,85	15,2	L
7.8	6,2	,4	16	1190	1,49	,78	-	-	,22	50,5	T
8.0	10,2	,3	31	1120	1,90	,80	-	-	,38	23,1	AL
8.2	12,2	,7	17	1290	1,90	,82	-	-	,46	21,1	A
8.4	26,2	,4	66	1310	1,73	,84	31	26	-	12,7	SS
8.6	23,2	,7	32	1450	1,72	,85	-	-	,89	14,4	L
8.8	33,3	,5	62	1650	1,77	,87	32	34	-	10,0	SS
9.0	31,3	1,1	29	1770	1,76	,88	29	-	-	10,6	SL
9.2	23,3	1,3	18	1370	1,93	,90	-	-	,90	17,2	A
9.4	16,3	1,3	12	1420	1,59	,91	-	-	,62	22,7	T
9.6	21,3	,5	46	1170	1,71	,93	-	-	,81	15,6	L
9.8	12,4	,5	27	1140	1,91	,94	-	-	,46	20,9	AL
10.0	9,4	,5	20	1200	1,87	,96	-	-	,34	24,3	A

# INDAGINE MASW INTEGRATIVA VALDERA - STAZIONE N. 1



documentazione fotografica



ubicazione su fotosat / CTR scala 1:4.000

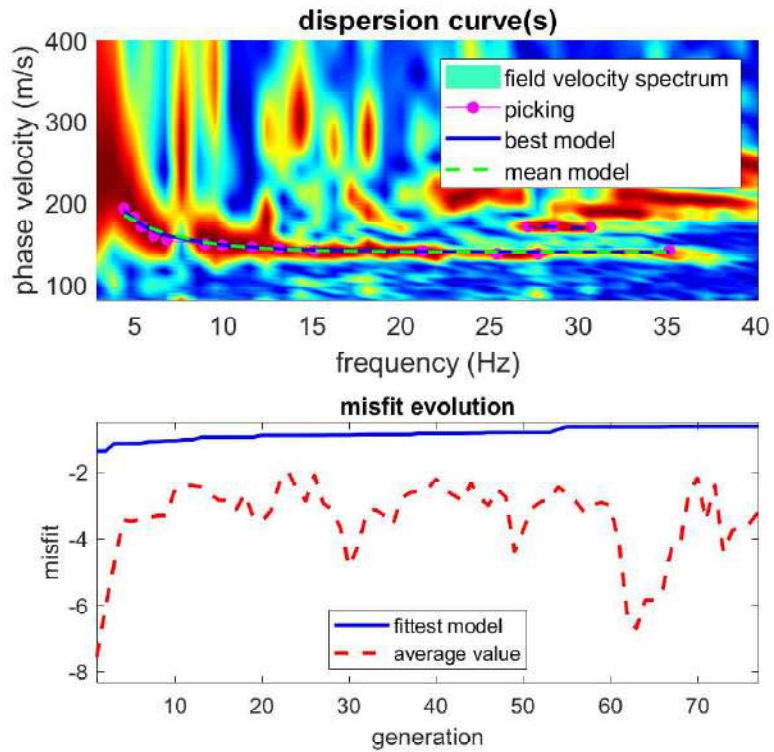
coordinate centro stendimento : 43.668701 - 10.597585

contesto globale : bordo abitato

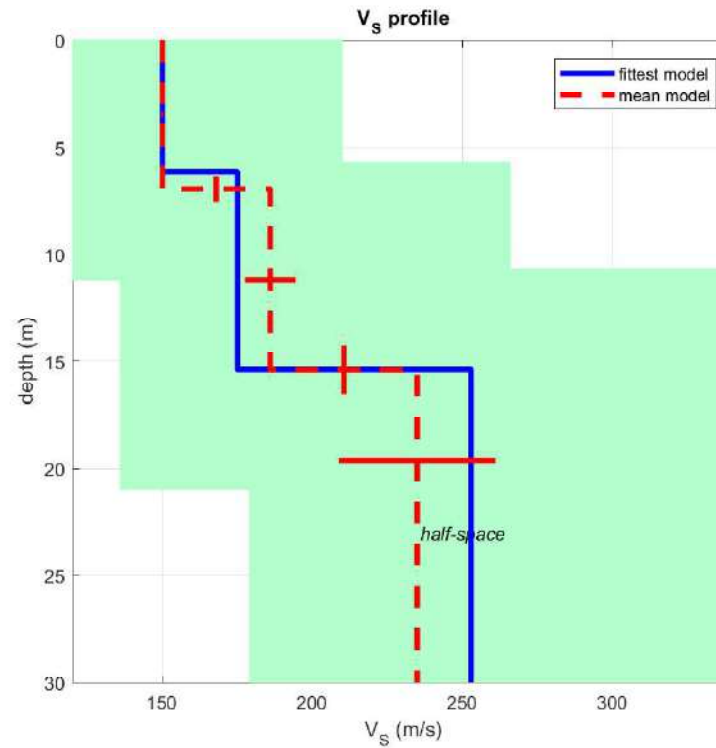
contesto locale : limite area a prato/seminativo

condizioni climatiche : nuvoloso

rumori/disturbi : traffico intenso



[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



dataset: 7510.sgy  
 dispersion curve: 7510.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 198 198 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 195 195 m/s

**Mean model**

Vs (m/s): 150, 186, 235

Standard deviations (m/s): 0, 8, 26

Thickness (m): 7.0, 8.4

Standard deviations (m/s): 0.6, 1.2



```

===== SECTION#1
dataset: 7510.sgy
sampling (ms): 1.024
minimum offset (m): 7.5
geophone spacing (m): 2.5
offsets (m): 7.5      10      12.5      15      17.5
20      22.5      25      27.5      30      32.5      35
      37.5      40      42.5      45      47.5      50
      52.5      55      57.5      60      62.5      65
Dispersion curve: 7510.cdp
Number of individuals: 32
Number of generations: 61

```

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 107 136 179  
Adopted search space (maximum Vs): 210 266 350

Adopted search space (minimum Poisson): 0.16516 0.17524 0.17484  
Adopted search space (maximum Poisson): 0.49549 0.499 0.499

Adopted search space (minimum Qs): 7.5 12 14.25  
Adopted search space (maximum Qs): 15 24 28.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
Adopted search space (maximum reference frequency): 35.135

Adopted search space (minimum thickness): 5.7143 5  
Adopted search space (maximum thickness): 11.2 9.8

Output folder:

E:\SISMICA\valdera\_calcinaia\forncette-valdera-calcinaia-ba\output\_disp

```

===== SECTION#2
Rayleigh-wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -7.5762
-1.3853
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -6.0675
-1.3853
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -4.7636
-1.1663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -3.4516
-1.1663
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -3.4884
-1.1639
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -3.4346
-1.1639
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -3.3849

```

```

-1.1096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -3.3212
-1.1096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -3.3195
-1.0813
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -2.5347
-1.0813
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -2.4262
-1.0502
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -2.4259
-1.0502
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -2.4717
0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -2.6851
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -2.8599
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -2.879
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -3.1525
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -2.6684
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -3.3793
-0.96888
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -3.4943
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -3.1792
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -2.3458
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -1.9934
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -2.5483
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -2.8902
-0.91365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -2.1032
-0.91337
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -2.9457
-0.91337
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -3.141
-0.90387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -3.6921
-0.90387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -4.8634
-0.90387
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -4.2647
-0.891
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -3.2117
-0.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -3.147
-0.88716
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -3.3168

```

-0.88716  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -3.5946  
-0.88716  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -2.8275  
-0.88716  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -2.6323  
-0.88716  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -2.5974  
-0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -2.5337  
-0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -2.2302  
0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -2.5519  
-0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -2.7178  
-0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -2.8785  
-0.86155  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -2.364  
-0.85626  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -2.7902  
-0.85626  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -3.0209  
-0.83771  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -2.5391  
-0.83771  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -2.7711  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -4.4072  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -3.7541  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -3.1017  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -2.9132  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -2.861  
-0.83622  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -2.4763  
-0.74269  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -2.6698  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -2.8937  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -3.2241  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -3.0049  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -2.9246  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -3.0286  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -4.16

-0.66559

Adopted search space (minimum Vs): 107 136 179  
Adopted search space (maximum Vs): 210 266 350

Adopted search space (minimum Qs): 7.5 12 14.25  
Adopted search space (maximum Qs): 15 24 28.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1  
Adopted search space (maximum reference frequency): 35.135

Adopted search space (minimum Poisson): 0.16516 0.17524 0.17484  
Adopted search space (maximum Poisson): 0.49549 0.497 0.497

Adopted search space (minimum thickness): 5.7143 5  
Adopted search space (maximum thickness): 11.2 9.8

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -6.4383  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -6.7243  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -5.8531  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -5.8488  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -5.5961  
-0.66559  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -4.3543  
-0.65454  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -4.2041  
-0.65454  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -2.6844  
-0.65454  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -2.1917  
-0.65454  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -3.4761  
-0.65061  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -2.4195  
-0.65061  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -4.4227  
-0.65061  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -3.7633  
-0.65061  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -3.6773  
-0.65061  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -3.5541  
-0.65048  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -3.2299  
-0.65048

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):  
Vs (m/s): 150 175 253  
Thickness (m): 6.2 9.2

Number of models considered to calculate the average model: 222

#####  
RESULTS  
#####

Dataset: 7510.sgy  
Analyzed curve/spectrum: 7510.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL  
Vs (m/s): 150 186 235  
Standard deviations (m/s): 0 8 26

Thickness (m): 7.0 8.4  
Standard deviations (m): 0.6 1.2

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus  
Vp (m/s): 267 351 512  
Density (gr/cm3): 1.74 1.80 1.89  
Vp/Vs ratio: 1.78 1.89 2.18  
Poisson: 0.27 0.30 0.37  
Shear modulus (MPa): 39 62 104  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
4.39771	184.6678
4.97548	178.0306
5.37992	173.6501
6.07324	167.0847
6.82434	161.403
8.96208	151.0283
9.94429	148.0499
11.6198	144.5174
13.122	142.4837
15.1442	140.7939
21.2108	138.9185

25.4285	138.5906
27.7396	138.5136
35.135	138.4292

First higher mode

Mean model  
27.1618 172.9024  
28.6062 170.8478  
30.6862 168.0774

----- SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 150 175 253  
thickness (m): 6.1646 9.2293

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 275 302 1521  
Density (gr/cm3): 1.74 1.76 2.16  
Vp/Vs ratio: 1.83 1.73 6.01  
Poisson: 0.29 0.25 0.49  
Shear modulus (MPa): 39 54 138  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.39771	190.1983
4.97548	179.1301
5.37992	172.8089
6.07324	164.7884
6.82434	159.0015
8.96208	150.2669
9.94429	147.9591
11.6198	145.1251
13.122	143.349
15.1442	141.7186
21.2108	139.595
25.4285	139.141
27.7396	139.0216
35.135	138.8736

First higher mode)

best model  
27.1618 171.3368  
28.6062 170.1132  
30.6862 168.3614

Analyzing phase velocities

===== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 30 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 195 195 m/s

Vs30 & VsE (best model): 198 198 m/s

----- SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder

"E:\SISMICA\valdera\_calcinaia\fornacette-valdera-calcinaia-ba\output\_disp".

=====

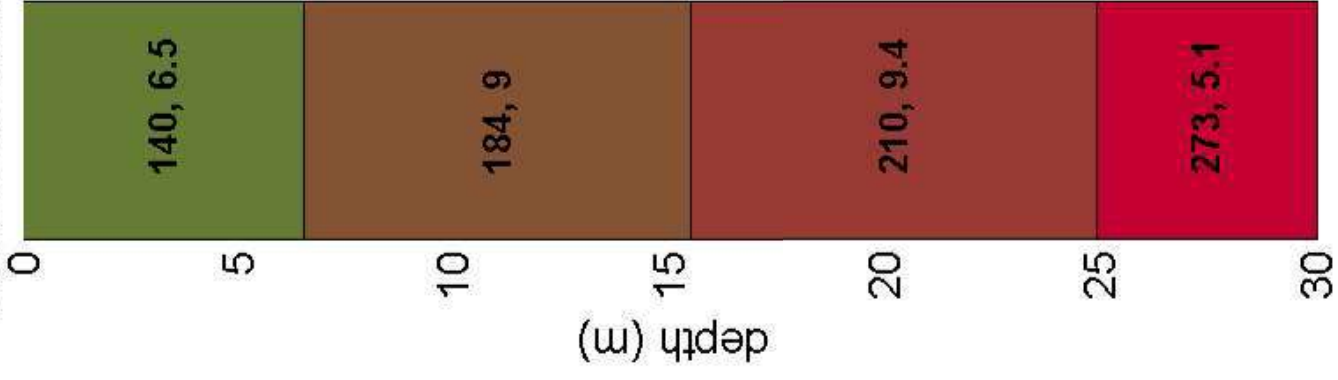
winMASW - Surface Waves & Beyond  
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 222

Vs30 for the best model: 198 198

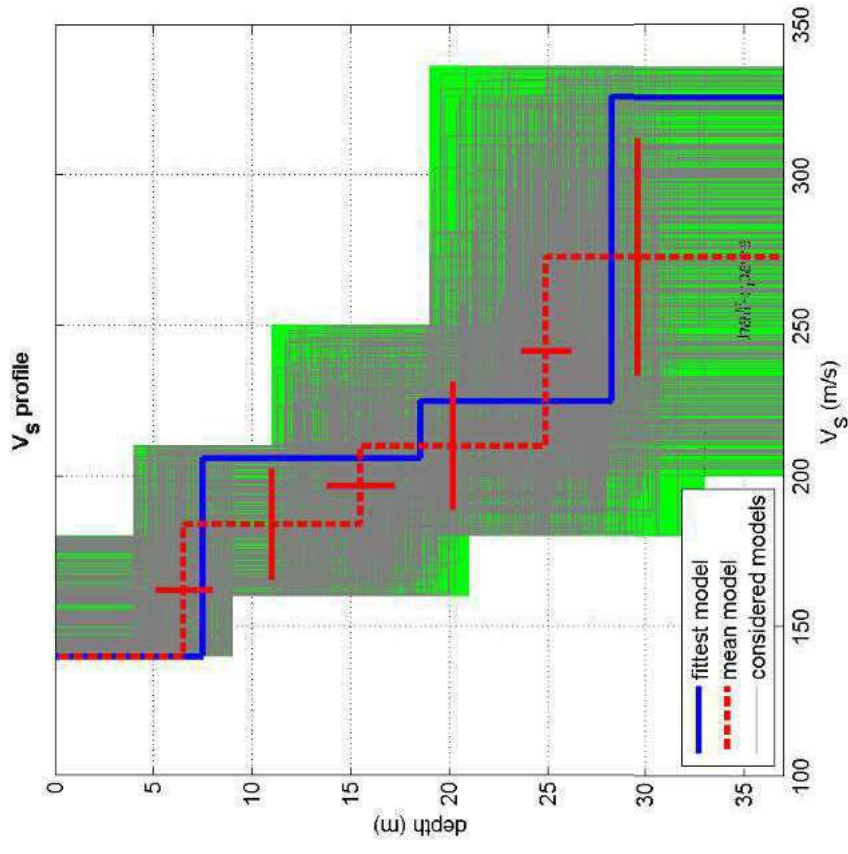
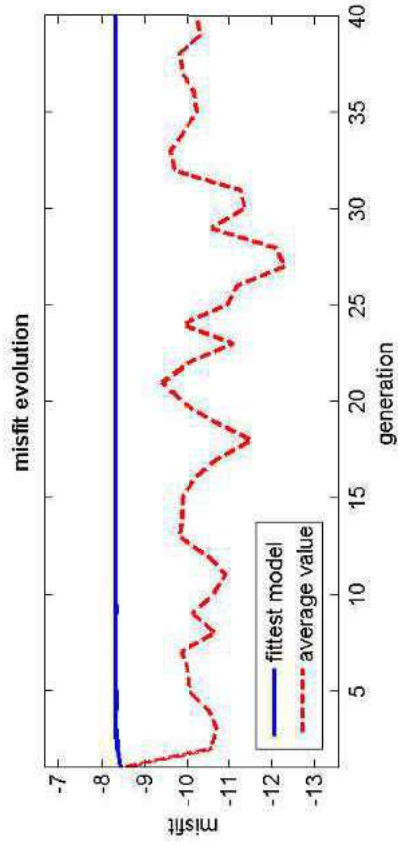
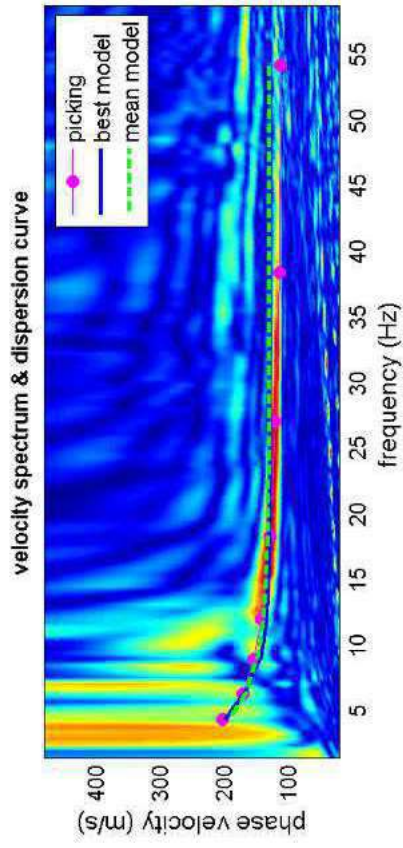
***Allegato 1***

## Subsurface model



$V_s$   
(m/s)

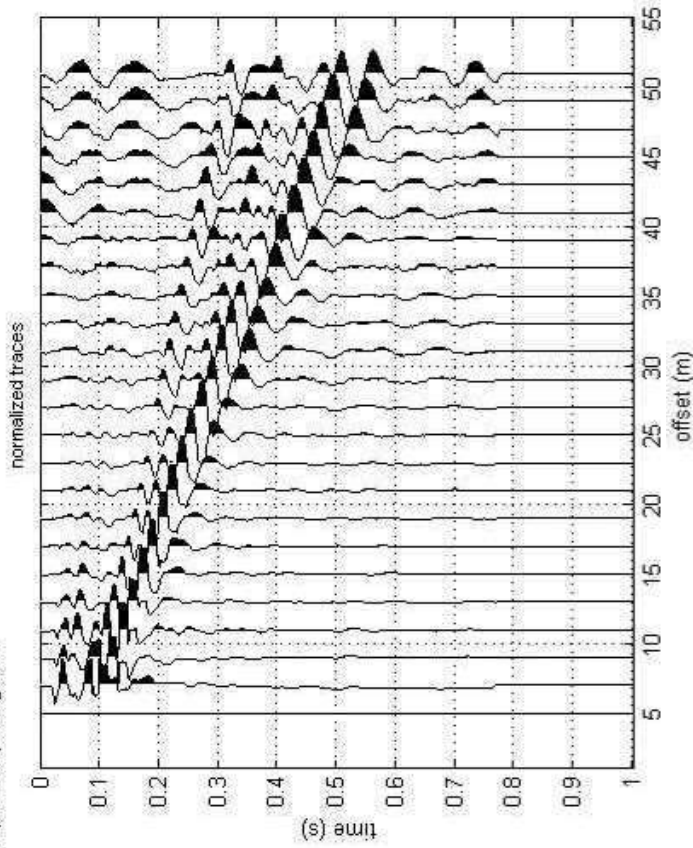
thickness  
(m)



dataset: 5msp2.SGY  
 dispersion curve: 5m.cdp  
 $V_{s30}$  (best model): 193 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 189 m/s

### #1: uploading & processing (MA SW analyses)

dataset: 5msp2.SGY  
 sampling: 0.131 ms  
 minimum offset: 5 m  
 geophone spacing: 2 m



resampling: 1

data selection:

filtering & spectra:

refraction:

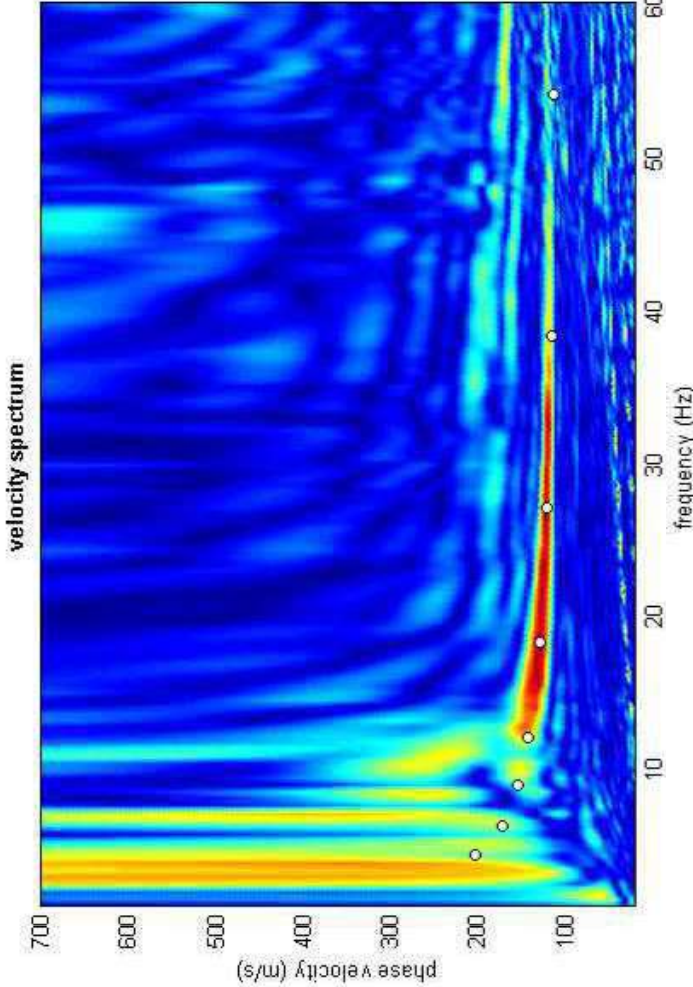
other tools & setting:

### #2: velocity spectrum, modelling & picking (MA SW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

phase velocity  f-k

handling the spectra



general setting:     Reference depth  Refraction  H/V body waves  H/V modes (SW ellipticity)

Vs (m/s):

Poisson:

thickness (m):

modelling:    elastic  shows DC

visualize curves

picking

fundamental

to select the last point of the considered mode click the right button

5m.cdp

inversion



***Allegato 2***

## Analyzing phase velocities

```

==o== SECTION#1
dataset: 5msp2.SGY
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: 5m.cdp
Number of individuals: 40
Number of generations: 31

```

## Rayleigh-wave dispersion analysis

## Analyzing phase Velocities

```

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 140    4   160    7   180    8   200
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 180    9   210   12   250   12   336
Adopted Poisson values: 0.4      0.35      0.35      0.35

```

Output folder: C:\Users\Beppe\Desktop\output\_disp

## ==o== SECTION#2

```

Rayleigh wave analysis
Analyzing phase velocities

```

```

==o== SECTION#1
dataset: 5msp2.SGY
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: 5m.cdp
Number of individuals: 40
Number of generations: 31

```

## Rayleigh-wave dispersion analysis

## Analyzing phase velocities

```

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 140    4   160    7   180    8   200
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 180    9   210   12   250   12   336
Adopted Poisson values: 0.4      0.35      0.35      0.35

```

Output folder: C:\Users\Beppe\Desktop\output\_disp

## ==o== SECTION#2

```

Rayleigh wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -8.4872      -8.4443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -10.6154
-8.37623
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.7351
-8.35449
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.5455
-8.35449
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -10.0847
-8.35288
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -10.0447
-8.35288
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.8905      -8.3529
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.7056
-8.35288
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -10.1721
-8.35288
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -10.6428
-8.33988
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -10.9479
-8.33988

```

winMASW\_reportNTC2018

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -10.5263  
 -8.33988  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -9.8334 -8.3399  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -9.8959 -8.3399  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -9.9144 -8.3395  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -10.2187  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -10.7368  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -11.538  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -10.6458  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -9.8798 -8.3395  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -9.4304 -8.3395  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -10.0494  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -11.1143  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -9.9253 -8.3395  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -10.9666  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -11.2096  
 -8.33954  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -12.333  
 -8.33486  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -12.0922  
 -8.33484  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -10.6262  
 -8.33484  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -11.3932  
 -8.33484  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -11.2896  
 -8.33484

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -9.7032 -8.3348  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.6185 -8.3348  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.9444 -8.3348  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.2655  
 -8.33484  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -10.2152  
 -8.33478  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.9021 -8.3348  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.8252 -8.3348  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.3475  
 -8.33478  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -10.2647  
 -8.33478

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

Vs (m/s): 140 206 225 326  
 Thickness (m): 7.5 11 9.7

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

p14 =

0

p15 =

8

p16 =

Columns 1 through 7

0.0800 0.1150 0.1644 0.2220 0.3373 0.4999 0.7077

0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0  
0 0 0 0 0 0 0

Column 8

1.0000  
0  
0  
0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -8.0556 -6.8464  
Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -7.937 -6.8346  
Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -7.6767 -6.7984  
Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -7.6137 -6.7984  
Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -7.4422 -6.7969  
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -7.2168 -6.7969  
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -7.4441 -6.7969  
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -7.5042 -6.7969  
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -7.47 -6.7969  
Number of models considered to calculate the average model: 1125

#####  
RESULTS  
#####

Dataset: 5msp2.SGY  
Analyzed curve/spectrum: 5m.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities  
Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 140 184 210 273  
Standard deviations (m/s): 1 18 21 39

Thickness (m): 6.5 9.0 9.4  
Standard deviations (m): 1.4 1.7 1.3

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 278 727 794 1011  
Density (gr/cm3): 1.74 1.98 2.00 2.06  
Vp/Vs ratio: 1.99 3.95 3.78 3.70  
Poisson: 0.33 0.47 0.46 0.46  
Shear modulus (MPa): 34 67 88 153  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model  
f(Hz) VR(m/s)  
4.3311 192.5507  
6.22571 166.8395  
8.90046 149.0685  
12.021 138.1499  
18.2621 131.9274  
27.0664 130.6591  
38.3226 130.4987  
54.1482 130.4861

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 140 206 225 326  
thickness (m): 7.5149 11.0196 9.70779

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):	240	1452	698	1532				
Density (gr/cm3):		1.71	2.14	1.97	2.16			
Vp/Vs ratio:	1.71	7.05	3.10	4.70				
Poisson:	0.24	0.49	0.44	0.48				
Shear modulus (MPa):	34	91	100	229				
Estimated static shear modulus (MPa):	0		0		0		0	0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)  
best model

F(Hz)	VR(m/s)
4.3311	199.1405
6.22571	169.1804
8.90046	144.1615
12.021	133.444
18.2621	129.1979
27.0664	128.5833
38.3226	128.5359
54.1482	128.534

===== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 19 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 140 m/s  
Vs5 (best model): 140 m/s

Vs20 (mean model): 171 m/s  
Vs20 (best model): 176 m/s

Vs30 (mean model): 189 m/s  
Vs30 (best model): 193 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

- 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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Results saved in the folder "C:\Users\Beppe\Desktop\output\_disp".

***Allegato 3***

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



---

*Risultati di una prospezione geofisica M.A.S.W. eseguita in Viale Africa,  
nel Comune di Pontedera (PI).*

Verifica del Potenziale di Liquefazione dei terreni presenti  
nell'area della variante urbanistica: prova CPT1

Maggio 2021

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSEKIII

H<sub>falda</sub> = 2

a<sub>max/g</sub> 0,22

R = 20

M = 6,14



EPC LIBRI

TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,20	0	0,00
2	0,40	22	0,53
3	0,60	29	0,80
4	0,80	24	1,00
5	1,00	17	0,93
6	1,20	17	0,87
7	1,40	14	0,80
8	1,60	13	0,33
9	1,80	12	0,53
10	2,00	15	0,60
11	2,20	16	0,93
12	2,40	17	1,20
13	2,60	14	1,20
14	2,80	10	1,00
15	3,00	10	0,60
16	3,20	10	0,60
17	3,40	8	0,60
18	3,60	7	0,27
19	3,80	7	0,40
20	4,00	13	0,33
21	4,20	11	0,47
22	4,40	11	0,33
23	4,60	10	0,60
24	4,80	5	0,60
25	5,00	5	0,47

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
26	5,20	6	0,33
26	5,40	8	0,33
28	5,60	5	0,53
29	5,80	6	0,20
30	6,00	11	0,33
31	6,20	4	0,20
32	6,40	6	0,27
33	6,60	9	0,33
34	6,80	10	0,47
35	7,00	7	0,47
36	7,20	9	0,40
37	7,40	10	0,47
38	7,60	9	0,33
39	7,80	11	0,47
40	8,00	12	0,33
41	8,20	10	0,67
42	8,40	7	0,60
43	8,60	8	0,47
44	8,80	8	0,47
45	9,00	11	0,40
46	9,20	15	0,67
47	9,40	16	0,87
48	9,60	16	0,80
49	9,80	16	1,27
50	10,00	16	1,13

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
51	10,20	19	1,07
52	10,40	20	1,07
53	10,60	20	1,40
54	10,80	22	1,47
55	11,00	27	1,40
56	11,20	21	1,67
57	11,40	21	1,00
58	11,60	18	0,73
59	11,80	13	0,73
60	12,00	13	0,53
61	12,20	14	0,53
62	12,40	14	1,00
63	12,60	14	0,93
64	12,80	13	1,00
65	13,00	14	0,87
66	13,20	15	0,93
67	13,40	18	0,93
68	13,60	16	1,53
69	13,80	13	1,00
70	14,00	16	0,67
71	14,20	8	1,07
72	14,40	9	0,80
73	14,60	8	0,67
74	14,80	10	0,40
75	15,00	9	0,33

Int. 0,2      γ 1,87

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
76	15,20	11	0,40
77	15,40	12	0,53
78	15,60	12	0,60
79	15,80	10	0,53
80	16,00	9	0,47
81	16,20	9	0,33
82	16,40	9	0,33
83	16,60	6	0,33
84	16,80	8	0,27
85	17,00	7	0,33
86	17,20	8	0,33
87	17,40	11	0,40
88	17,60	13	0,53
89	17,80	12	0,47
90	18,00	12	0,53
91	18,20	8	0,47
92	18,40	9	0,20
93	18,60	8	0,33
94	18,80	7	0,33
95	19,00	9	0,33
96	19,20	9	0,33
97	19,40	8	0,40
98	19,60	9	0,33
99	19,80	11	0,47
100	20,00	12	0,47

Committente: **Mosè Montagnani**

Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**

Località: **Pontedera - Loc. Il Chiesino**

Oggetto: **Variante al Regolamento Urbanistico**

Prov. **PI**

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI



VARIANTE AL REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMPARTO 5/6 ZONA D2B - IL CHIESINO  
NEL COMUNE DI PONTEDERA AI SENSI DEL REGOLAMENTO D.P.G.R. 30-01-2020, n. 5/R  
Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre  
2014 n.65 in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche

Verifica del Potenziale di Liquefazione dei terreni presenti  
nell'area della variante urbanistica: prova CPT1

Maggio 2021

Committente: **Mosè Montagnani**  
Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**  
Località: **Pontedera - Loc. Il Chiesino**  
Oggetto: **Variante al Regolamento Urbanistico**

Prov.: **PI**

# ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza	Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale	di	Rischio liquefazione Iwasaki et
Statiche (CPT)	(Fs)	(M)	Liquefazione (IP <sub>L</sub> )		al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0 > 1,25 (OPCM 3274)	6,1	0,000		<b>Molto Basso</b>

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75) valore	Verificare campione lab.	Ic utilizzato		Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione			valore	valore	
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	
0,40	1,89	Granulare	2,24	NPGranulare	2,06	--	2,24	4,79	
0,60	1,97	Granulare	2,26	NPGranulare	2,11	--	2,26	6,14	
0,80	2,24	Granulare	2,49	NPGranulare	2,36	--	2,49	N.C.	
1,00	2,48	Granulare	2,72	PLimoso	2,60	C.Cinese	2,60	N.C.	
1,20	2,51	Granulare	2,73	PLimoso	2,61	C.Cinese	2,61	N.C.	
1,40	2,65	Argilloso	2,85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
1,60	2,47	Granulare	2,67	PLimoso	2,57	C.Cinese	2,57	2,38	
1,80	2,69	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,00	2,62	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,20	2,74	Argilloso	2,88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,40	2,79	Argilloso	2,93	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,60	2,93	Argilloso	3,06	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
2,80	3,10	Argilloso	3,22	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
3,00	2,96	Argilloso	3,08	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
3,20	2,97	Argilloso	3,09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
3,40	3,13	Argilloso	3,25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
3,60	3,01	Argilloso	3,13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
3,80	3,14	Argilloso	3,24	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
4,00	2,69	Argilloso	2,79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
4,20	2,90	Argilloso	3,00	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
4,40	2,82	Argilloso	2,92	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
4,60	3,06	Argilloso	3,15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
4,80	3,56	Argilloso	3,64	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
5,00	3,51	Argilloso	3,58	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
5,20	3,29	Argilloso	3,37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
5,40	3,10	Argilloso	3,17	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
5,60	3,59	Argilloso	3,65	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
5,80	3,20	Argilloso	3,26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
6,00	2,92	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
6,20	3,55	Argilloso	3,60	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
6,40	3,31	Argilloso	3,36	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
6,60	3,09	Argilloso	3,13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
6,80	3,11	Argilloso	3,15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
7,00	3,38	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
7,20	3,17	Argilloso	3,20	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
7,40	3,14	Argilloso	3,17	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
7,60	3,14	Argilloso	3,16	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
7,80	3,09	Argilloso	3,12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
8,00	2,95	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
8,20	3,28	Argilloso	3,29	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
8,40	3,53	Argilloso	3,54	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
8,60	3,36	Argilloso	3,37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
8,80	3,37	Argilloso	3,38	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
9,00	3,11	Argilloso	3,11	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
9,20	3,03	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
9,40	3,07	Argilloso	3,07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
9,60	3,05	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
9,80	3,19	Argilloso	3,18	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	
10,00	3,17	Argilloso	3,16	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	

<p>N.C. = Non Calcolabile N.L. = Non Liquefacibile Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare</p>	<p>Argilloso = Terreno Argilloso C.Cinese = Criteri Cinese Granulare = Terreno Granulare -- = Nessun Criterio</p>	<p>HOME</p> <p>INSERIMENTO DATI CPT</p>	<p>DATI CPT</p> <p>GRAFICI</p>
---	---	---	--------------------------------

Maggio 2021

Verifica del Potenziale di Liquefazione dei terreni presenti  
nell'area della variante urbanistica: prova CPT2

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

DATI INSERITI

H<sub>falda</sub> = 2

a<sub>max</sub>/g 0,22

R = 20

M = 6,14



TEORIE DI CALCOLO

ROBERTSON E WRIDE (1998)

DATI CPT INSERITI

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,20	0	0,00
2	0,40	28	1,27
3	0,60	18	1,13
4	0,80	18	0,93
5	1,00	15	0,93
6	1,20	14	0,93
7	1,40	14	1,07
8	1,60	18	0,93
9	1,80	17	0,73
10	2,00	14	0,60
11	2,20	13	0,40
12	2,40	12	0,40
13	2,60	12	0,60
14	2,80	13	0,60
15	3,00	9	0,87
16	3,20	10	0,60
17	3,40	7	0,33
18	3,60	7	0,47
19	3,80	9	0,33
20	4,00	7	0,47
21	4,20	6	0,53
22	4,40	7	0,47
23	4,60	6	0,27
24	4,80	5	0,27
25	5,00	4	0,33

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
26	5,20	5	0,20
26	5,40	6	0,27
28	5,60	5	0,27
29	5,80	5	0,27
30	6,00	5	0,27
31	6,20	5	0,27
32	6,40	6	0,27
33	6,60	5	0,27
34	6,80	6	0,33
35	7,00	5	0,40
36	7,20	7	0,33
37	7,40	6	0,33
38	7,60	6	0,27
39	7,80	7	0,33
40	8,00	8	0,47
41	8,20	8	0,53
42	8,40	12	0,27
43	8,60	9	0,73
44	8,80	12	0,67
45	9,00	13	0,53
46	9,20	10	0,93
47	9,40	8	1,00
48	9,60	10	0,87
49	9,80	9	0,80
50	10,00	18	0,40

n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
51	10,20	12	1,07
52	10,40	11	0,80
53	10,60	12	0,80
54	10,80	10	1,07
55	11,00	12	0,60
56	11,20	17	0,47
57	11,40	20	0,93
58	11,60	11	1,27
59	11,80	13	1,13
60	12,00	6	1,07
61	12,20	4	0,67
62	12,40	11	0,40
63	12,60	14	0,67
64	12,80	12	0,60
65	13,00	11	0,47
66	13,20	9	0,33
67	13,40	7	0,40
68	13,60	12	0,07
69	13,80	7	0,80
70	14,00	14	0,40
71	14,20	16	0,60
72	14,40	18	1,13
73	14,60	20	1,27
74	14,80	12	1,47
75	15,00	8	1,07

Int.	0,2	γ	1,87
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
76	15,20	8	0,53
77	15,40	10	0,33
78	15,60	9	0,47
79	15,80	12	0,40
80	16,00	14	0,60
81	16,20	8	0,27
82	16,40	7	0,27
83	16,60	6	0,33
84	16,80	7	0,47
85	17,00	24	0,60
86	17,20	17	0,53
87	17,40	9	0,60
88	17,60	9	0,33
89	17,80	5	1,13
90	18,00	39	0,40
91	18,20	32	0,67
92	18,40	30	0,60
93	18,60	42	0,60
94	18,80	34	2,07
95	19,00	49	1,33
96	19,20	39	0,20
97	19,40	46	0,27
98	19,60	24	1,73
99	19,80	39	1,00
100	20,00	38	0,80

Committente: **Mosè Montagnani**  
Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**  
Località: **Pontedera - Loc. Il Chiesino**  
Oggetto: **Variante al Regolamento Urbanistico**

Prov. **PI**

INSERIMENTO DATI CPT

ANALISI

HOME

GRAFICI

Maggio 2021

Committente: **Mosè Montagnani**  
 Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**  
 Località: **Pontedera - Loc. Il Chiesino**  
 Oggetto: **Variante al Regolamento Urbanistico**

Prov.: **PI**

# ANALISI

Metodi che utilizzano Prove	Fattore di sicurezza	Magnitudo di riferimento	Indice del Potenziale	di	Rischio Liquefazione Iwasaki et
Statiche (CPT)	(Fs)	(M)	Liquefazione (IP <sub>L</sub> )	al. (1978)	al. (1978)
Robertson e Wride (1998)	> 1,0 > 1,25 (OPCM 3274)	6,1	0,000		<b>Basso</b>

Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75) valore	Verificare campione lab. in	Ic utilizzato valore	Fs	Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Ic (n=0,75) valore	Verificare campione lab. in	Ic utilizzato valore	Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione						valore	Classificazione	valore	Classificazione				
0,20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	10,20	3,36	Argilloso	3,35	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0,40	2,08	Granulare	2,38	NPGranulare	2,22	--	2,38	N.C.	10,40	3,35	Argilloso	3,33	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0,60	2,39	Granulare	2,67	PLimoso	2,52	C.Cinese	2,52	N.C.	10,60	3,29	Argilloso	3,27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0,80	2,39	Granulare	2,65	PLimoso	2,51	C.Cinese	2,51	N.C.	10,80	3,52	Argilloso	3,50	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,00	2,56	Granulare	2,80	PLimoso	2,67	C.Cinese	2,67	N.C.	11,00	3,23	Argilloso	3,21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,20	2,65	Argilloso	2,87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11,20	2,92	Argilloso	2,89	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,40	2,74	Argilloso	2,94	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11,40	3,00	Argilloso	2,97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,60	2,56	Granulare	2,76	PLimoso	2,67	C.Cinese	2,67	N.C.	11,60	3,53	Argilloso	3,50	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1,80	2,57	Granulare	2,74	PLimoso	2,66	C.Cinese	2,66	4,76	11,80	3,38	Argilloso	3,34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,00	2,67	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12,00	4,01	Argilloso	3,98	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,20	2,61	Argilloso	2,77	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12,20	4,36	Argilloso	4,32	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,40	2,68	Argilloso	2,83	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12,40	3,24	Argilloso	3,20	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,60	2,81	Argilloso	2,95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12,60	3,20	Argilloso	3,16	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2,80	2,78	Argilloso	2,91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12,80	3,29	Argilloso	3,25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,00	3,14	Argilloso	3,26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13,00	3,30	Argilloso	3,25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,20	2,97	Argilloso	3,09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13,20	3,39	Argilloso	3,33	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,40	3,08	Argilloso	3,17	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13,40	3,65	Argilloso	3,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,60	3,17	Argilloso	3,28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13,60	2,84	Argilloso	2,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3,80	2,92	Argilloso	3,03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13,80	3,87	Argilloso	3,81	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,00	3,19	Argilloso	3,29	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14,00	3,11	Argilloso	3,05	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,20	3,35	Argilloso	3,45	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14,20	3,13	Argilloso	3,06	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,40	3,22	Argilloso	3,31	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14,40	3,22	Argilloso	3,16	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,60	3,19	Argilloso	3,28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14,60	3,18	Argilloso	3,12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4,80	3,34	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14,80	3,61	Argilloso	3,55	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,00	3,59	Argilloso	3,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15,00	3,87	Argilloso	3,81	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,20	3,29	Argilloso	3,37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15,20	3,69	Argilloso	3,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,40	3,25	Argilloso	3,32	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15,40	3,38	Argilloso	3,31	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,60	3,40	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15,60	3,57	Argilloso	3,49	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5,80	3,41	Argilloso	3,47	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15,80	3,29	Argilloso	3,21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,00	3,43	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16,00	3,28	Argilloso	3,20	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,20	3,44	Argilloso	3,49	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16,20	3,56	Argilloso	3,48	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,40	3,31	Argilloso	3,36	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16,40	3,71	Argilloso	3,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,60	3,47	Argilloso	3,51	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16,60	3,95	Argilloso	3,86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6,80	3,40	Argilloso	3,44	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16,80	3,88	Argilloso	3,78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,00	3,60	Argilloso	3,64	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17,00	2,91	Argilloso	2,82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,20	3,30	Argilloso	3,34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17,20	3,13	Argilloso	3,04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,40	3,43	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17,40	3,70	Argilloso	3,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,60	3,39	Argilloso	3,41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17,60	3,59	Argilloso	3,46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7,80	3,34	Argilloso	3,38	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17,80	4,64	Argilloso	4,54	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,00	3,33	Argilloso	3,35	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18,00	2,51	Granulare	2,40	NPGranulare	2,46	--	2,40	1,12
8,20	3,38	Argilloso	3,40	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18,20	2,77	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,40	2,92	Argilloso	2,93	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18,40	2,79	Argilloso	2,68	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8,60	3,40	Argilloso	3,41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18,60	2,57	Granulare	2,46	NPGranulare	2,51	--	2,46	1,33
8,80	3,17	Argilloso	3,18	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18,80	3,04	Argilloso	2,95	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,00	3,06	Argilloso	3,07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19,00	2,68	Argilloso	2,58	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,20	3,42	Argilloso	3,42	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19,20	2,40	Granulare	2,27	NPGranulare	2,34	--	2,27	1,00
9,40	3,62	Argilloso	3,61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19,40	2,35	Granulare	2,23	NPGranulare	2,29	--	2,23	1,05
9,60	3,41	Argilloso	3,41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19,60	3,25	Argilloso	3,15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9,80	3,48	Argilloso	3,47	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19,80	2,77	Argilloso	2,66	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10,00	2,80	Argilloso	2,79	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	20,00	2,73	Argilloso	2,62	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.

N.C. = Non Calcolabile  
 N.L. = Non Liquefacibile  
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico  
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare

Argilloso = Terreno Argilloso  
 C.Cinese = Criteri Cinese  
 Granulare = Terreno Granulare  
 -- = Nessun Criterio

HOME

INSERIMENTO DATI CPT

DATI CPT

GRAFICI

Maggio 2021

Verifica del Potenziale di Liquefazione dei terreni presenti  
nell'area della variante urbanistica: prova CPT3

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE															
<b>DATI INSERITI</b>												<b>TEORIE DI CALCOLO</b>			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">H<sub>falda</sub> = <b>2</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a<sub>max</sub>/g <b>0,22</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R = <b>20</b></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">M = <b>6,14</b></div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>												<a href="#">ROBERTSON E WRIDE (1998)</a>			
<b>DATI CPT INSERITI</b>															
												Int.	0,2	γ	1,87
n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )	n°	Profondità z(m)	resistenza alla punta qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale fs (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0,20	0	0,00	26	5,20	8	0,40	51	10,20	13	0,60	76	15,20	10	0,33
2	0,40	31	0,53	26	5,40	7	0,33	52	10,40	14	0,73	77	15,40	11	0,40
3	0,60	21	1,20	28	5,60	6	0,33	53	10,60	19	0,20	78	15,60	9	0,40
4	0,80	16	1,53	29	5,80	6	0,60	54	10,80	15	1,40	79	15,80	8	0,27
5	1,00	16	1,00	30	6,00	10	0,47	55	11,00	15	1,00	80	16,00	7	0,47
6	1,20	12	0,87	31	6,20	9	0,67	56	11,20	14	1,00	81	16,20	8	0,33
7	1,40	13	0,73	32	6,40	13	0,60	57	11,40	16	0,93	82	16,40	12	0,47
8	1,60	14	0,67	33	6,60	12	0,73	58	11,60	16	0,80	83	16,60	14	0,60
9	1,80	15	0,73	34	6,80	11	1,00	59	11,80	8	1,27	84	16,80	9	1,07
10	2,00	12	0,47	35	7,00	10	0,73	60	12,00	8	0,67	85	17,00	7	0,40
11	2,20	15	0,53	36	7,20	6	0,80	61	12,20	11	0,53	86	17,20	9	0,27
12	2,40	17	0,20	37	7,40	8	0,60	62	12,40	11	0,47	87	17,40	7	0,47
13	2,60	14	1,27	38	7,60	12	0,67	63	12,60	13	0,47	88	17,60	6	0,27
14	2,80	24	1,07	39	7,80	11	0,93	64	12,80	10	0,60	89	17,80	8	0,40
15	3,00	21	1,20	40	8,00	12	0,80	65	13,00	7	0,60	90	18,00	10	0,33
16	3,20	15	1,33	41	8,20	12	0,80	66	13,20	12	0,33	91	18,20	11	0,40
17	3,40	11	0,67	42	8,40	14	0,73	67	13,40	8	0,60	92	18,40	10	0,60
18	3,60	10	1,00	43	8,60	14	0,67	68	13,60	6	0,33	93	18,60	6	0,73
19	3,80	9	1,07	44	8,80	14	1,07	69	13,80	10	0,40	94	18,80	6	0,33
20	4,00	10	0,67	45	9,00	16	0,87	70	14,00	10	0,40	95	19,00	11	0,47
21	4,20	9	0,67	46	9,20	17	1,00	71	14,20	12	0,53	96	19,20	9	0,53
22	4,40	8	0,53	47	9,40	16	1,07	72	14,40	15	0,27	97	19,40	10	0,33
23	4,60	10	0,40	48	9,60	16	1,20	73	14,60	11	1,13	98	19,60	6	0,33
24	4,80	6	0,20	49	9,80	12	1,13	74	14,80	7	0,80	99	19,80	7	0,27
25	5,00	7	0,27	50	10,00	10	1,00	75	15,00	9	0,40	100	20,00	8	0,27

Committente: **Mosè Montagnani**

Riferimento: **Campagna Indagini geognostiche**

Località: **Pontedera - Loc. Il Chiesino**      Prov. **PI**

Oggetto: **Variante al Regolamento Urbanistico**

INSERIMENTO DATI CPT


ANALISI

HOME

GRAFICI

Verifica del Potenziale di Liquefazione dei terreni presenti  
 nell'area della variante urbanistica: prova CPT3

Maggio 2021

Metodi che utilizzano Prove		Fattore di sicurezza		Magnitudo di riferimento		Indice del Potenziale		di		Rischio liquefazione Iwasaki et							
Statiche (CPT)		(Fs)		(M)		Liquefazione (IP <sub>L</sub> )		al. (1978)									
Robertson e Wride (1998)		> 1,0	> 1,25 (OPCM 3274)	6,1		0,000		Molto Basso									
Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Verificare campione in lab.	Ic utilizzato		Fs	Prof. (m)	Ic (n=1)		Ic (n=0,5)		Verificare campione in	Ic utilizzato		Fs
	valore	Classificazione	valore	Classificazione		valore	valore			valore	Classificazione	valore	Classificazione		valore	valore	
0.20	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	--	N.C.	N.C.	10.20	3.14	Argilloso	3.13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0.40	1.69	Granulare	2.03	NPGranulare	1.85	--	2.03	5.55	10.40	3.15	Argilloso	3.13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0.60	2.31	Granulare	2.59	NPGranulare	2.45	--	2.59	N.C.	10.60	2.63	Argilloso	2.61	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
0.80	2.64	Argilloso	2.88	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	10.80	3.30	Argilloso	3.28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1.00	2.54	Granulare	2.78	PLimoso	2.68	C.Chinese	2.66	N.C.	11.00	3.21	Argilloso	3.19	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1.20	2.72	Argilloso	2.94	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.20	3.27	Argilloso	3.24	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1.40	2.66	Argilloso	2.87	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.40	3.16	Argilloso	3.13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1.60	2.63	Argilloso	2.82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.60	3.12	Argilloso	3.09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
1.80	2.65	Argilloso	2.82	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	11.80	3.79	Argilloso	3.78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.00	2.69	Argilloso	2.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.00	3.62	Argilloso	3.58	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.20	2.60	Argilloso	2.78	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.20	3.31	Argilloso	3.27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.40	2.27	Granulare	2.43	NPGranulare	2.35	--	2.43	1.33	12.40	3.28	Argilloso	3.24	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.60	2.95	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	12.60	3.16	Argilloso	3.12	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
2.80	2.56	Granulare	2.69	PLimoso	2.62	C.Chinese	2.62	4.90	12.80	3.44	Argilloso	3.39	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.00	2.70	Argilloso	2.81	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.00	3.75	Argilloso	3.70	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.20	2.96	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.20	3.16	Argilloso	3.11	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.40	2.96	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.40	3.65	Argilloso	3.60	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.60	3.15	Argilloso	3.26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.60	3.78	Argilloso	3.72	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
3.80	3.26	Argilloso	3.35	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	13.80	3.37	Argilloso	3.31	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.00	3.06	Argilloso	3.15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.00	3.38	Argilloso	3.31	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.20	3.14	Argilloso	3.23	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.20	3.31	Argilloso	3.25	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.40	3.17	Argilloso	3.26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.40	2.98	Argilloso	2.91	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.60	2.95	Argilloso	3.04	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.60	3.60	Argilloso	3.54	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
4.80	3.13	Argilloso	3.22	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	14.80	3.92	Argilloso	3.85	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.00	3.11	Argilloso	3.19	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.00	3.50	Argilloso	3.43	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.20	3.14	Argilloso	3.21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.20	3.38	Argilloso	3.30	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.40	3.19	Argilloso	3.26	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.40	3.35	Argilloso	3.27	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.60	3.32	Argilloso	3.38	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.60	3.53	Argilloso	3.45	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
5.80	3.50	Argilloso	3.55	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	15.80	3.54	Argilloso	3.46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.00	3.07	Argilloso	3.13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.00	3.83	Argilloso	3.75	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.20	3.28	Argilloso	3.30	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.20	3.62	Argilloso	3.53	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.40	2.98	Argilloso	3.03	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.40	3.35	Argilloso	3.28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.60	3.10	Argilloso	3.15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.60	3.30	Argilloso	3.21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
6.80	3.28	Argilloso	3.30	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	16.80	3.83	Argilloso	3.75	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.00	3.25	Argilloso	3.28	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17.00	3.63	Argilloso	3.74	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.20	3.66	Argilloso	3.69	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17.20	3.49	Argilloso	3.39	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.40	3.37	Argilloso	3.40	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17.40	3.89	Argilloso	3.80	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.60	3.12	Argilloso	3.15	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17.60	3.95	Argilloso	3.86	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
7.80	3.29	Argilloso	3.31	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	17.80	3.73	Argilloso	3.63	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.00	3.19	Argilloso	3.21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18.00	3.47	Argilloso	3.37	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.20	3.20	Argilloso	3.21	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18.20	3.44	Argilloso	3.34	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.40	3.08	Argilloso	3.09	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18.40	3.64	Argilloso	3.53	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.60	3.06	Argilloso	3.07	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18.60	4.28	Argilloso	4.17	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
8.80	3.20	Argilloso	3.20	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	18.80	4.08	Argilloso	3.97	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.00	3.05	Argilloso	3.06	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19.00	3.50	Argilloso	3.40	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.20	3.06	Argilloso	3.06	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19.20	3.74	Argilloso	3.63	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.40	3.13	Argilloso	3.13	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19.40	3.52	Argilloso	3.41	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.60	3.17	Argilloso	3.16	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19.60	4.13	Argilloso	4.02	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
9.80	3.36	Argilloso	3.36	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	19.80	3.87	Argilloso	3.75	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.
10.00	3.47	Argilloso	3.46	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.	20.00	3.72	Argilloso	3.60	N.L.	N.L.	--	N.L.	N.L.

N.C. = Non Calcolabile  
 N.L. = Non Liquefacibile  
 Plimoso = Terreno Limoso e possibilmente Plastico  
 NPGranulare = Terreno non Plastico di natura granulare  
 Argilloso = Terreno Argilloso  
 C.Chinese = Criteri Chinese  
 Granulare = Terreno Granulare  
 -- = Nessun Criterio

HOME  
 INSERIMENTO DATI CPT  
 DATI CPT  
 GRAFICI