

Relazione geologica

- Modello Geologico
- Modello Geotecnico Preliminare
- Modello Sismico

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI GRAGNANO TREBBIENSE



Oggetto

Relazione Geologico-Tecnica
relativa alla verifica di
fattibilità geologica
dell'Accordo Operativo n. 12
per l'areale sotteso dai
Mappali n° 11, 261, 276, 278
e 280 del Foglio n° 9 della
Planimetria Catastale.

Tecnici Incaricati

Dott. Geol. Baldini Adriano



Committente

Spett.
Immobiliare il Pilastro s.r.l.
Gragnano Trebbiense (PC)
C.F. e P. IVA: 01304310335

Treviso, 9 dicembre 2021

Sommario

0) GENERALITÀ.....	1
1) PREMESSA.....	1
2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO.....	4
3.1 Inquadramento Geologico – Geomorfologico Regionale	4
3.2 Aspetti Geologici – Geomorfologici dell'area in esame.....	7
3.3 Idrografia ed Idrogeologia (cenni).....	8
3.4 Pericolosità Geo-ambientale e Strumenti Urbanistici.....	10
4) INDAGINI EFFETTUATE E MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO PRELIMINARE.....	13
4.1 Modello Geologico Geotecnico Preliminare	16
5) VERIFICA DEL CARICO LIMITE (SLU) E STIMA DEI CEDIMENTI.....	17
5.1 Dati Generali	18
5.2 Coefficienti Sismici (N.T.C.).....	18
5.3 Stratigrafia Terreno	19
5.4 Carico Limite Fondazione combinazione A1+M1+R3	20
5.5 Stima dei Cedimenti Elastici.....	21
5.6 Stima dei Cedimenti Edometrici.....	22
6) CONCLUSIONI	23

Indice delle Tavole e delle Figure

- Fig. 1: Corografia*
- Fig. 2: Estratto di Mappa Catastale*
- Fig. 3: Ubicazione Indagini Effettuate*
- Fig. 4: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100.000 – Foglio n. 60*
- Fig. 5: Sezione Geologica dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 – Foglio 60*
- Fig. 6: Estratto Carta Geologica Regionale*
- Fig. 7: Estratto Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 8: Estratto Carta degli Aspetti Idrogeologici - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 9: Estratto Carta della pericolosità da alluvione del reticolo secondario collinare e montano - Direttiva 2007/60/CE*
- Fig. 10: Estratto Carta della pericolosità da alluvione del reticolo secondario di pianura - Direttiva 2007/60/CE*
- Fig. 11: Estratto Carta dei Vincoli del Sistema Idrogeologico - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 12: Estratto Carta degli Aspetti Sismici - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 13: Estratto Carta della Fattibilità delle Trasformazioni - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 14: Estratto Carta dei Vincoli Antropici ed Infrastrutturali - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 15: Estratto Carta dei Vincoli del Quadro Conoscitivo - Piano Strutturale Comunale di Gragnano Trebbiense*
- Fig. 16: Estratto Carta dei Condizionamenti della Pianificazione Sovraordinata - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 17: Estratto Carta della Tutela Ambientale, Paesaggistica e Culturale del PTCP*
- Fig. 18: Estratto Carta dei Vincoli Storici e Ambientali - PSC Gragnano Trebbiense*
- Fig. 19: Estratto Carta delle aree e dei beni soggetti a vincolo culturale e paesaggistico (dlgs 42/2004) del PTCP*
- Fig. 20: Estratto Carta Schema Direttore Rete Ecologica del PTCP*
- Fig. 21: Estratto Carta Vocazioni Territoriali e Scenari di Progetto del PTCP*
- Fig. 22: Estratto Carta del Piano Strutturale Comunale di Gragnano Trebbiense*

Fig. 23: Estratto Carta del Tessuti Extraurbani - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gragnano Trebbiense

Fig. 24: Estratto Carta del Tessuti Urbani - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gragnano Trebbiense

Fig. 23: Estratto Carta della Mobilità - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gragnano Trebbiense

Allegati

ALLEGATO 1: PROVE PENETROMETRICHE

ALLEGATO 2: INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE

ALLEGATO 3: VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI

0) GENERALITÀ

Il sottoscritto Baldini Adriano, iscritto all'Ordine Regionale Geologi dell'Emilia-Romagna al n.749, residente in Trevozzo Comune di Alta Val Tidone - Via E. Fermi n. 113, dipendente di Geotest s.r.l., redige la presente relazione geologico-tecnica in ossequio a quanto sancito dal D.M. 17/01/2018 e dalle altre normative nazionali e regionali in materia di tutela ambientale, e a seguito dello specifico incarico conferitogli da Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

1) PREMESSA

Con la presente relazione vengono valutati gli aspetti geologici, geotecnici, geomorfologici, geofisici ed idrogeologici relativi alla realizzazione di un nuovo Piano particolareggiato di iniziativa privata a destinazione residenziale. L'area dell'intervento si estende per circa 21.920 mq; 10960 mq circa saranno adibiti a servizi mentre la superficie fondiaria copre circa 10.960 mq ed è suddivisa nei comparti "A", "B", "C" e "D". L'area interessata dal presente studio risulta essere ubicata nella porzione settentrionale del territorio comunale, in loc. Il Pilastro, circa 600 m a nord-est della Frazione Gragnanino (Fig. 1). Nel dettaglio l'areale sul quale si svilupperà l'intervento risulta essere sotteso dai Mappali n° 11, 261, 276, 278 e 280 del Foglio n° 9 della Planimetria Catastale (Fig. 2). Per la descrizione dettagliata dell'intervento si rimanda alla relazione tecnica allegata alla pratica di progetto.

Ad evasione di una vostra specifica richiesta, e con lo scopo di verificare la compatibilità geologico-geotecnica di quanto in progetto, lo scrivente ha eseguito il giorno 23/11/2021 un sopralluogo geologico generale durante il quale sono state raccolte tutte quelle informazioni di carattere geologico-geomorfologico necessarie per procedere ad una corretta valutazione circa la compatibilità tra l'intervento in progetto e la realtà geologica locale.

Per verificare l'assetto stratigrafico dell'area e per avere informazioni di massima circa i parametri geotecnici del terreno presente in sito, lo scrivente ha condotto, entro il perimetro d'interesse, le seguenti indagini geognostiche:

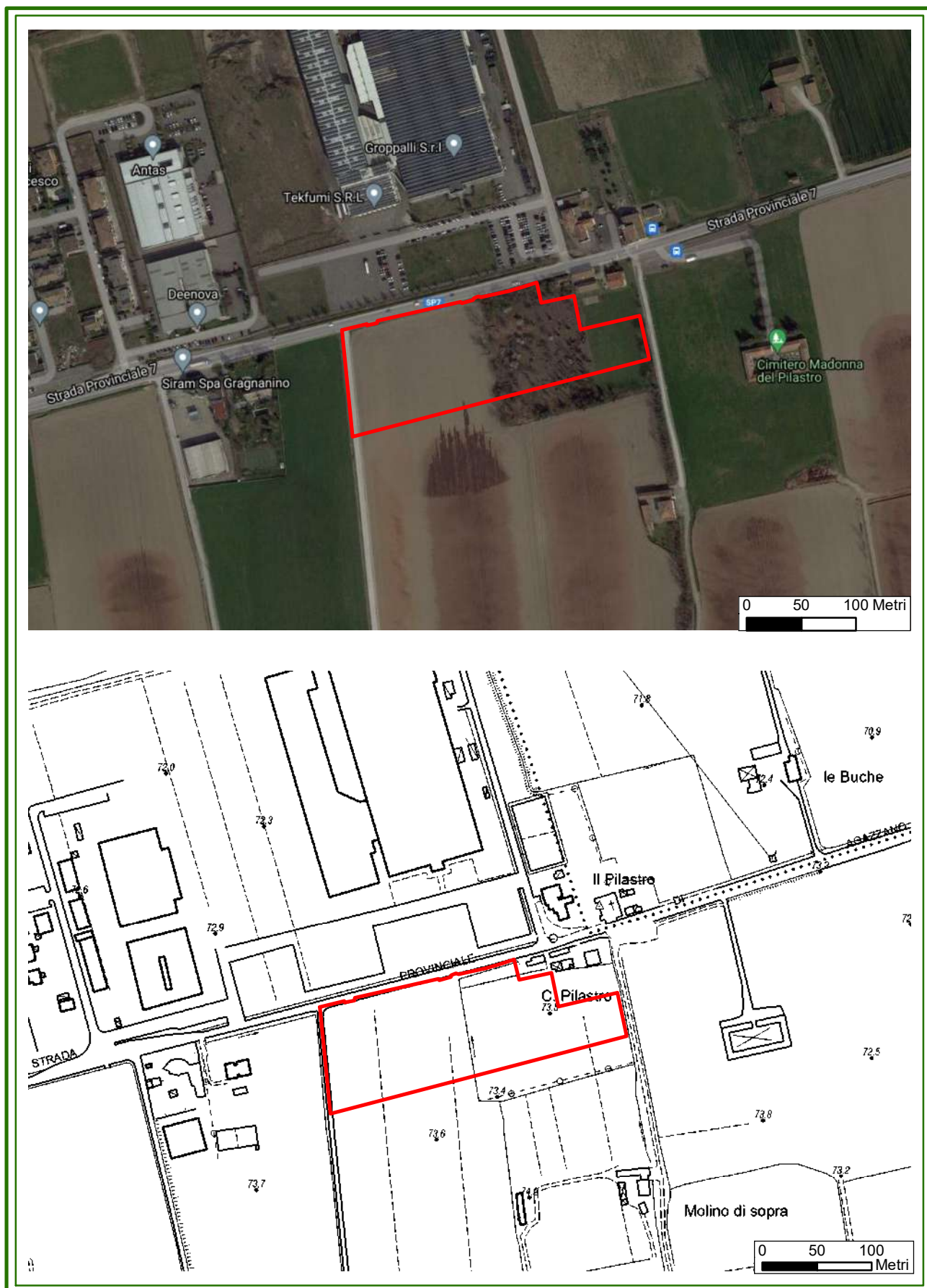


Fig. 1: Corografia – CTR 1:5000

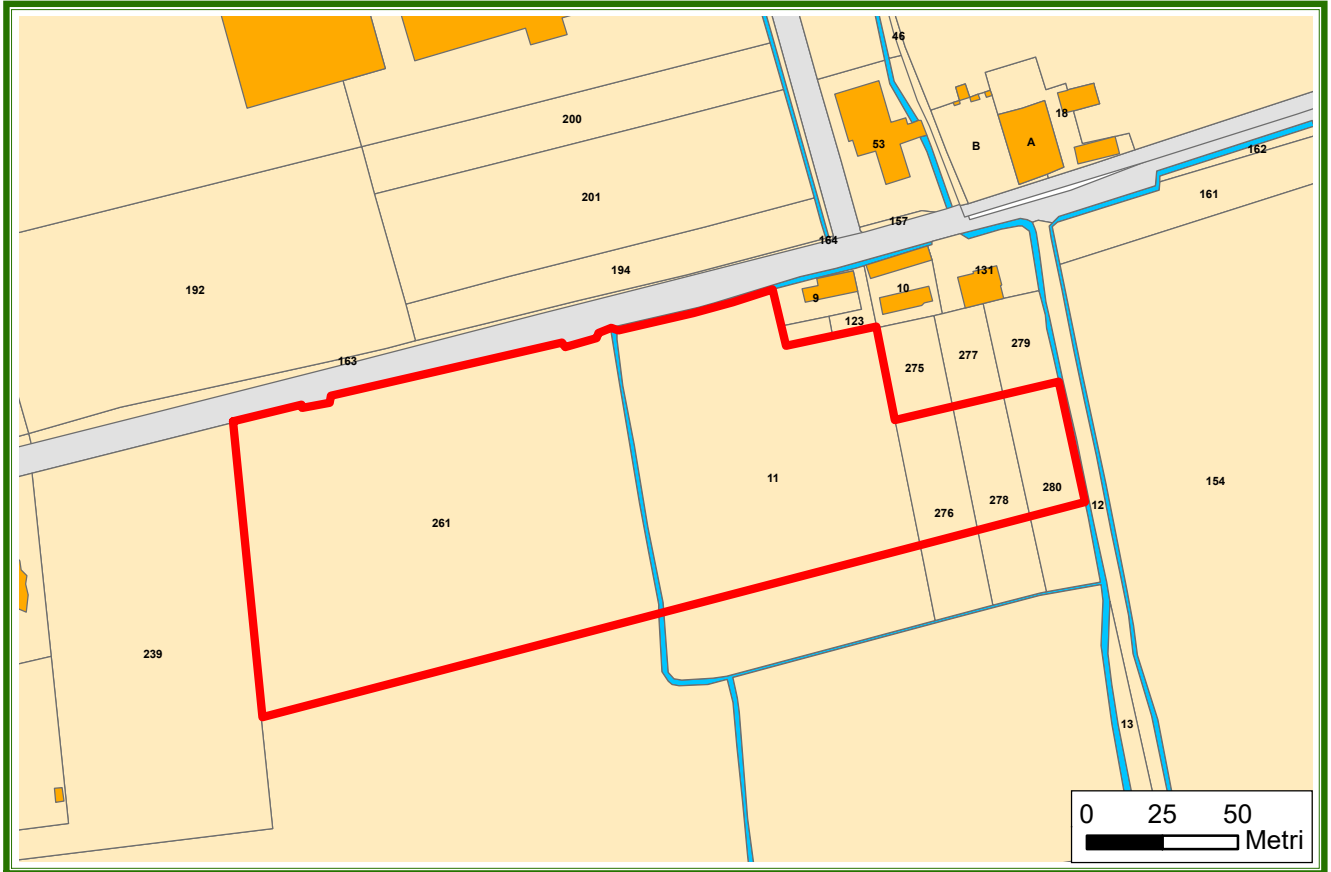


Fig. 2: Estratto di Mappa Catastale

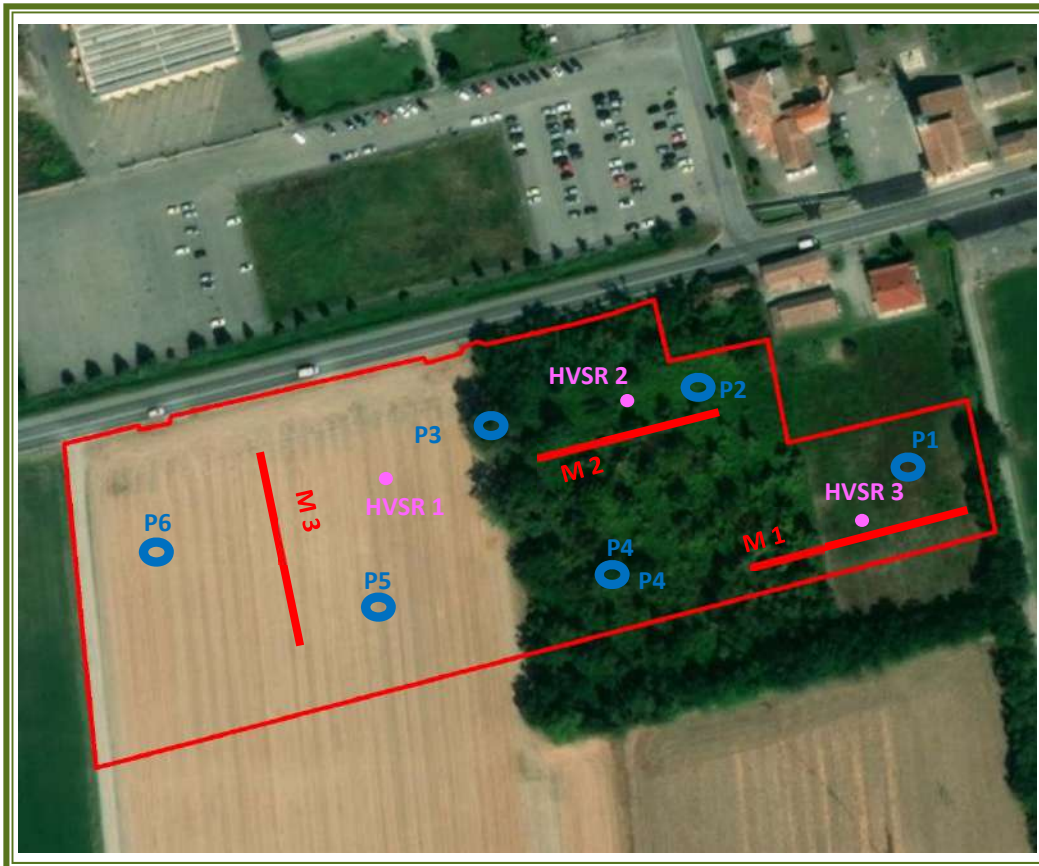


Fig. 3: Ubicazione indagini effettuate (prova penetrometriche dinamiche, prove sismiche MASW e HVS R)

- n.° 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH con penetrometro Pagani TG 63-200 riportate in **Allegato 1**;
- Indagini geofisiche di superficie (trattazione specifica in **allegato 2**) consistite in:
 - n. 3 prove MASW per la caratterizzazione della categoria di suolo sismico (VSeq)
 - n. 3 prove HVSR tipo Nakamura per la determinazione della frequenza sito specifica.

Dal confronto dei risultati ottenuti è stato possibile formulare un Modello Geologico-Geotecnico preliminare caratterizzante il primo sottosuolo. Un importante supporto, che integra ed approfondisce la conoscenza del territorio, sono le informazioni bibliografiche e d'archivio disponibili tra cui anche risultanze ottenute in occasione di pregresse indagini geognostiche svolte in aree prossime a quella di interesse e correlabili quindi al contesto geologico locale. I dati a disposizione permettono di delineare, nel loro insieme, una conoscenza di sito approfondita incrementando la risoluzione ed il dettaglio delle informazioni disponibili.

L'insieme delle informazioni raccolte ed il confronto incrociato dei risultati ottenuti hanno consentito di procedere, in un primo tempo, alla modellizzazione geologica e caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni investigati e, successivamente, ad una valutazione e stima preliminare del Carico Limite (SLU) a cui può essere assoggettato il terreno sede di imposta delle fondazioni dei futuri manufatti.

Sinteticamente le indagini eseguite furono sostanziate nelle seguenti operazioni:

- a) rilevamento geologico, geomorfologico ed indagini geognostiche/geofisiche di superficie utili alla modellazione geologica geotecnica ed idrogeologica preliminare sito specifica;
- b) caratterizzazione geomeccanica di massima del terreno presente nel sottosuolo dell'area in esame, definizione della categoria di suolo sismico di fondazione e della frequenza sito specifica;
- c) considerazioni geotecniche qualitative e semi-quantitative sull'interazione tra opera/e in progetto ed assetto geologico locale;
- d) valutazioni in merito alla compatibilità tra l'intervento in progetto ed il contesto/pericolosità geoambientale/i in cui si inseriva il volume significativo individuato.

2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Decreto n. 159 del 14.9.2005

Normative Tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

D.M 14/01/2008

Norme Tecniche per le Costruzioni

D.M 17/01/2018

Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni

3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal presente studio risulta essere ubicata nella porzione settentrionale del territorio comunale, in loc. Il Pilastro, circa 600 m a nord-est della Frazione Gragnanino, ad una quota media di circa 73 m s.l.m. (Fig. 1). Dal punto di vista morfologico, l'areale oggetto di questo studio si colloca su di un'area sub-pianeggiante all'interno della porzione sud-occidentale della pianura piacentina.

3.1 Inquadramento Geologico - Geomorfologico Regionale

L'area di indagine ricade entro il Foglio 60, denominato "Piacenza", della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100 000 (Fig. 4, 5).

Il territorio cartografato nel suddetto Foglio è diviso in due settori dal corso del fiume Po che lo percorre con direzione est-ovest, descrivendo una serie continua di meandri. Il settore a nord del Po appartiene al versante alpino della Valle Padana, rappresentando una parte marginale della pianura lombarda, e presenta i tratti terminali dei fiumi Lambro e Adda. Il settore a sud del Po appartiene invece al versante appenninico della Valle Padana ed è interessato dai tratti terminali dei seguenti affluenti di destra, che lo solcano in direzione sud-nord: Tidone, Trebbia, Nure e Riglio.

I lineamenti morfologici delle due sponde del Po presentano caratteri geomorfologici molto diversi. In destra, la piana pedeappenninica degrada dolcemente fino all'impluvio principale (Po) ed è percorsa da torrenti con alvei poco incisi, fuori dall'ambito delle proprie conoidi. In sinistra invece un'importante scarpata con andamento a festoni separa la piana antica delle basse zone di lanca, arginate, bonificate e sistemate idraulicamente, ma ancora esondabili in caso di grandi piene; inoltre, la piana antica è stata notevolmente incisa e frastagliata dagli affluenti alpini del Po (Lambro, Adda, Serio). Sono state le secolari variazioni di corso del Po, tramite la formazione, lo sviluppo ed il taglio di successivi meandri, in concomitanza col sollevamento quaternario della fascia pedeappenninica, e quindi con lo spostamento graduale verso nord dell'asse padano, a provocare questa differenza.

La litologia prevalente nel Foglio "Piacenza" è pressoché correlabile a depositi di tipo continentale di età olocenica e pleistocenica presenti in maggioranza nel settore di pianura posto a nord del Fiume Po (ad eccezione di alcuni lembi di formazioni marine plio-pleistoceniche e mioceniche presenti sul Colle di San Colombano).

In ordine crescente di età, troviamo le seguenti formazioni continentali:

- **a³** - alluvioni ghiaioso-sabbiose, attuali;

**CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000
PIACENZA Foglio 60**



Legenda

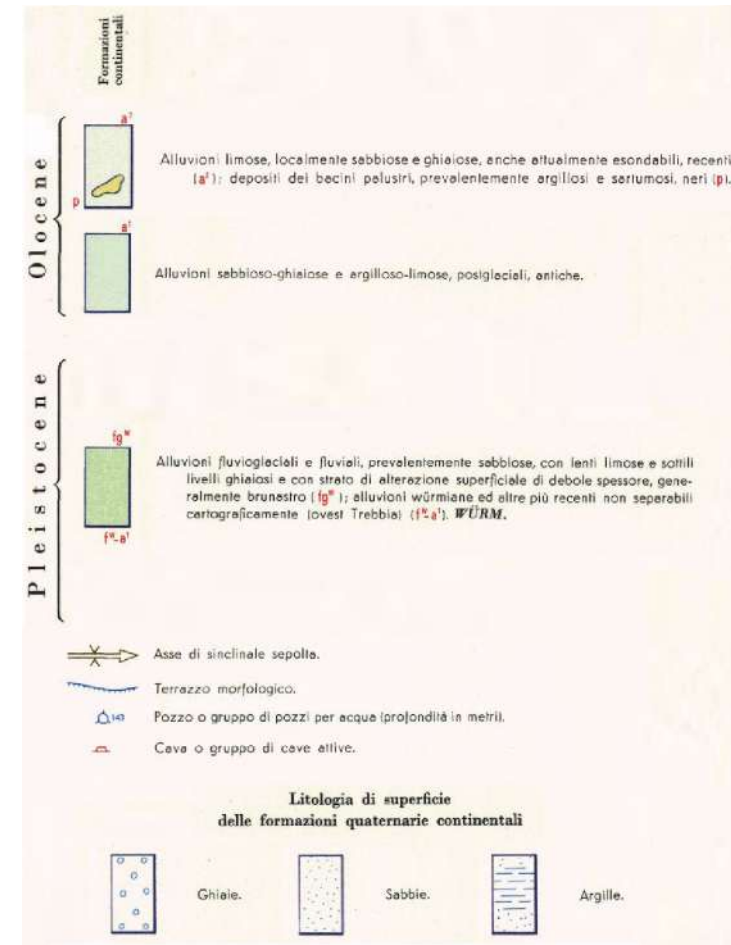


Fig. 4: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100.000 – Foglio n. 60

SEZIONE GEOLOGICA

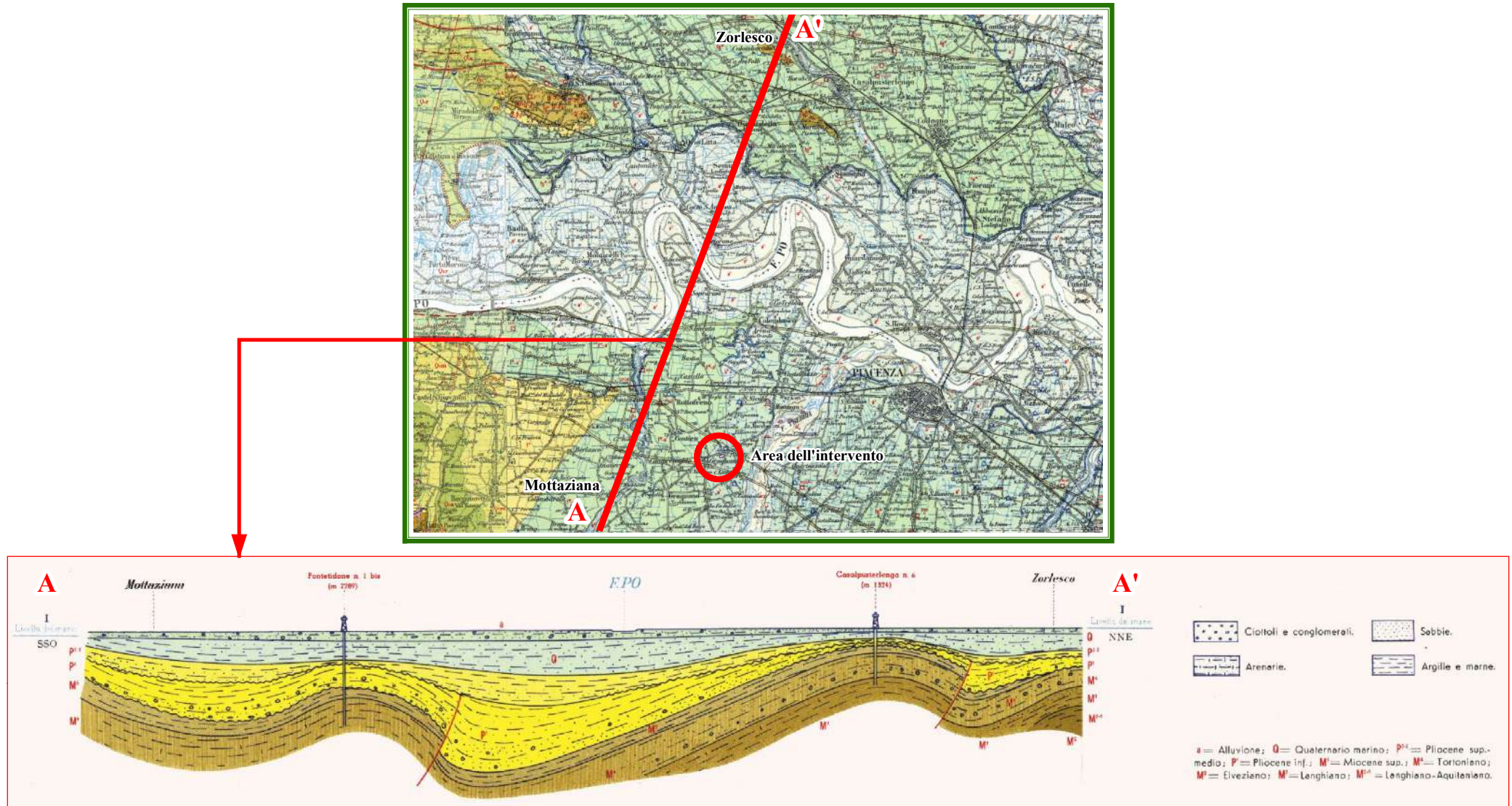


Fig. 5: Sezione Geologica dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 – Foglio 60

- **a², p** - alluvioni limose, localmente sabbiose e ghiaiose, anche attualmente esondabili, recenti (a²); depositi dei bacini palustri, prevalentemente argillosi, neri (p);
- **a¹** – alluvioni sabbioso-ghiaiose e argilloso-limose, postglaciali, antiche;
- **f^w-a¹, fg^w** – alluvioni fluvioglaciali e fluviali, prevalentemente sabbiose con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore, generalmente brunastro (fg^w); alluvioni wurmiane ed altre più recenti non separabili cartograficamente (ovest Trebbia) (f^w-a¹). WURM;
- **fg^M** – alluvioni fluvioglaciali e fluviali, a terrazzi testimoni, ghiaiose e sabbiose, con strato di alterazione di spessore sino a 4 m, più o meno cementato, spesso parzialmente eroso, ad argille giallo-ocra o talora rossicce, con ciottoli completamente decalcificati e con laccature nere di idrossido di manganese. MINDEL;

Le formazioni marine, che costituiscono lembi sporadici attorno al Colle di S. Colombano, dalle più recenti, sono:

- **Q^c-Pa, Q^c-Pc** – sabbie con intercalazioni argillose a *Hyalinea balthica* (SCHROETER). Argille grigio-azzurre a *Cardium* sp., argille grigio-verdastre a *Turritella* sp. (Q^c-Pa); calcare madreporico, lumachella a pettinidi, calcare a corallinacee, conglomerato con abbondante macrofauna a brachipodi, gasteropodi, lamellibranchi e coralli (Q^c-Pc). CALABRIANO-PLIOCENE SUPERIORE (?). Formazione di San Colombano.
- **M** – Marne ed argille con intercalazioni sabbiose e ghiaiose presso S. Colombano con rari macrofossili e con *Bolivinooides miocenicus* (GIAN.), *Cassidulina levigata* (D'ORB) e *Bolivina aria* (MACFAD. TORTONIANO). Marne di Sant'Agata Fossili.

Le successioni continentali (sostanzialmente quaternarie) non evidenziano, nelle porzioni superficiali affioranti, deformazioni duttili e/o fragili. Questi depositi sono andati progressivamente a suturare i resti del bacino marino padano, attraverso un'alternanza di fasi erosive e deposizionali. Una vasta superficie erosionale separa le successioni continentali di piana e conoide alluvionale dai sottostanti depositi marini mio-pliocenici.

Le suddette successioni continentali sono state recentemente oggetto di una nuova classificazione gerarchica in modo tale da poter meglio ripartire i depositi quaternari di pianura. La definizione

stratigrafica adottata segue un approccio basato sull'identificazione di sequenze di strati delimitati da superfici-tempo e sulla relazione genetica tra sistemi deposizionali coevi.

Si distinguono così due sequenze principali denominate:

- Supersistema Quaternario marino (corrispondente al Supersistema Padano “PD”);
- Supersistema Emiliano-Romagnolo (sigla “AE”).

A sua volta, quest'ultimo viene suddiviso in:

- Sintema (o Alloformazione) Emiliano-Romagnolo Inferiore “AEI” del Pliocene Medio (equivalente stratigrafico del Supersistema Lombardo Inferiore “LI”, Pleistocene Medio).
- Sintema (o Alloformazione) Emiliano-Romagnolo Superiore “AES” del Pleistocene Superiore - Olocene (equivalente stratigrafico del Supersistema Lombardo Superiore “LS” (Pleistocene Medio/Superiore - Olocene).

Inoltre, tale suddivisione tende ad includere altre categorie minori quali i Subsistemi e le Unità. Il sistema classificativo delle unità geologico - stratigrafiche assume pertanto un'organizzazione gerarchica che trova corrispondenza con la ciclicità climatico - deposizionale delle fasi glaciali ed interglaciali. Durante le fasi glaciali, i bacini di alimentazione dei corsi d'acqua si trovarono in condizioni di resistasia ed il paesaggio era contraddistinto da azioni erosive prevalenti sulla pedogenesi; si produssero così grandi quantità di detriti che i corsi d'acqua distribuirono più a valle. Durante le fasi interglaciali le condizioni si invertirono, e il paesaggio si evolvette da condizioni di resistasia a condizioni di biostasia; i corsi d'acqua cominciarono così ad incidere le loro alluvioni, creando quelle morfosculture note come terrazzi fluviali.

Nell'ambito del territorio comunale di Gragnano Trebbiense affiora unicamente il Sintema (o Alloformazione) Emiliano Romagnolo Superiore che ricopre le unità più antiche. Il Supersistema Emiliano Romagnolo, depositosi a partire da circa 800.000 anni BP, è costituito da terreni continentali, sedimentati al di sopra di una superficie di discontinuità regionale. L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è un'Unità alluvionale prevalentemente grossolana, di età Pleistocene medio – Olocene. Il limite di tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è netto e discordante sull'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore e su tutte le altre unità più antiche. L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è suddivisa in cinque allomembri, di cui il più recente è rappresentato dall'Allomembro di Ravenna (AES8 Pleistocene superiore - Olocene; post circa 20.000 anni B.P).

Per quanto riguarda l'assetto tettonico dell'area, le importanti traslazioni dell'edificio appenninico hanno portato le successioni emiliane ad avanzare verso settentrione, accavallandosi sui depositi medio miocenici oggi presenti nel sottosuolo (Fig. 5).

In questo contesto geodinamico si ha la formazione di una serie di strutture di tipo fragile (sovrascorrimenti e faglie inverse) e di tipo duttile (pieghe spesso rovesce) caratteristiche di una tettonica di tipo compressivo e caratterizzate da una vergenza di tipo appenninica (NW) e assi strutturali in direzione NE-SW. I terreni interessati maggiormente dalle deformazioni tettoniche sono di origine marina e hanno subito traslazioni di entità differente a seconda della loro originaria posizione paleogeografica.

Anche il bacino padano risulta essere interessato dalla strutturazione plio-pleistocenica con una serie di accavallamenti che si spingono verso N, oltre l'attuale corso del Fiume Po, costituendo nel loro insieme il cosiddetto "Fronte sepolto dell'Appennino". Particolare interesse riveste la presenza del rilievo del Colle di San Colombano, da considerarsi come il riflesso superficiale di una struttura sepolta che ha provocato il sollevamento dell'area, consentendo l'erosione dei depositi più recenti del Livello Fondamentale della Pianura e la messa in luce di depositi fluvioglaciali più antichi; dove l'erosione ha inciso di più i depositi continentali si ha un affioramento dei depositi marini del Miocene Superiore-Pliocenici. L'età del sollevamento sarebbe posteriore al Mindel.

3.2 Aspetti Geologici – Geomorfologici dell'area in esame

La zona interessata dal presente studio è ubicata in Località Il Pilastro e, dal punto di vista geologico e geomorfologico, si trova in corrispondenza della parte terminale di un sistema di terrazzi depositatesi nelle varie fasi interglaciali. Più precisamente l'area in oggetto risulta ubicata 450 m circa ad est dalla scarpata, ormai poco riconoscibile, che separa i depositi fluvioglaciali riconducibili all'ultima fase interglaciale (Fase Wurmiana) dai depositi appartenenti alla prima fase postglaciale (Alluvioni antiche). Tale "sistema terrazzato" prograda con una pendenza media del 5% verso nord e risulta limitato, verso Est, dalla scarpata che fa da raccordo alle geometricamente sottostanti "Alluvioni Postglaciali" del F. Trebbia, mentre verso Sud il limite è costituito dalle scarpate, non sempre riconoscibili, che separano il terrazzo wurmiano dai più elevati ed antichi terreni dei terrazzi rissiani e mindeliani. A ovest il limite è costituito dall'incisione del T. Tidone.

Nel dettaglio, i depositi affioranti nell'area oggetto di studio sono stati identificati come appartenenti al Sintema emiliano-romagnolo superiore e più in particolare al Subsintema di Ravenna, Unità di Modena "AES8a" (Fig. 6). L'unità è costituita, sia in contesto intravallivo che di pianura, da depositi alluvionali terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua. La scarpata fluviale che la separa dalla parte più antica del Subsintema di Ravenna varia da 1 a 2 m di altezza, mentre la scarpata fluviale che la separa dalle alluvioni attuali varia da 0.5 a 3 m di altezza. Localmente è sede di attività agricola e talora di insediamenti produttivi. L'unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limoso-argillosa discontinua. Il fronte di alterazione è di limitato spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di qualche metro. Nel sito in esame tale unità è stata intercettata a circa 0.5-1.5 m di profondità.

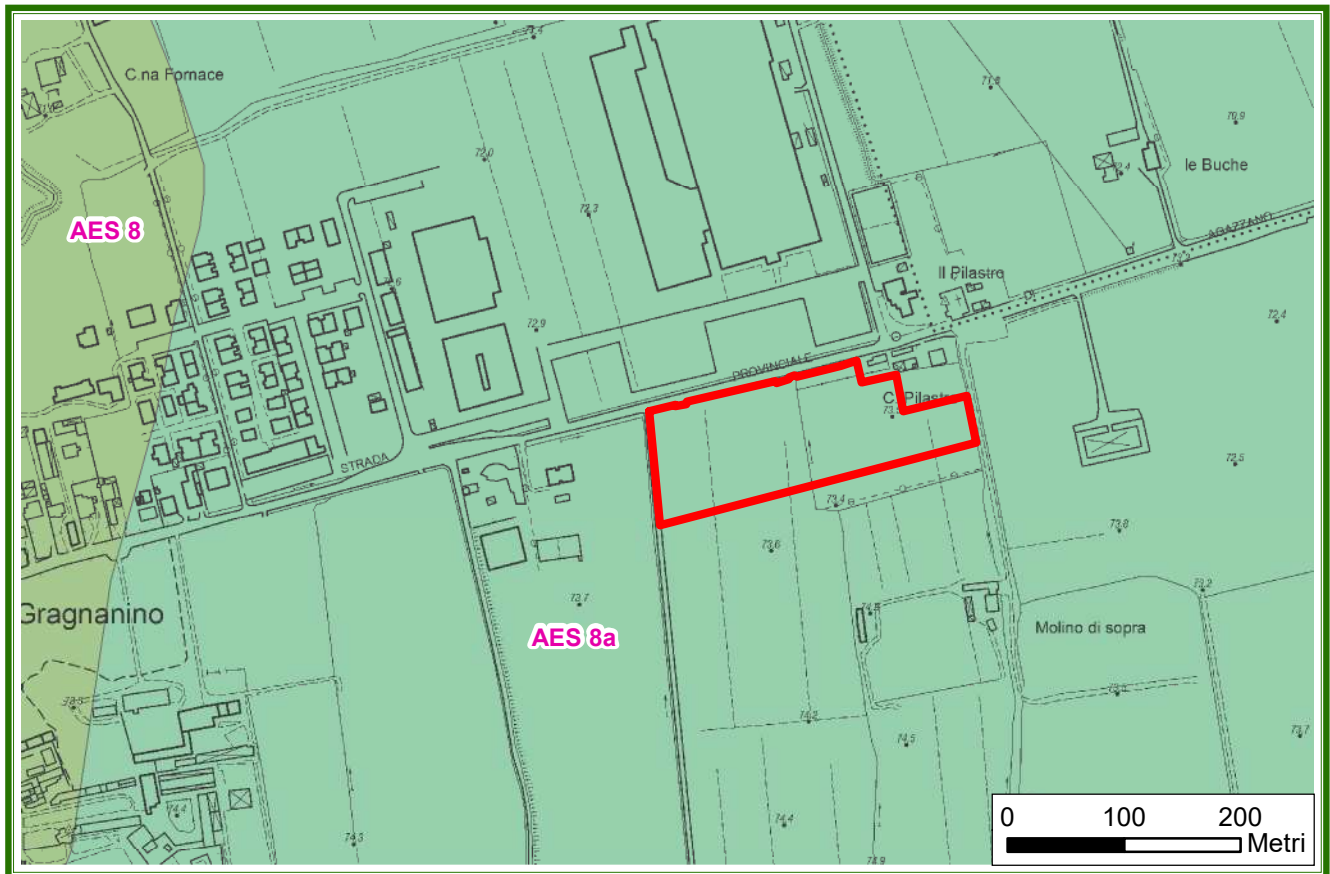
La Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici del PSC (Fig. 7) conferma che il sito è costituito in prevalenza da ghiaie e sabbie prevalenti con intercalazioni di argille e/o limi, talora con spessori di oltre 5 m.

3.3 Idrografia ed Idrogeologia (cenni)

A grande scala, il reticolo idrografico superficiale è caratterizzato dalla presenza del Fiume Po, che scorre circa 7.5 km a nord, e dei suoi tributari, caratterizzati da un orientamento complessivamente perpendicolare alla dorsale appenninica: il Fiume Trebbia, che scorre circa 1.5 km ad est del sito, ed il Torrente Tidone, che scorre invece ad ovest, alla distanza di circa 3 km. A questi si aggiunge una fitta rete di corpi idrici secondari (rii e canali di ordine inferiore) che risulta, in alcuni tratti, fortemente modificata dall'azione antropica (irrigidimento delle sponde e tombatura) operata sia per esigenze urbanistiche che agricole. Nello specifico, il Rio Marazzani attraversa l'area di studio, da nord a sud, nella parte centrale, seguendone poi in parte il limite nord-orientale; il Rio Vescovo, invece, coincide con il limite più orientale dell'area di interesse.

Dal punto di vista idrogeologico, il sito in esame si inserisce in un contesto acquifero di pianura caratterizzato da risorse idriche sotterranee cospicue e uniformemente distribuite (rispetto alle zone di collina). Esse sono identificabili nella falda freatica, presente pressoché ovunque, e molto spesso anche in falde artesiane soggiacenti a questa. Sedi di falde acquifere naturali sono le intercalazioni ghiaiose e sabbiose comprese nella coltre di sedimenti fluviali depositi dal Fiume Po e dai suoi affluenti appenninici durante l'era quaternaria. La consistenza ed il numero degli acquiferi risultano

CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA - ROMAGNA



Legenda

- AES8a - Unità di Modena
- AES8 - Subsintema di Ravenna

AES8 a – Unità di Modena

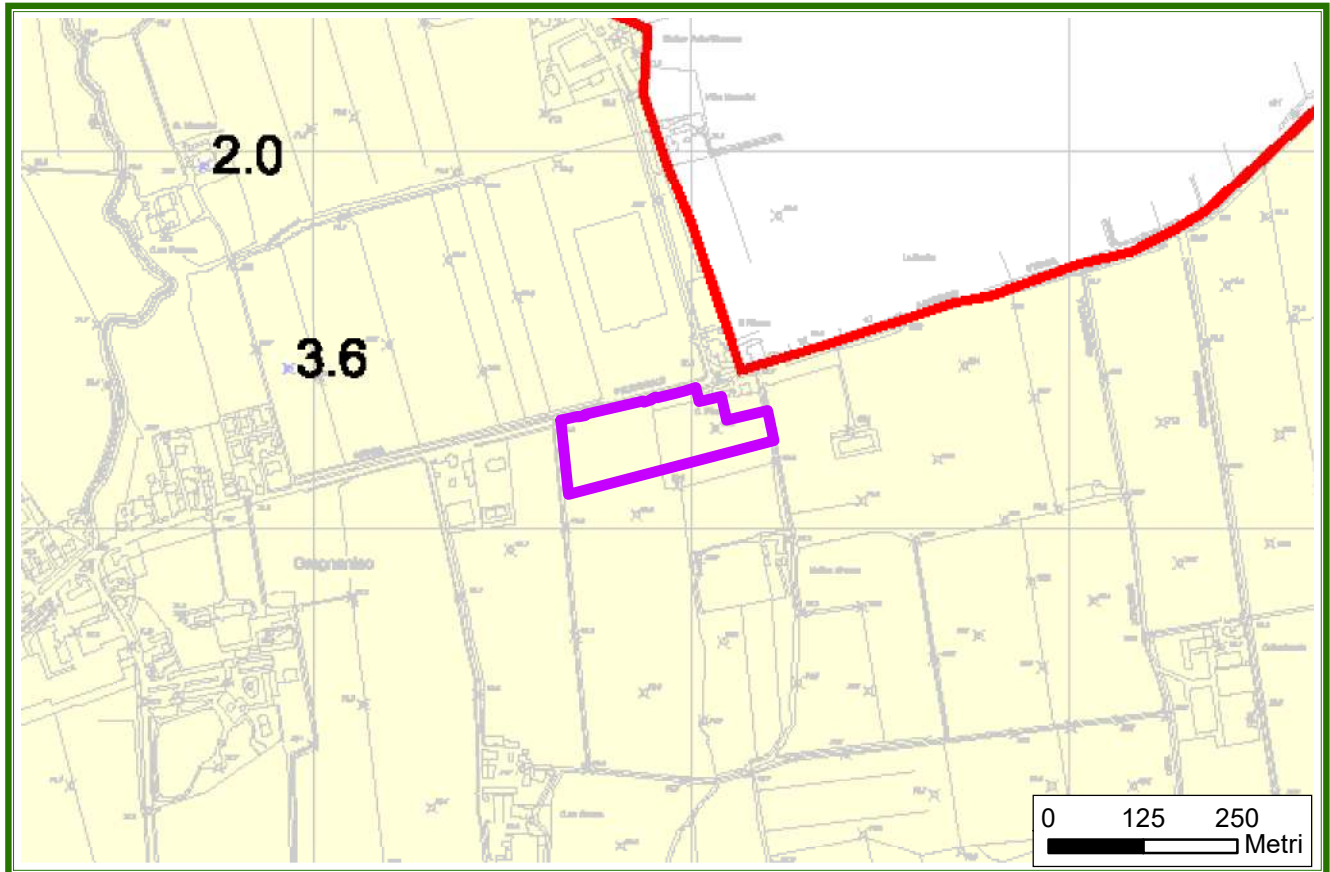
Descrizione tipologica: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

Ambiente: Piana alluvionale

Ubicazione: Pianura

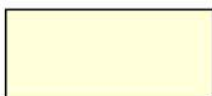
Fig. 6: Estratto Carta Geologica Regionale

ASPETTI LITOLOGICI E LITOTECNICI



Legenda

Successione stratigrafica TIPO 1



Successione stratigrafica costituita da ghiaie e sabbie prevalenti con intercalazioni di argille e/o limi, talora con spessori di oltre 5 metri.

Fondazioni dirette sono possibili per modeste condizioni di carico, in alternativa sono agevoli fondazioni indirette, essendo collocato lo strato di ghiaia a profondità contenute.

⊗ 2.0

Profilo stratigrafico (Fonte Servizio Geologico Regione Emilia Romagna); il numero indica la profondità del tetto delle ghiaie

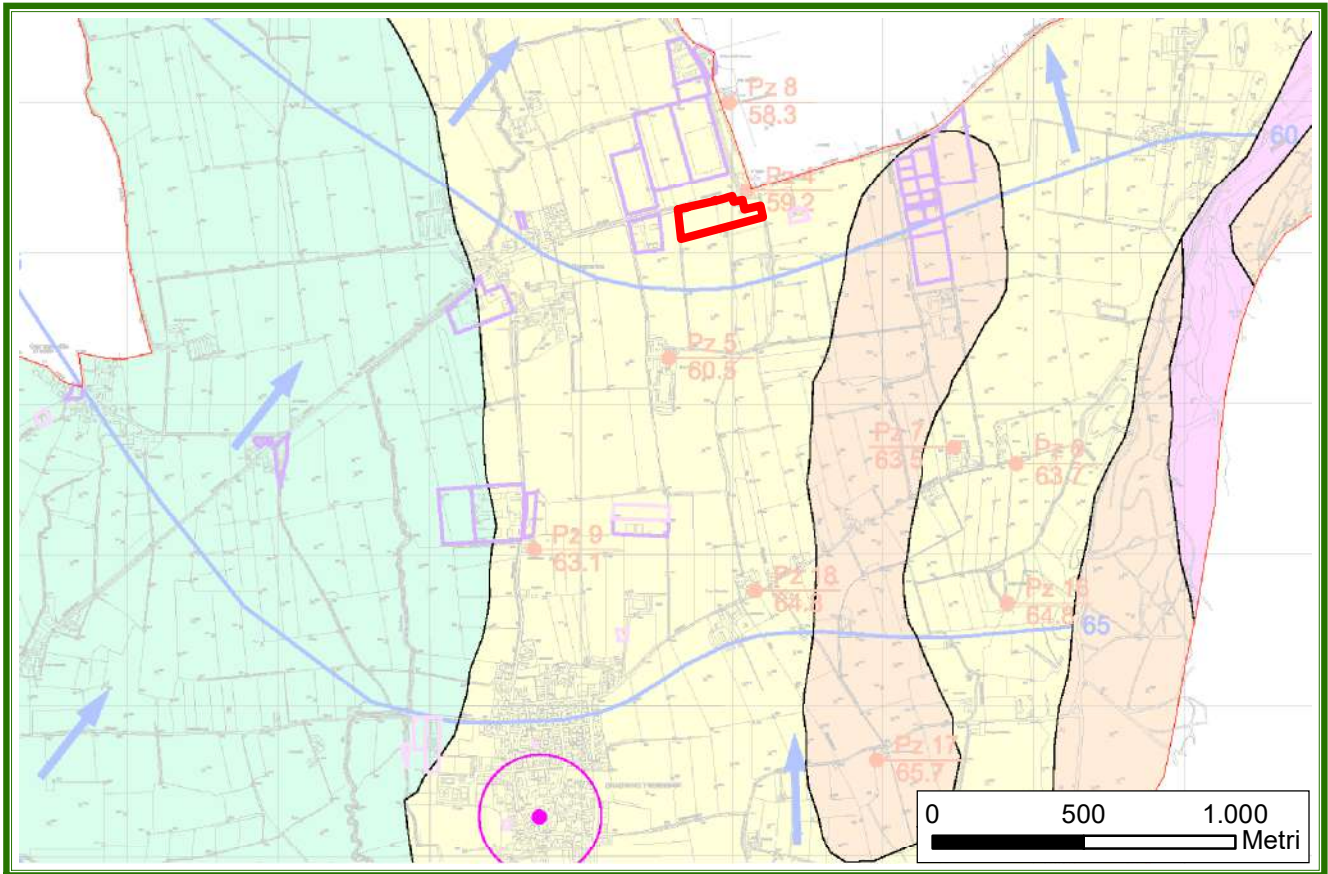
Fig. 7: Estratto Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici - PSC Gragnano Trebbiense

variabili da zona a zona, in funzione di diversi fattori, quali la vicinanza di paleoconoidi e lo spessore complessivo del materasso alluvionale che riposa su un substrato generalmente impermeabile, intensamente corrugato. L'asse principale di flusso della falda più superficiale è generalmente diretto verso Nord – Nord Est, in accordo con l'orientamento della rete idrografica principale e del gradiente topografico. La falda superficiale è principalmente alimentata per filtrazione di subalveo e, secondariamente, per filtrazione da monte e viene ampiamente utilizzata a livello locale per uso irriguo e domestico, localmente anche a scopo acquedottistico.

Secondo la Carta Idrogeologica del PSC (Fig. 8) l'area indagata è classificata come “zona con vulnerabilità Alta – litologia affiorante costituita da terreni limosi e tendenzialmente limosi, a copertura di un substrato ghiaioso relegato a profondità inferiori di 10 metri dal piano campagna: falda a pelo libero”. Le verticali penetrometriche, spinte fino ad una profondità massima di 3.0 m dal p.c., non hanno evidenziato la presenza di una falda idrica sotterranea, alla data di esecuzione della prova; ciò concorda con la carta idrogeologica del PSC di Gragnano T.se che indica la presenza della falda in corrispondenza dell'area di studio ad una profondità di circa 14-15 m dal p.c.

Non è comunque da escludere la possibile presenza di locali livelli idrici effimeri (falde sospese) al di sopra del livello della falda principale. La loro natura discontinua ed effimera è imputabile alla presenza di locali lenti poco permeabili (limose o limoso – argillose) le quali interrompono il moto di filtrazione verso il basso dell'acqua, creando così delle riserve idriche sotterranee limitate sia nello spazio che nel tempo. La presenza di orizzonti saturi superficiali, pur non essendo particolarmente rilevante ai fini idrogeologici, è significativa soprattutto dal punto di vista geomeccanico. La variabilità spazio/temporale che caratterizza la falda superficiale può essere condizionata da diversi fattori tra cui la ciclicità del regime climatico stagionale in cui i periodi siccitosi (estate) portano alla depressione del livello piezometrico, mentre i periodi climatici piovosi ne aumentano il livello portando alla coalescenza tra le falde sospese. Anche l'attività antropica potrebbe perturbare l'evoluzione dei processi naturali sovrapponendovi fattori contraddistinti anch'essi da una certa variabilità. La competenza dei corpi idrici presenti nel primo sottosuolo si riconosce quindi nel ruolo geotecnico (più che in quello idrogeologico): la presenza di orizzonti saturi superficiali, infatti, condiziona le proprietà geomeccaniche del terreno con possibili conseguenze sulle strutture fondazionali interagenti. Gli effetti delle variazioni cicliche nel contenuto naturale di umidità nel terreno interessano in modo particolare i minerali argillosi costituenti che, per struttura, sono più di altri soggetti a variazioni reologiche. Questo fenomeno, schematizzabile in un'alternanza ciclica di umattazione ed essiccamento, può causare locali ed indesiderati cedimenti strutturali, specie nel caso di una errata scelta della quota del piano fondazionale.

CARTA IDROGEOLOGICA



Legenda

- Zone con vulnerabilità Elevata**
Litologia affiorante costituita da ghiaie e/o sabbie rappresentanti la zona insatura soprastante l'acquifero principale; copertura fine assente o presente con spessori ridotti, perturbata dai processi biologici delle radici e degli animali; falda a pelo libero
- Zone con vulnerabilità Alta**
Litologia affiorante costituita da terreni limosi e tendenzialmente limosi, a copertura di un substrato ghiaioso relegato a profondità inferiori di 10 metri dal piano campagna; falda a pelo libero
- Zone con vulnerabilità Media**
Litologia affiorante costituita da terreni limosi e tendenzialmente limosi, a copertura di un substrato ghiaioso relegato a profondità maggiori di 10 metri dal piano campagna, oppure caratterizzata da terreni argillosi e tendenzialmente argillosi, a copertura di un substrato ghiaioso relegato a profondità inferiori di 10 metri dal piano campagna; falda a pelo libero
- Pz 7**
89.9
Pozzi
Punti di misura del livello idrico
- 89**
Isopieze (m s.l.m.) - campagna di misura giugno 1998
Definiscono l'assetto morfo-planimetrico del livello idrico
- Direzione del flusso idrico sotterraneo**
Esprime la direzione del moto della falda idrica
- Pozzi ad uso idropotabile con relativa fascia di rispetto dei 200 m**
- Aree produttive esistenti**
- Attrezzature tecnologiche esistenti**

Grado di vulnerabilità	Litologia di superficie	Profondità tetto ghiaie	Caratteristiche dell'acquifero
M Medio	Argilla	< 5 m	Falda a pelo libero
	Limo	> 10 m	Falda a pelo libero
	Limo	< 10 m	Falda in pressione
	Sabbia	> 10 m	Falda in pressione
A Alto	Sabbia	> 10 m	Falda a pelo libero
	Sabbia e/o Ghiaia	< 10 m	Falda a pelo libero
E Elevato	Limo	< 10 m	Falda a pelo libero
	Sabbia	< 10 m	Falda a pelo libero

Classi di vulnerabilità degli acquiferi (GNDCI - CNR; AA.VV., 1988)

Fig. 8: Estratto Carta degli Aspetti Idrogeologici - PSC Gragnano Trebbiense

3.4 Pericolosità Geo-ambientale e Strumenti Urbanistici

Come evidenziato nelle carte della pericolosità da alluvione della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni), l'area di studio ricade all'esterno degli scenari di rischio sia relativamente al reticolo secondario collinare e montano (Fig. 9) che a quello secondario di pianura (Fig. 10).

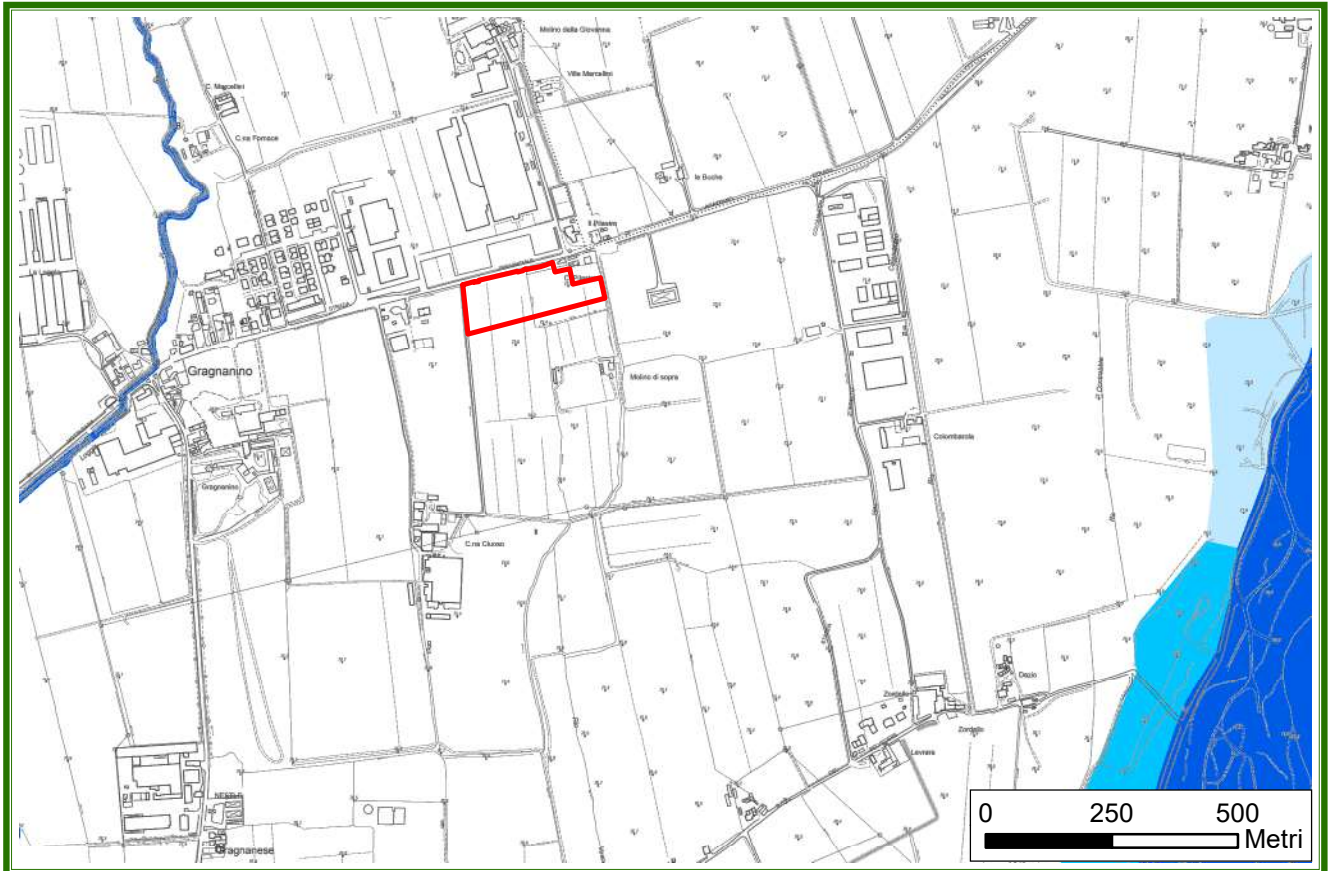
In base a quanto illustrato nella Carta dei Vincoli Idrogeologici e Idraulici del PSC (Fig. 11) l'area di interesse ricade in una zona di ricarica indiretta della falda, classificata come "settore B" (art. 42 del PSC), idrogeologicamente identificabile come sistema debolmente compartimentato in cui alla falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, invece, il sito in oggetto ricade in una zona con medio-basso rischio di amplificazione dell'accelerazione sismica (Fig. 12).

Nella carta della fattibilità geologica alle trasformazioni dell'uso del suolo del PSC (Fig. 13), l'area di interesse viene classificata come "zona a fattibilità con modeste limitazioni all'insediamento residenziale e industriale". Si tratta di zone che presentano problematiche sotto il profilo geotecnico e idraulico, ma facilmente risolvibili attraverso adeguati accorgimenti costruttivi da definire in sede di progettazione, sulla base di specifici approfondimenti per la mitigazione del rischio. Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. In particolare i materiali impiegati per le pavimentazioni dovranno favorire l'infiltrazione nel terreno e comunque la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione. Tutti i nuovi interventi edilizi dovranno inoltre essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica del contesto in cui s'inseriscono garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e di recapito delle acque superficiali. È vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, sia con opere definitive sia provvisorie, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.



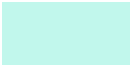
Per gli interventi edilizi che provochino l'impermeabilizzazione di grandi superfici di terreno, al fine di evitare un aumento eccessivo di carico idraulico nella rete di scolo superficiale e nella rete fognaria esistente si dovranno utilizzare degli appositi bacini di accumulo temporaneo per la raccolta delle acque intercettate dalle coperture degli edifici nel rispetto di quanto previsto dal DPR 18.02.1999 n. 238. I manufatti di raccolta, di recapito e di accumulo delle acque meteoriche dovranno essere compresi, unitariamente, nelle opere di urbanizzazione primaria.

PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE DEL RETICOLO SECONDARIO COLLINARE E MONTANO

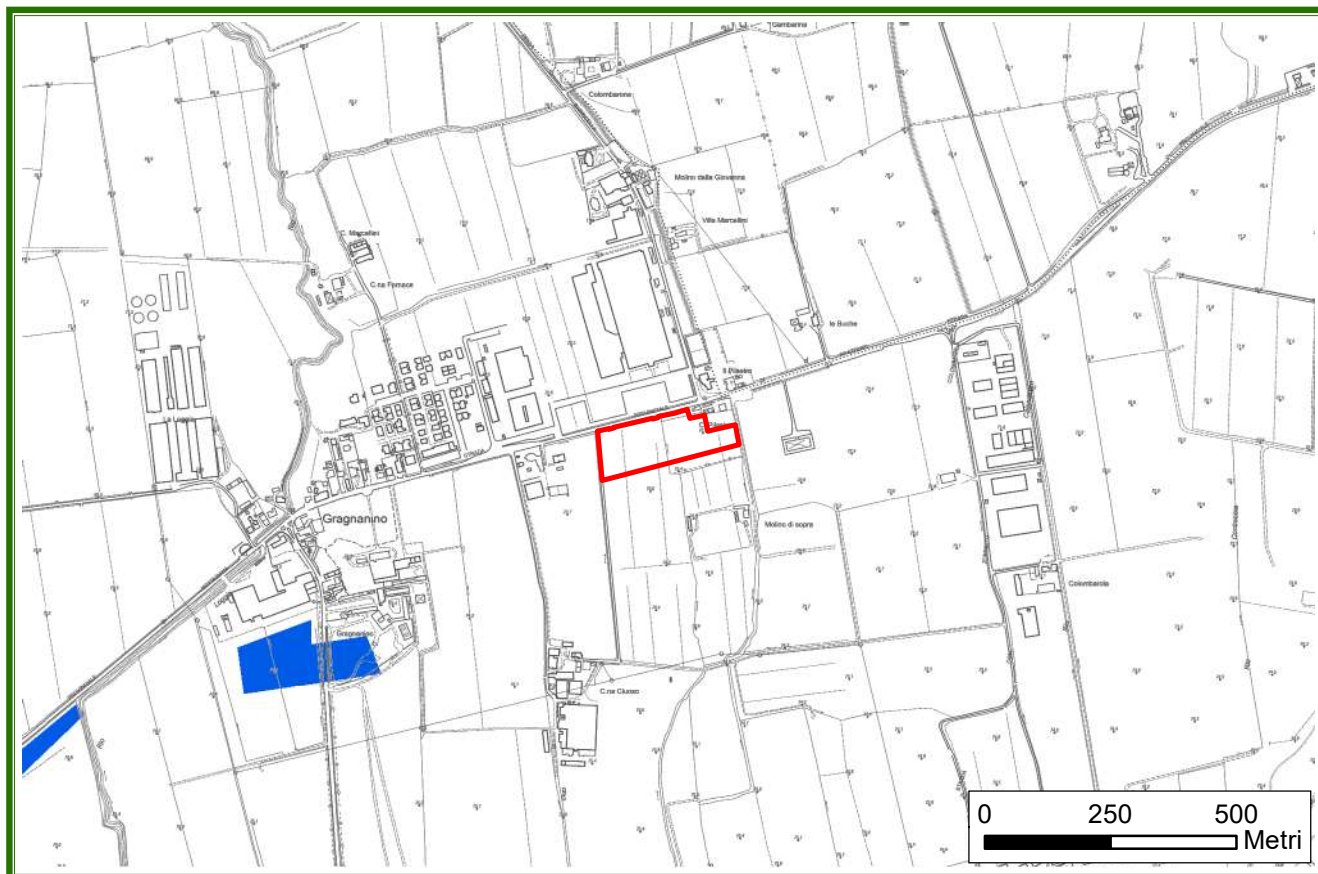


Legenda

Pericolosità da alluvione del reticolo secondario collinare e montano


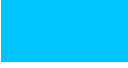

-  P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
-  P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
-  P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE DEL RETICOLO SECONDARIO DI PIANURA

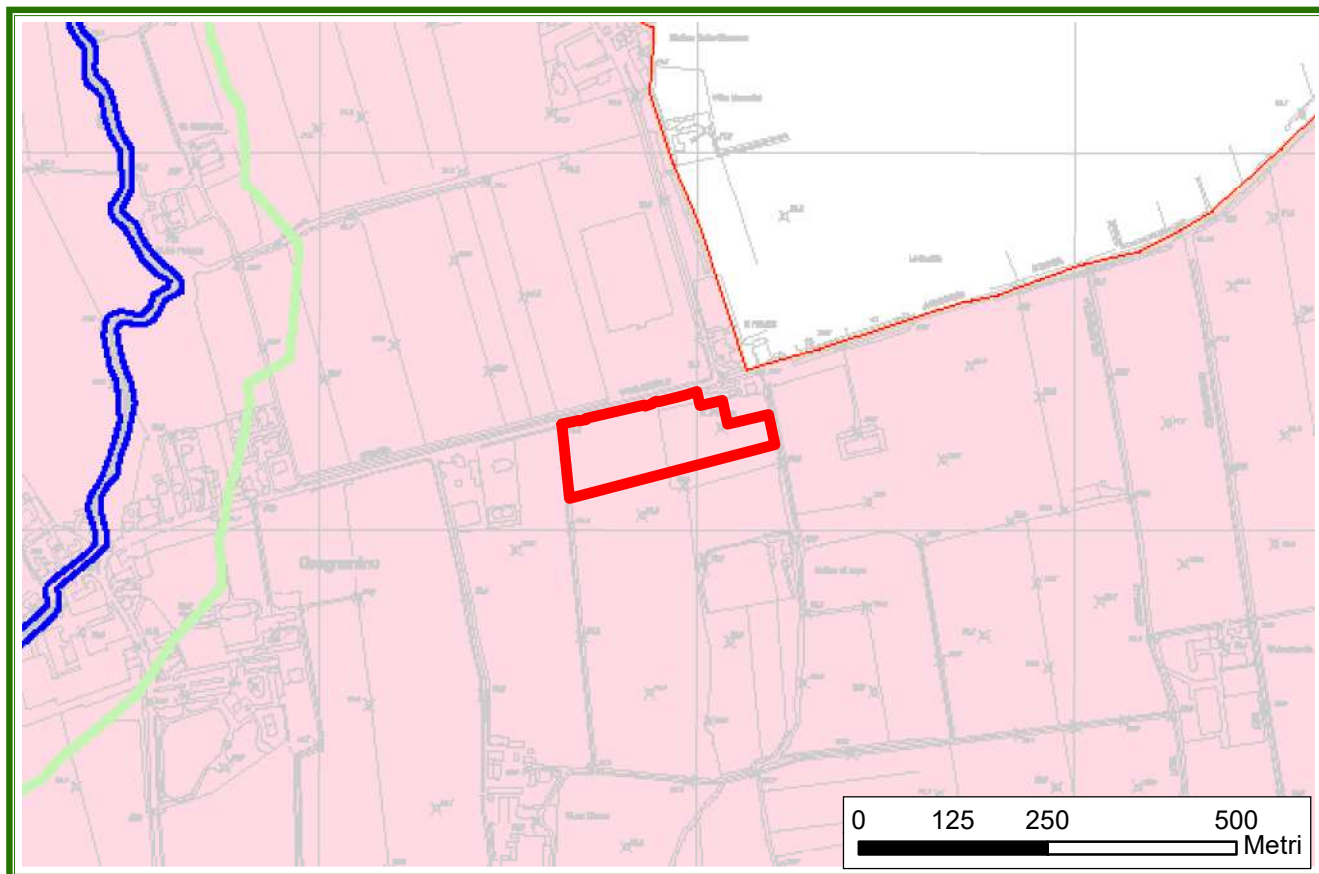


Legenda

Pericolosità da alluvione del reticolo secondario di pianura

-  P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
-  P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
-  P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

SISTEMA IDROGEOLOGICO: CARTA DEI VINCOLI



Legenda

SETTORE B

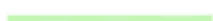


Aree caratterizzate da ricarica indiretta della falda, generalmente comprese tra la zona A e la media planura, idrogeologicamente identificabili come sistema debolmente compartimentato, in cui la falda freatica superficiale segue una falda semiconfinata in collegamento per drenanza verticale.

Fasce fluviali coerenti con PTCP 2007

A1

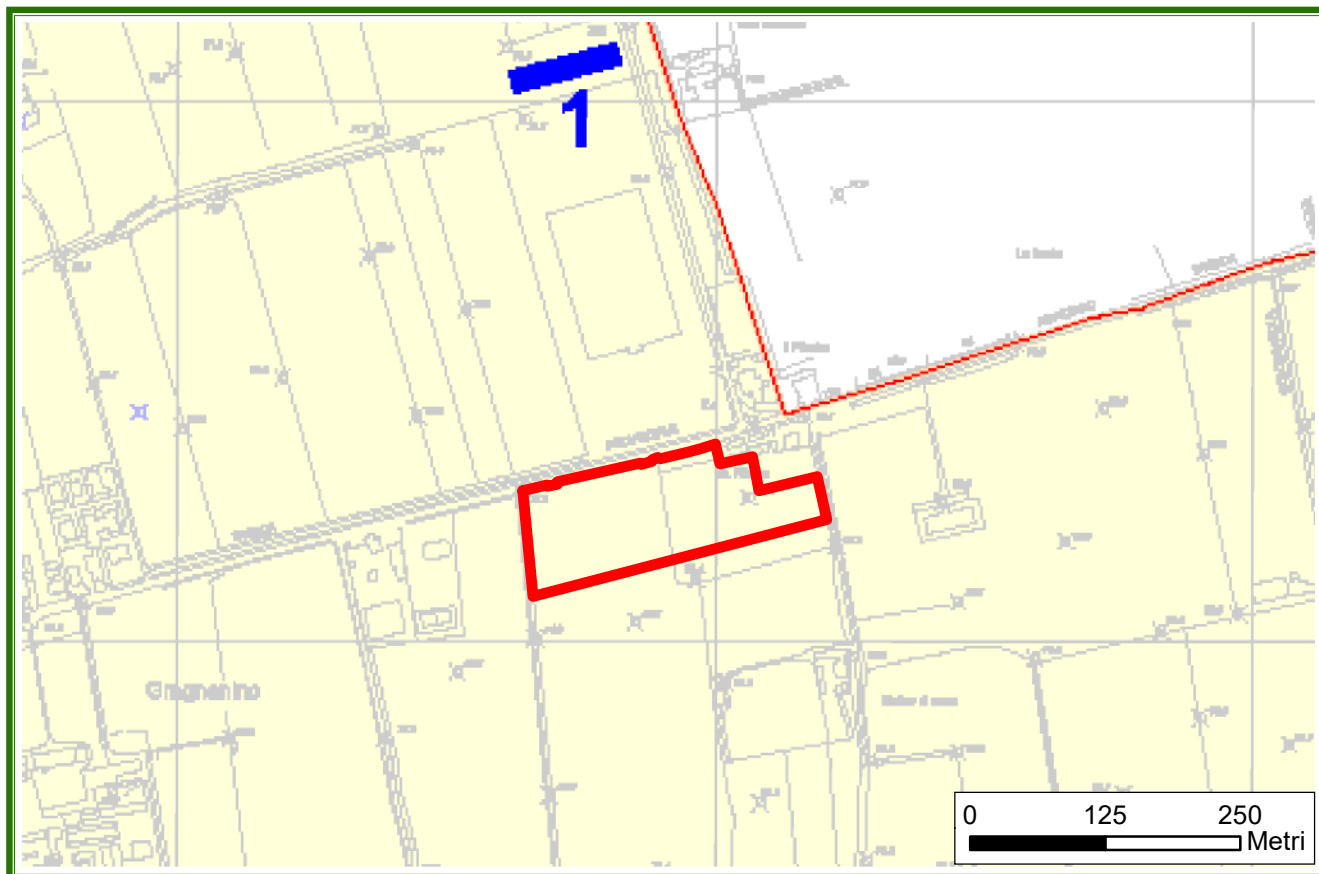
Zona A1 - Alveo attivo o Invaso



Limite della zona a vincolo paesaggistico ai sensi del D.L.vo 42.2004

Fig. 11: Estratto Carta dei Vincoli del Sistema Idrogeologico - PSC Gragnano Trebbiense

CARTA DEGLI ASPETTI SISMICI



Legenda

ZONE CON MEDIO-BASSO RISCHIO DI AMPLIFICAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA

Il profilo stratigrafico, fino alla profondità di 30 metri dal piano campagna, nell'ambito del territorio comunale di Gagnano può essere schematizzato come segue:

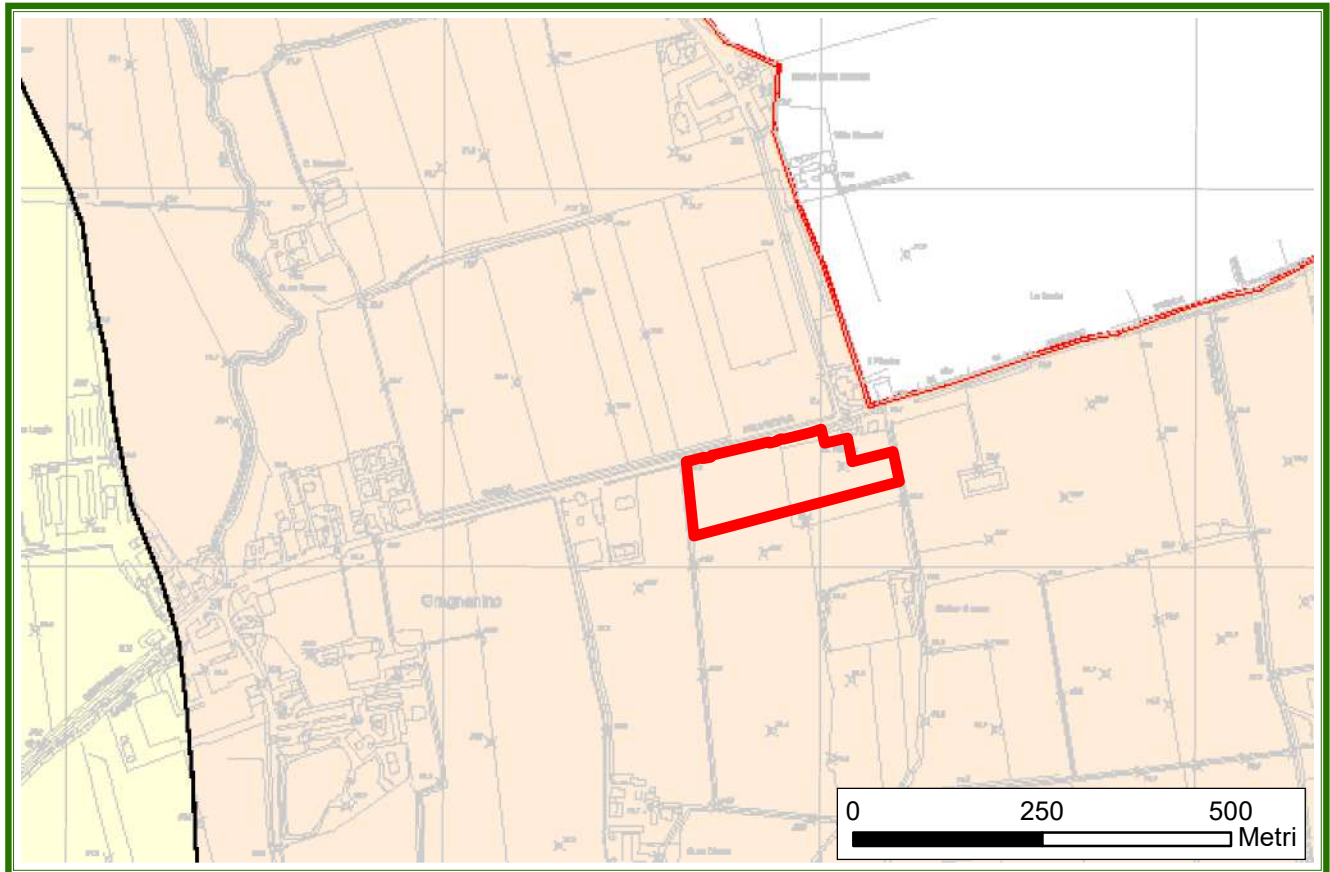
- argille e limi prevalenti soffici dell'olocene e tardo pleistocene con spessore compreso tra un minimo di 1,0 metri ed un massimo di 5 metri, per un valore medio pari a 3 metri;
- ghiaie in matrice sabbiosa e prevalenti con spessore medio pari a 25metri;

LA CATEGORIA DI SUOLO E' TIPO B

Indagline sismica (Amblter 2007)

Fig. 12: Estratto Carta degli Aspetti Sismici - PSC Gagnano Trebbiense

FATTIBILITA' DELLE TRASFORMAZIONI



Legenda





-  Zone a fattibilità senza particolari limitazioni all'insediamento residenziale e industriale
-  Zone a fattibilità con modeste limitazioni all'insediamento residenziale e industriale
-  Zone a fattibilità con consistenti limitazioni all'insediamento residenziale e industriale
-  Zone a fattibilità con gravi limitazioni all'insediamento residenziale e industriale

Fig. 13: Estratto Carta della Fattibilità delle Trasformazioni - PSC Gragnano Trebbiense

Per quanto concerne la gestione territoriale in termini di strumentazione urbanistica, la carta dei Vincoli Antropici ed Infrastrutturali del PSC (Fig. 14) e la Carta dei vincoli del Quadro Conoscitivo del PSC (Fig. 15) evidenziano la fascia di rispetto stradale nella porzione settentrionale dell'area e quella di rispetto cimiteriale nella porzione più orientale.

Dalla lettura della Carta dei Condizionamenti della Pianificazione Sovraordinata del PSC (Fig. 16) e dalla Carta della Tutela Ambientale, Paesaggistica e Culturale del PTCP (Fig. 17) si evince che l'area interessata dall'intervento si trova all'interno di un ambito interessato da bonifiche storiche di pianura (art.17 PSC 2). In tali aree gli interventi di nuova edificazione devono essere coerenti con l'organizzazione territoriale e di norma costituire unità accorpate urbanisticamente e paesaggisticamente con l'edificazione preesistente. L'area ricade inoltre all'interno delle zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (art. 36 bis del PTCP).

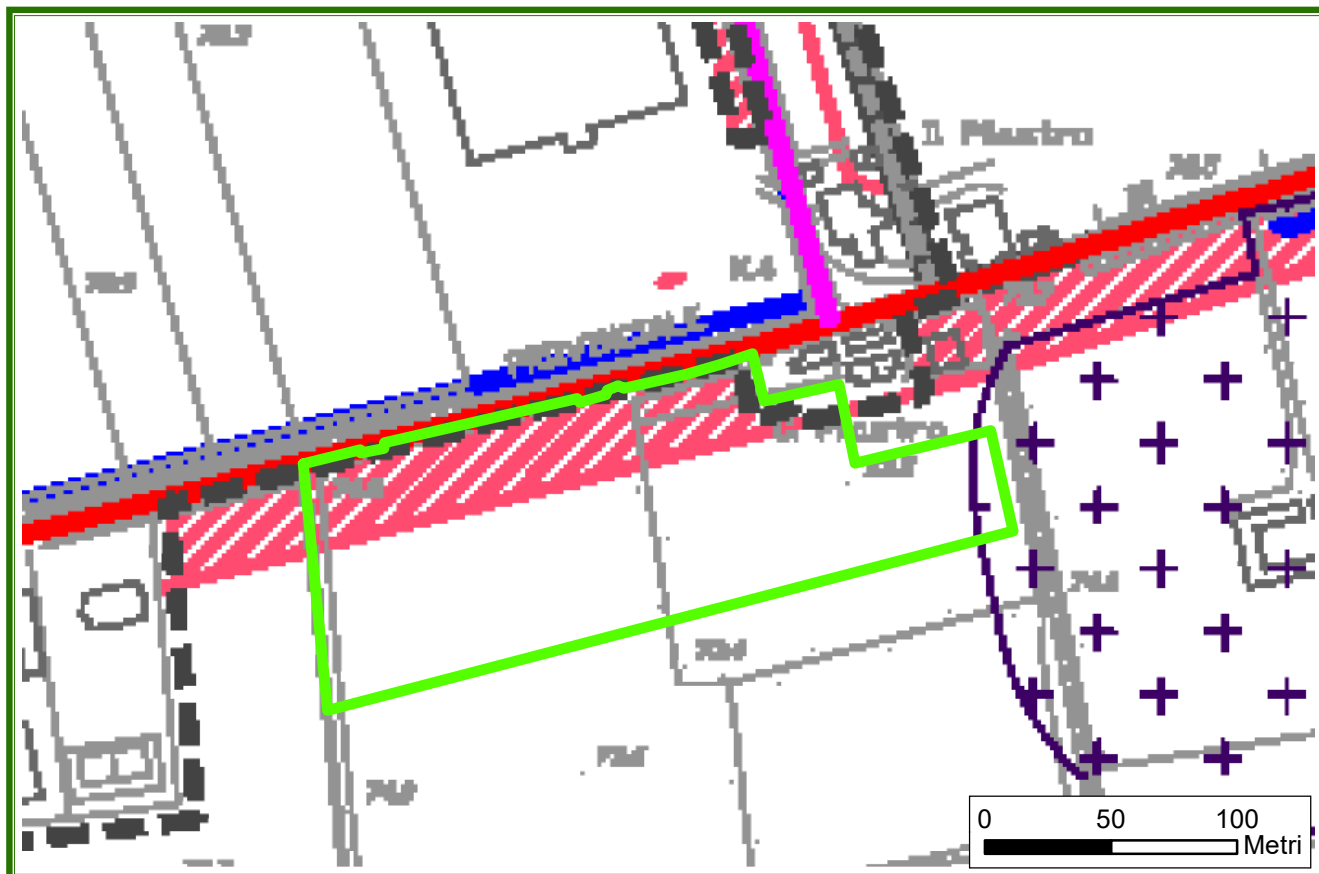
La Carta dei Vincoli Storici e Ambientali del PSC (Fig. 18) e la Carta delle aree e dei beni soggetti a vincolo culturale e paesaggistico (dlgs 42/2004) del PTCP (Fig. 19) non segnalano nessun elemento tutelato nell'area di studio.

Dall'analisi della Carta Schema Direttore della Rete Ecologica del PTCP (Fig. 20) si evince che la zona ricade negli ambiti di connessione da consolidare e migliorare in pianura.

Secondo la Carta delle Vocazioni Territoriali e degli Scenari di Progetto del PTCP (Fig. 21) il sito ricade tra gli ambiti ad alta vocazione produttiva-agricola.

Dalla Carta del Piano Strutturale Comunale di Gragnano Trebbiense (Fig. 22) si evince che la porzione più ampia dell'area rientra tra gli **ambiti di possibile riorganizzazione dei centri frazionali (art. 37 PSC 2)**: si tratta di ambiti caratterizzati dalla previsione di potenziale riorganizzazione delle previsioni del PRG vigente rimaste non attuate (prevalentemente per funzioni residenziali e per servizi), localizzate nelle aree limitrofe all'area urbanizzata del capoluogo e nei tessuti consolidati dei centri frazionali. I nuovi insediamenti saranno individuati e selezionati dal POC all'interno di tali ambiti e sottoposti a progettazione unitaria, al fine di programmare l'esecuzione dei manufatti e l'attivazione delle diverse funzioni previste, assicurando la contestuale realizzazione delle dotazioni ad essi connesse. La porzione più meridionale rientra invece tra gli **ambiti a vocazione produttiva agricola (art 43 PSC 2)**, si tratta di ambiti che presentano elevate caratteristiche pedologiche ed

VINCOLI ANTROPICI ED INFRASTRUTTURALI

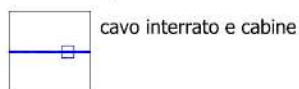


Legenda

TUTELE ANTROPICHE ED INFRASTRUTTURALI (art.31 I.N.)

Rete elettrica (L.R. 30/2000 e relativa direttiva di applicazione DGR 197/2001)

Reti elettriche a media tensione (tensione pari o inferiore a 35 kV) e relative fasce di rispetto



Reti gas e relative fasce di rispetto (D.L.M. 24/11/1984 - DM 21/12/91)

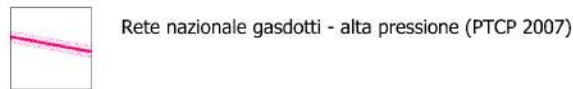
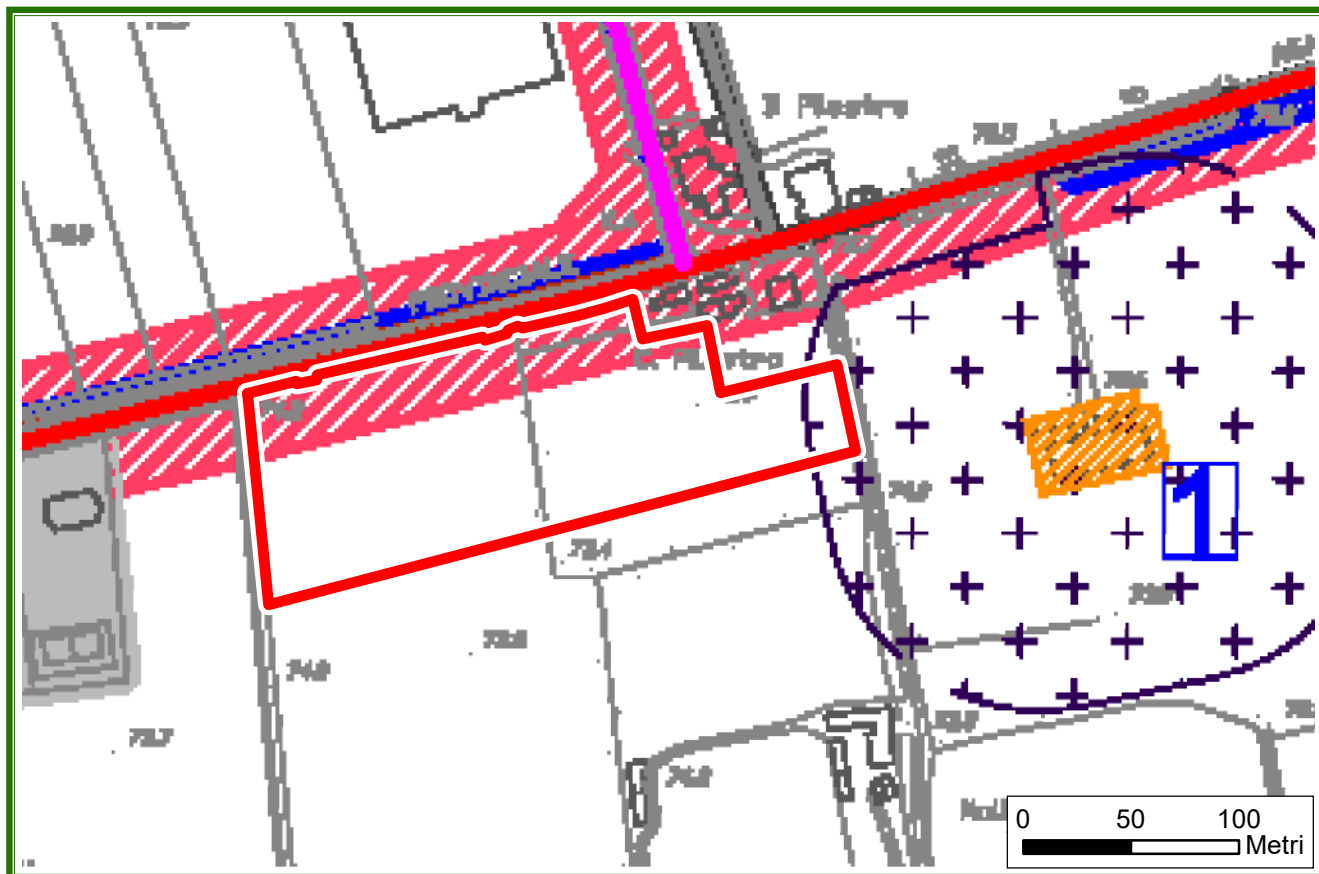


Fig. 14: Estratto Carta dei Vincoli Antropici ed Infrastrutturali - PSC Gragnano Trebbiese

CARTA DEI VINCOLI




Legenda

VINCOLI ANTROPICI E INFRASTRUTTURALI

Rete elettrica (L.R. 30/2000 e relativa direttiva di applicazione DGR 197/2001)

Reti elettriche a media tensione (tensione pari o inferiore a 35 kV) e relative fasce di rispetto

 cavo interrato

 Viabilità secondaria e relativa fascia di rispetto (DPR 610/1996)
Strade extraurbane secondarie (strade di tipo C) con fascia di rispetto di 30 m.

 Viabilità locale e relativa fascia di rispetto (DPR 610/1996)
Strade locali (strade di tipo F) con fascia di rispetto di 20 m.

 Fasce di rispetto cimiteriale
(R.D. 1265/34, DPR 285/1990)
Rappresentano le zone attorno ai cimiteri, all'interno delle quali non è consentita alcuna trasformazione eccetto gli interventi di manutenzione. Per i cimiteri esistenti la fascia di rispetto è di 100 m, ridotta con parere favorevole AUSL; per eventuali ampliamenti tale ampiezza non può essere inferiore a 50 m dai centri abitati (comuni con popolazione inferiore a 20.000 abitanti).

VINCOLI "CODICE DEI BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO" (D.Lgs. 22 gennaio 2004, n.42)

BENI CULTURALI SOTTOPOSTI ALLE DISPOSIZIONI DELLA PARTE SECONDA DEL DLGS 42/2004 (art.10)

 Beni pubblici vincolati
1. Gragnanino - Loc. Il Pilastro - Cimitero



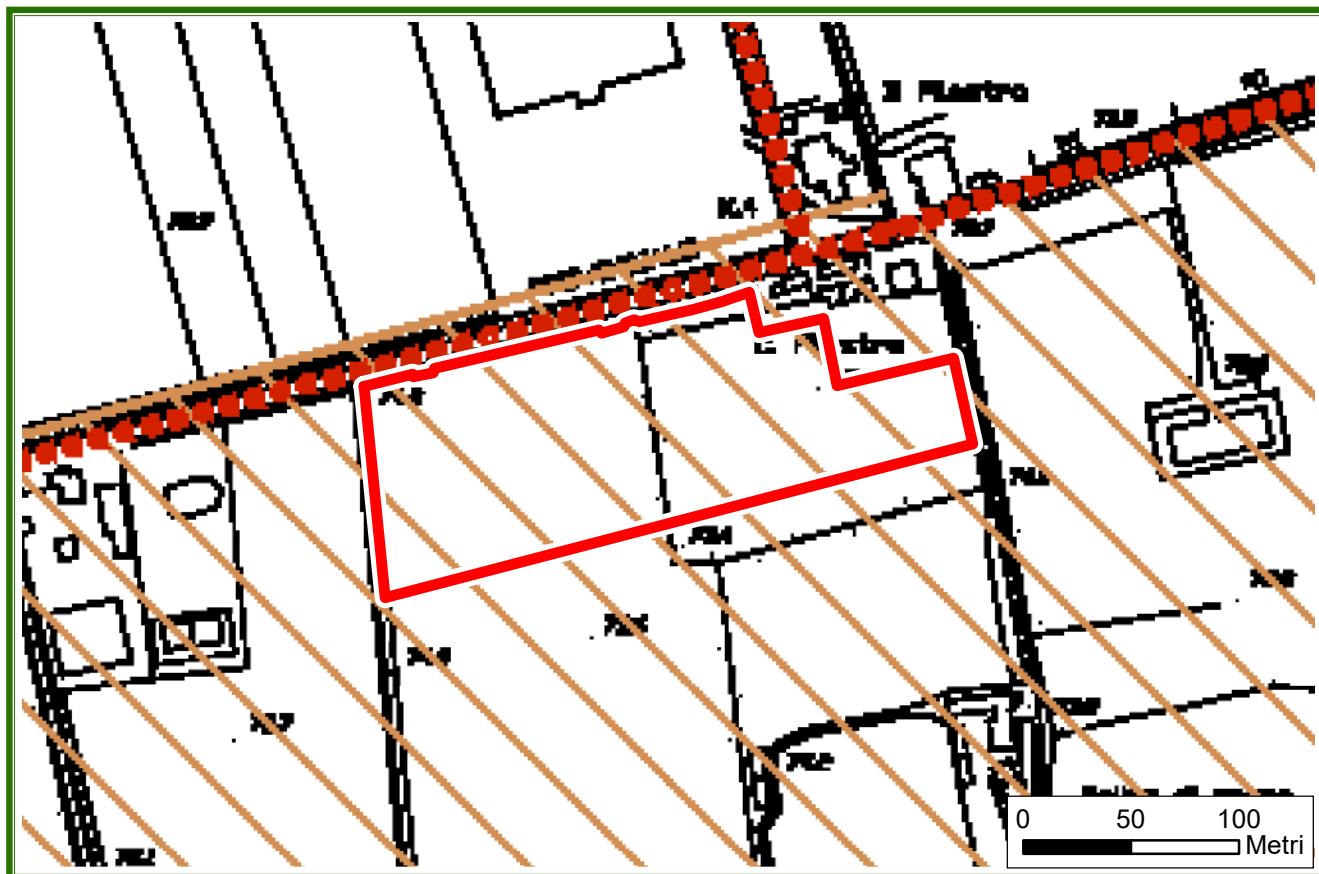
 Confine comunale  Centri abitati

Fig. 15: Estratto Carta dei Vincoli del Quadro Conoscitivo - Piano Strutturale Comunale di Gragnano Trebbiense

CONDIZIONAMENTI



Legenda

AMBITI DI INTERESSE STORICO - TESTIMONIALE



Ambiti interessati da bonifiche storiche di pianura (art.26 PTCP 2007)
(art.17 PSC2)

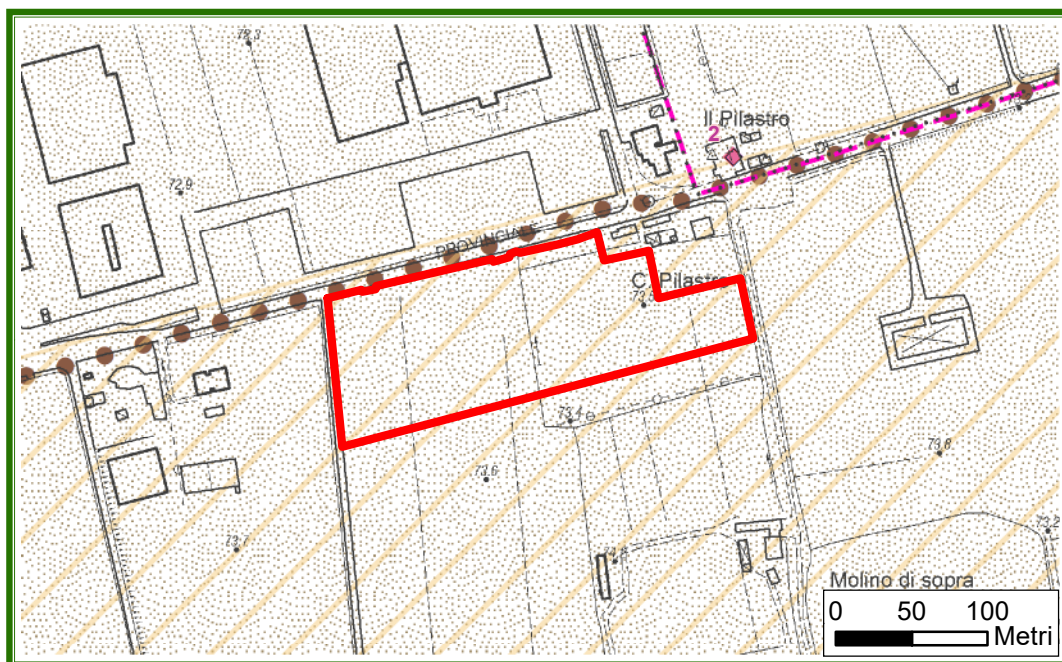
Terreni agricoli interessati da bonifiche storiche di pianura; tale ambito, prevede che i Comuni provvedano a definire strumenti di tutela generale per evitare l'alterazione delle caratteristiche essenziali degli elementi dell'organizzazione territoriale; l'edificazione deve essere coerente con l'organizzazione territoriale e con l'edificazione preesistente.



Viabilità storica (art.27 PTCP 2007) (art.18 PSC2)

Indicazioni del PTCP finalizzate a fornire indirizzi per la tutela della viabilità storica, sia per quanto concerne gli aspetti strutturali sia per quanto attiene l'arredo e le pertinenze di pregio.

CARTA TUTELA AMBIENTALE, PAESAGGISTICA E STORICO CULTURALE DEL PTCP



Legenda

art.
PTCP

CORPI IDRICI SUPERFICIALI E SOTTERRANEI



Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei

36 bis

AMBITI DI INTERESSE STORICO TESTIMONIALE

21 ◆

Architettura religiosa ed assistenziale (*chiese, oratori, santuari, monasteri, conventi, ospedali*)

25



Zone interessate da bonifiche storiche di pianura

26



Percorso consolidato

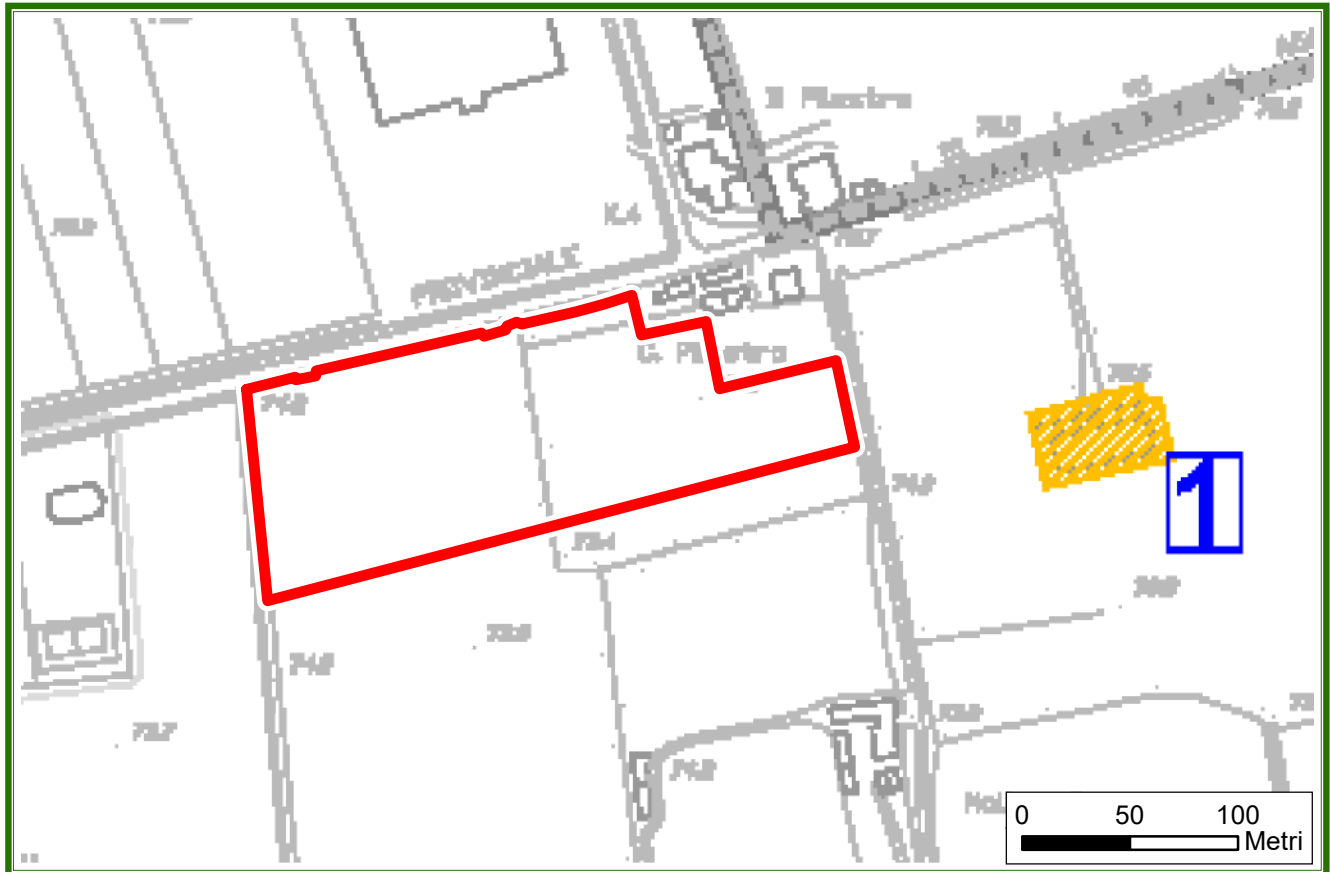
27



Confini amministrativi

Fig. 17: Estratto Carta della Tutela Ambientale, Paesaggistica e Culturale del PTCP

VINCOLI STORICI E AMBIENTALI



Legenda



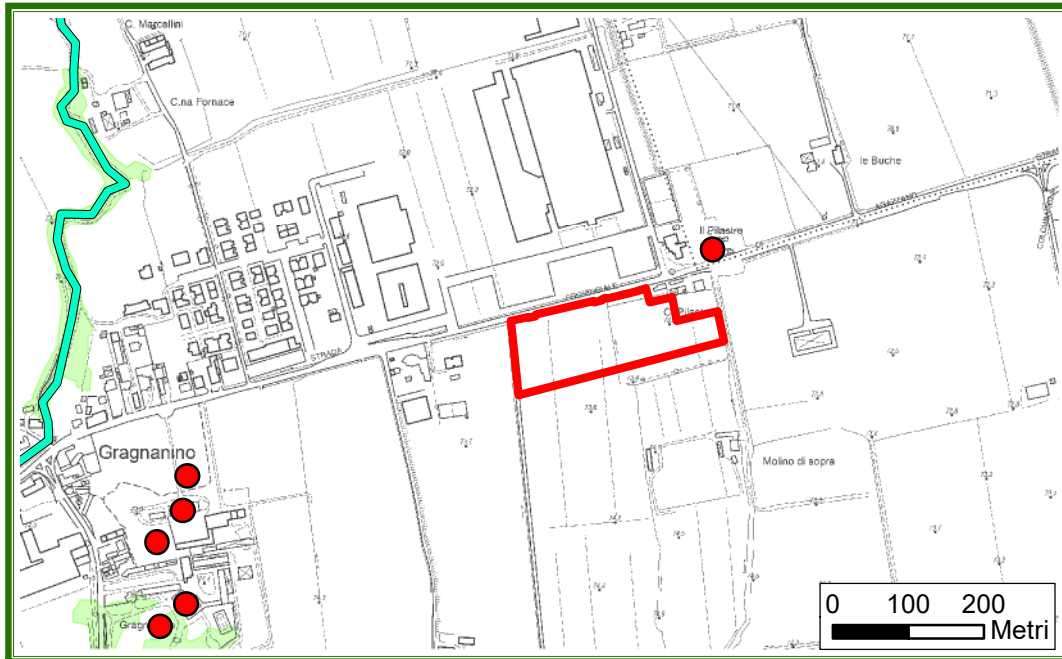
Beni pubblici vincolati

Immobili con più di cinquant'anni vincolati ope legis in quanto di proprietà di enti o istituti pubblici e persone giuridiche private senza fini di lucro che sono sottoposti alle disposizioni della parte seconda del DLgs 42/2004 (tra cui l'obbligo di autorizzazione per tutti i progetti di opere) fino a quando non sia stata effettuata la verifica di interesse culturale di cui all'art. 12 comma 2 DLgs 42/2004. Eventuali progetti che li riguardino devono essere autorizzati con la Soprintendenza ai Beni Architettonici.

1. Gragnano - Loc. Il Pilastro - Cimitero

Fig. 18: Estratto Carta dei Vincoli Storici e Ambientali - PSC Gragnano Trebbiense

CARTA DEI VINCOLI CULTURALI E PAESAGGISTICI DEL PTC



Legenda

TERRITORI COPERTI DA FORESTE O BOSCHI (art.142 comma 1 lettera g)
Il vincolo paesaggistico riguarda i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboscimento, come definiti dall'art.2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n.227.

Ambiti tutelati ai sensi dell'art.142

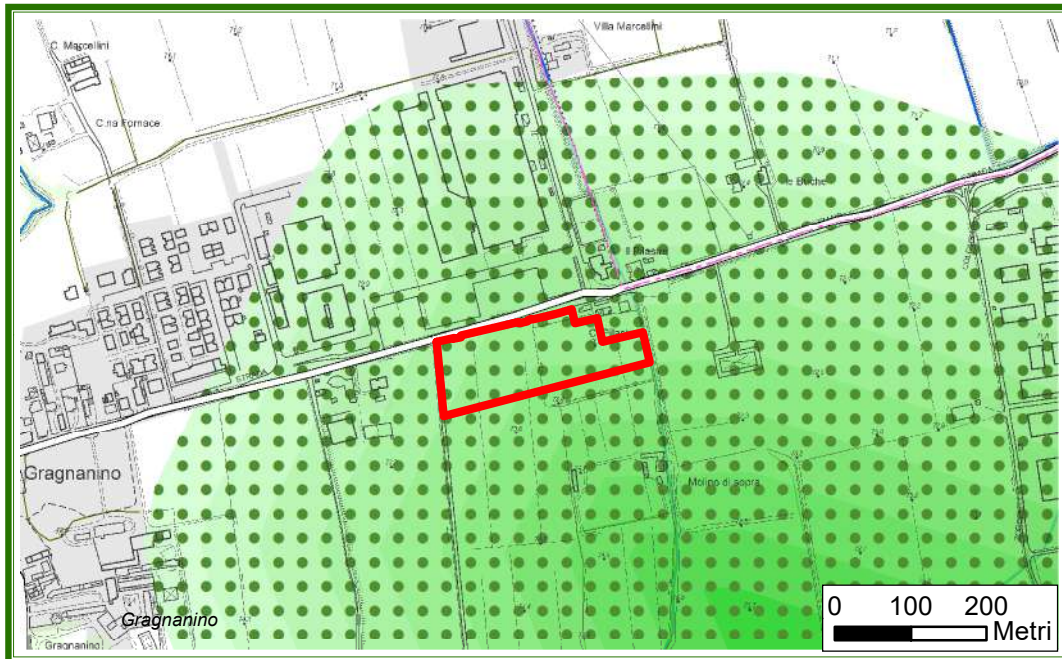
FIUMI, TORRENTI E CORSI D'ACQUA PUBBLICI E RELATIVE SPONDE

IMMOBILI ED AREE DI NOTEVOLE INTERESSE PUBBLICO

Ambiti assoggettati a tutela con specifici provvedimenti ai sensi dell'art.136

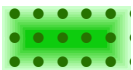
- * **BELLEZZE INDIVIDUE**
(art.136 commi 1 lettere a. e b.)
Sono bellezze individue
 - a) le cose immobili che hanno cospicui caratteri di bellezza naturale o di singolarità geologica;
 - b) le ville, i giardini e i parchi, non tutelati dalle disposizioni della Parte seconda del Codice, che si distinguono per la loro non comune bellezza;

SCHEMA DIRETTORE RETE ECOLOGICA DEL PTC



Legenda

Elementi funzionali



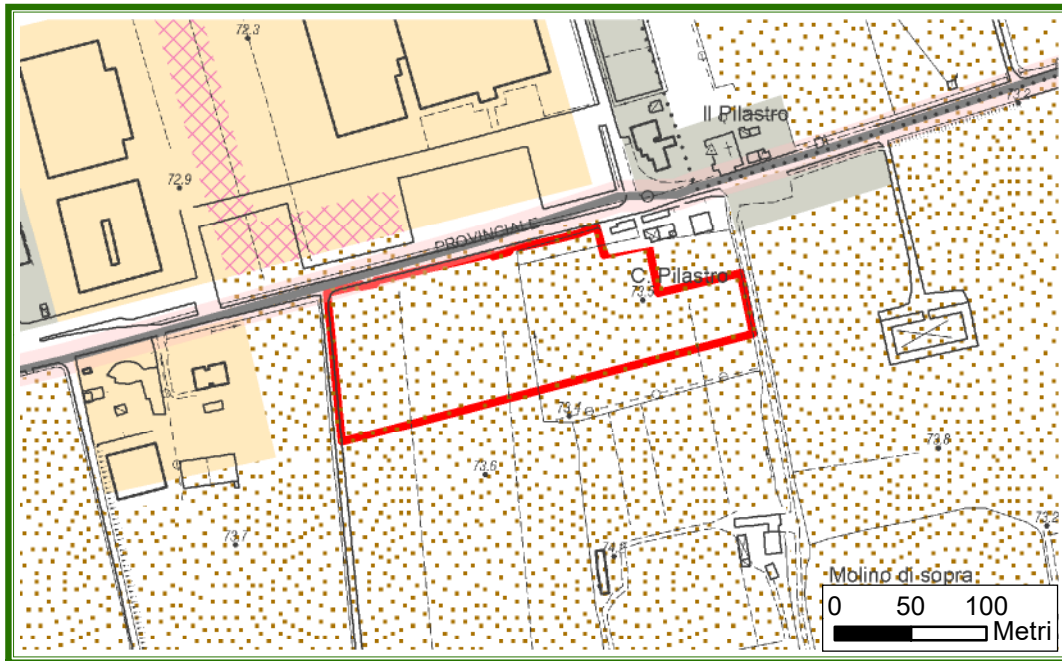
Ambiti di connessione da consolidare e migliorare in pianura



Confini comunali


Fig.20: Estratto Carta Schema Direttore Rete Ecologica del PTC

CARTA DELLA VOCAZIONE TERRITORIALE DEL PTCP





Legenda


Sistema del territorio rurale

 Ambiti ad alta vocazione produttiva-agricola

Attuazione della pianificazione urbanistica

 ad uso residenziale, attrezzature e servizi

 per attività produttive, turistico ricreativo e direzionale-terziario

 - espansione


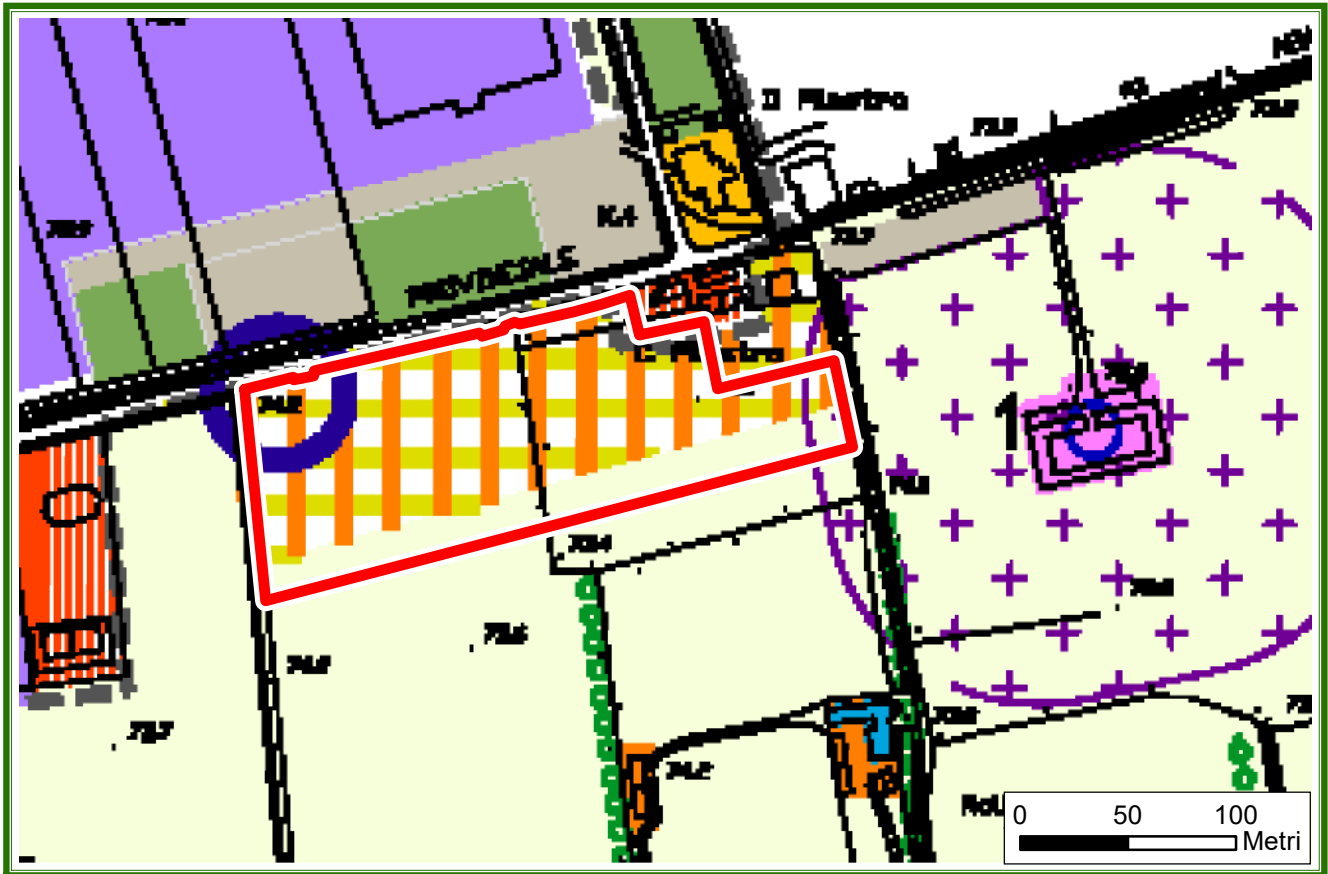
 Confini amministrativi

Fig. 21: Estratto Carta Vocazioni Territoriali e Scenari di Progetto del PTCP

PIANO STRUTTURALE COMUNALE



Legenda

EDIFICI DI INTERESSE STORICO - ARCHITETTONICO (art. A-9 L.R. 20/2000) (art.16 comma 6 PSC2)



Beni pubblici vincolati (vincolati ai sensi del D.L. 42/2004)

Edifici e strutture di proprietà pubblica con età maggiore di cinquant'anni che costituiscono elementi di pregio storico o testimoniale. Eventuali progetti che li riguardano devono essere concordati con la Sovrintendenza ai Beni Architettonici.

I. Gagnano - Loc. Il Pilastrino - Cimiero



Elementi di interesse testimoniale

Edifici e manufatti, isolati o all'interno di insediamenti rurali, che rivestono interesse storico-testimoniale. Da sottoporre a modalità di intervento diretto la cui gestione sarà affidata al Regolamento Urbanistico Edilizio.

AMBITI URBANI CONSOLIDATI (art. A-10 L.R. 20/2000) (art.36 PSC2)

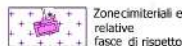


Tessuti prevalentemente residenziale a bassa densità dei centri frazionali



Tessuti prevalentemente produttivi

ATTREZZATURE E SPAZI COLLETTIVI (art.38 PSC2)



Zone cimiteriali e relative fasce di rispetto



Zone per attrezzature religiose



Zone per il verde attrezzato e parchi pubblici



Zone per parcheggi attrezzati

AMBITI PER I NUOVI INSEDIAMENTI (art. A-12 L.R. 20/2000) (art.37 comma 2 PSC2)



Ambiti di possibile riorganizzazione dei centri frazionali

Ambiti caratterizzati dalla previsione di potenziale riorganizzazione delle previsioni del PRG vigente rimaste non attuate (prevalentemente per funzioni residenziali e per servizi), localizzate nelle aree limitrofe all'area urbanizzata del capoluogo e nei tessuti consolidati dei centri frazionali. I nuovi insediamenti saranno individuati e selezionati dal POC all'interno di tali ambiti e sottoposti a progettazione unitaria, al fine di programmare l'esecuzione dei manufatti e l'attivazione delle diverse funzioni previste, assicurando la contestuale realizzazione delle dotazioni ad essi connesse.



Patrimonio edilizio non più connesso con l'attività agricola (art.44 PSC2)

Agglomerati rurali di dimensioni molto ridotte ed edifici isolati, esterni ai perimetri urbanizzati, caratterizzati da tipologie di origine rurale a funzione prevalentemente residenziale, la cui gestione sarà affidata al Regolamento Urbanistico ed Edilizio.



Ambiti a vocazione produttiva agricola (art. A-19 L.R. 20/2000) (art.43 PSC2)

Ambiti relativi all'unità di paesaggio (all. N4 PTCP) n°2 "unità di paesaggio dell'alta pianura piacentina" (sub unità 2a "unità dell'alta pianura") che interessano la parte settentrionale del territorio comunale, cingendo da Nord verso Est il centro abitato di Gagnano. Formati da depositi di conoide alluvionale dell'oleocene antico, questi ambiti sono costituiti da grandi appezzamenti agricoli con forma regolare che danno luogo ad un paesaggio piatto e povero di elementi caratterizzanti. La vulnerabilità è media.



Filari alberati



Riqualificazione dell'asse viabilistico: rotatorie (art.45 comma 5 PSC2)

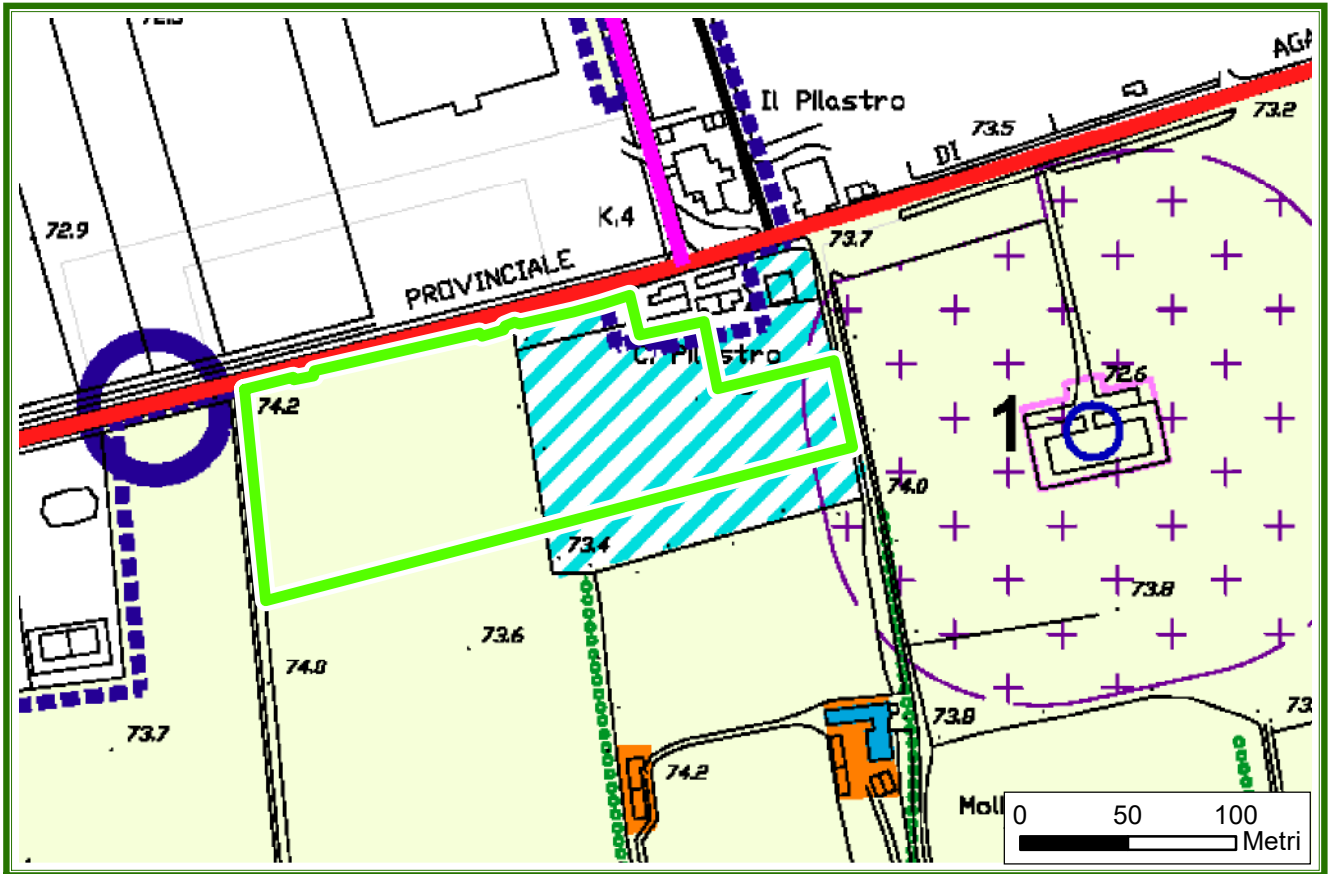
Rotatorie di progetto legate alla necessità di regolamentare le intersezioni della strada di Castel Bosco con la strada Gagnano-Campremoldo di Sopra e con la S.P. di Mottaziana n°11.

Fig. 22: Estratto Carta del Piano Strutturale Comunale di Gagnano Trebbiense

agronomico – produttive, con particolare riferimento alle zone tipiche di produzione. Sono caratterizzati da ordinari vincoli di tutela ambientale e particolarmente idonei, per tradizione, vocazione e specializzazione, allo svolgimento di attività di produzione di beni agro-alimentari ad alta intensità e concentrazione. È inoltre segnalata la già citata area di rispetto cimiteriale (art. 38 PSC 2) e, nella porzione nord-occidentale, una rotatoria in progetto per la riqualificazione dell'asse viabilistico (art.45 PSC 2).

Nella cartografia del Regolamento Urbanistico Edilizio del Comune di Gragnano Trebbiense (Figg. 23-25) vengono nuovamente evidenziate la fascia di rispetto cimiteriale nella porzione più orientale dell'area di interesse e la rotatoria in progetto in corrispondenza nell'angolo nord-occidentale dell'area. Le carte dei Tessuti Extraurbani (Fig.23) e dei Tessuti Urbani (Fig. 24) del RUE identificano parte dell'area oggetto dell'intervento come “territorio urbanizzabile”, anche se indicano areali non coincidenti.


CARTA DEI TESSUTI EXTRAURBANI DEL RUE




Legenda


TERRITORIO RURALE (art. 28 L.R. 20/2000) - soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)

 Patrimonio edilizio per funzioni non più connesse con l'attività agricola


 Ambiti a vocazione produttiva agricola (art. A-19 L.R. 20/2000)
Ambiti relativi all'unità di paesaggio (all. N4 P.T.C.P.) n°2 "unità di paesaggio dell'alta pianura piscesina" (sub unità 2a "unità dell'alta pianura") che interessano la parte settentrionale del territorio comunale, cingendo da Nord verso Est il centro abitato di Gagnano. Formati da depositi di conoidi alluvionali dell'oleone antico, questi ambiti sono costituiti da grandi appezzamenti agricoli con forma regolare che danno luogo ad un paesaggio piatto e povero di elementi caratterizzanti. La vulnerabilità è media.

 Filari alberati


TERRITORIO URBANIZZATO (art. 28 L.R. 20/2000) - soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)


 Perimetro del territorio urbanizzato (art. 28 L.R. 20/2000)
Territorio soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)


TERRITORIO URBANIZZABILE (art. 28 L.R. 20/2000) - soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)

 Ambiti di trasformazione potenziale.

EDIFICI DI INTERESSE STORICO - ARCHITETTONICO (art. A-9 L.R. 20/2000)

 Beni pubblici vincolati (vincolati ai sensi del D.L. 42/2004)
I. Gagnano - Loc. Il Pilastrino - Chiesa

 Elementi di interesse testimoniale
Edifici e manufatti, isolati o all'interno di insediamenti rurali, che rivestono interesse storico-testimoniale. Da sottoporre a modalità di intervento diretto la cui gestione sarà affidata al Regolamento Urbanistico Edilizio.

 Fasce di rispetto cimiteriale (R.D. 1265/34, DPR 285/1990)
Rappresentano le zone attorno ai cimiteri, all'interno delle quali non è consentita alcuna trasformazione eccetto gli interventi di manutenzione. Per i cimiteri esistenti la fascia di rispetto è di 100 m, ridotta con parere favorevole AUSA; per eventuali ampliamenti tale ampiezza non può essere inferiore a 50 m dai centri abitati (comuni con popolazione inferiore a 20.000 abitanti).

SISTEMA INFRASTRUTTURALE (art. A-5 L.R. 20/2000)

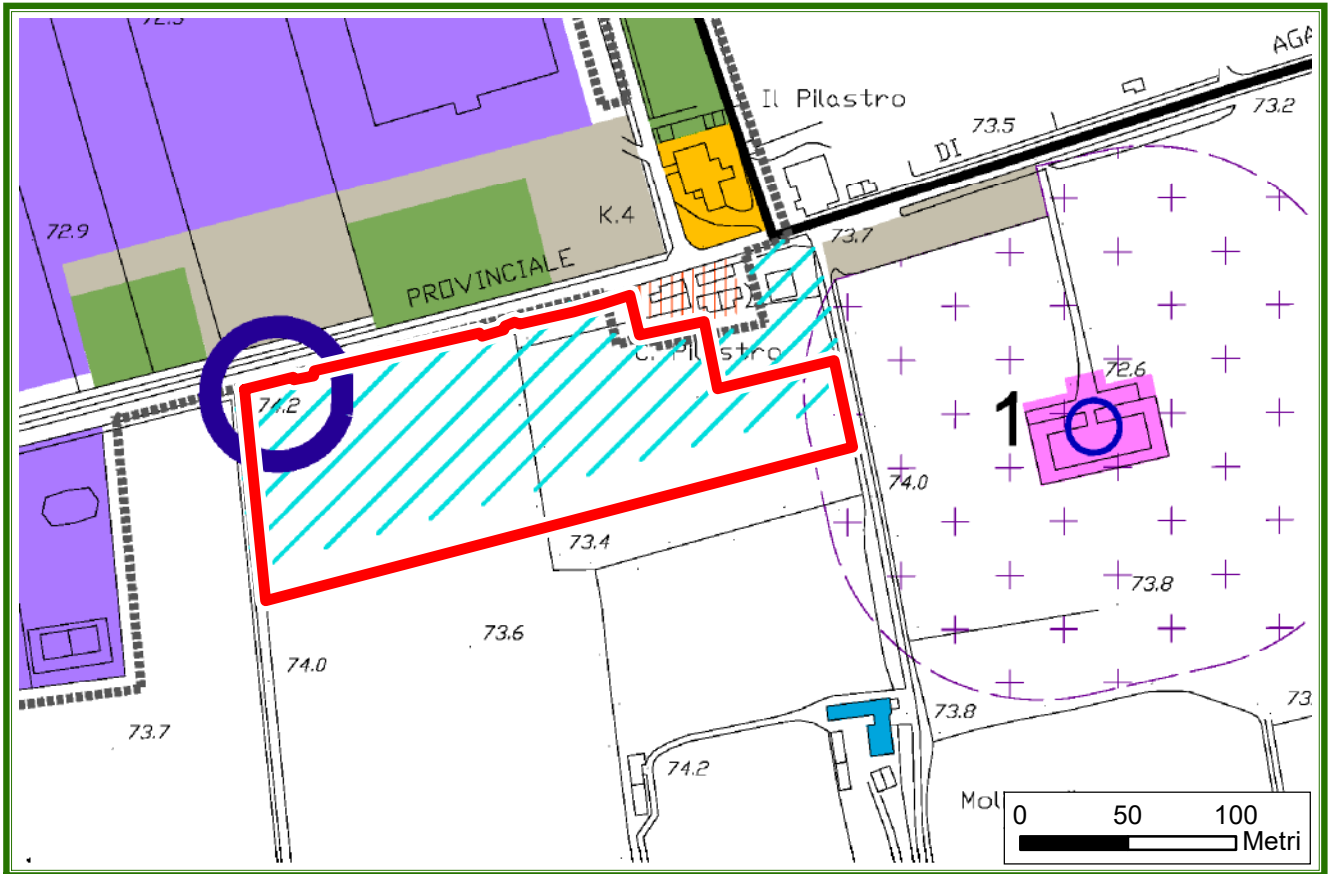
Viabilità esistente

 Viabilità secondaria (DPR 610/1996)
Strade extraurbane secondarie (strade di tipo C) con fascia di rispetto di 30 m.

 Riqualificazione dell'asse viabilistico: rotoatorie
Rotatorie di progetto legate alla necessità di regolamentare le intersezioni della strada di Castel Bosso con la strada Gagnano-Compendio di Sopra e con la S.P. di Montecroce n°11.

Fig. 23: Estratto Carta del Tessuti Extraurbani - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gagnano Trebbiense

CARTA DEI TESSUTI URBANI DEL RUE



Legenda

SISTEMA INSEDIATIVO - Titolo IV (art. A-4 L.R. 20/2000)



Perimetro del territorio urbanizzato (art. 28 L.R. 20/2000)
Territorio soggetto alla disciplina del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE)

EDIFICI DI INTERESSE STORICO - ARCHITETTONICO (art. A-9 L.R. 20/2000)



Beni pubblici vincolati (vincolati ai sensi del D.L. 42/2004) - art.26
I. Cappuccini - Loc. Il Pilastro - C. Basso



Elementi di interesse testimoniale - art.27
Edifici e manufatti, solati o all'interno di insediamenti rurali, che rivestono interesse storico-testimoniale. Da sottoporre a modalità di intervento diretto la cui gestione sarà affidata al Regolamento Urbanistico Edilizio.

AMBITI URBANI CONSOLIDATI (art. A-10 L.R. 20/2000)



Tessuti prevalentemente residenziale a bassa densità dei centri frazionali - art.35
Tessuto a prevalente destinazione residenziale localizzato nei centri frazionali minori, caratterizzato da edifici mono-bifamiliari al centro del lotto, cresciuti in modo addizionale a ridosso della viabilità di ordine, senza disegno unitario con limitata dotazione di servizi.



Tessuti prevalentemente produttivi - art.36
Parti del territorio con funzioni prevalentemente produttive/artigianali ed una limitata presenza di insediamenti residenziali e spazi collettivi. Tipologicamente caratterizzati dalla presenza sia di piastre monoplanari al centro del lotto che da complessi più diversificati. La gestione dei tessuti urbani prevalentemente produttivi per intervento diretto sarà affidata al Regolamento Urbanistico Edilizio.

SERVIZI ESISTENTI E PREVISTI

Servizi urbani e tecnologici - art.17



Attrezzature tecnologiche e critteriali e relative fasce di rispetto

Servizi di quartiere - art.18



Zone per attrezzature religiose



Zone per il verde attrezzato e parchi pubblici



Zone per parcheggi attrezzati

TERRITORIO URBANIZZABILE (art. 28 L.R. 20/2000) - soggetto alla disciplina del Piano Operativo Comunale (POC)



Ambiti del territorio urbanizzabile - Capo III

SISTEMA INFRASTRUTTURALE (art. A-5 L.R. 20/2000)



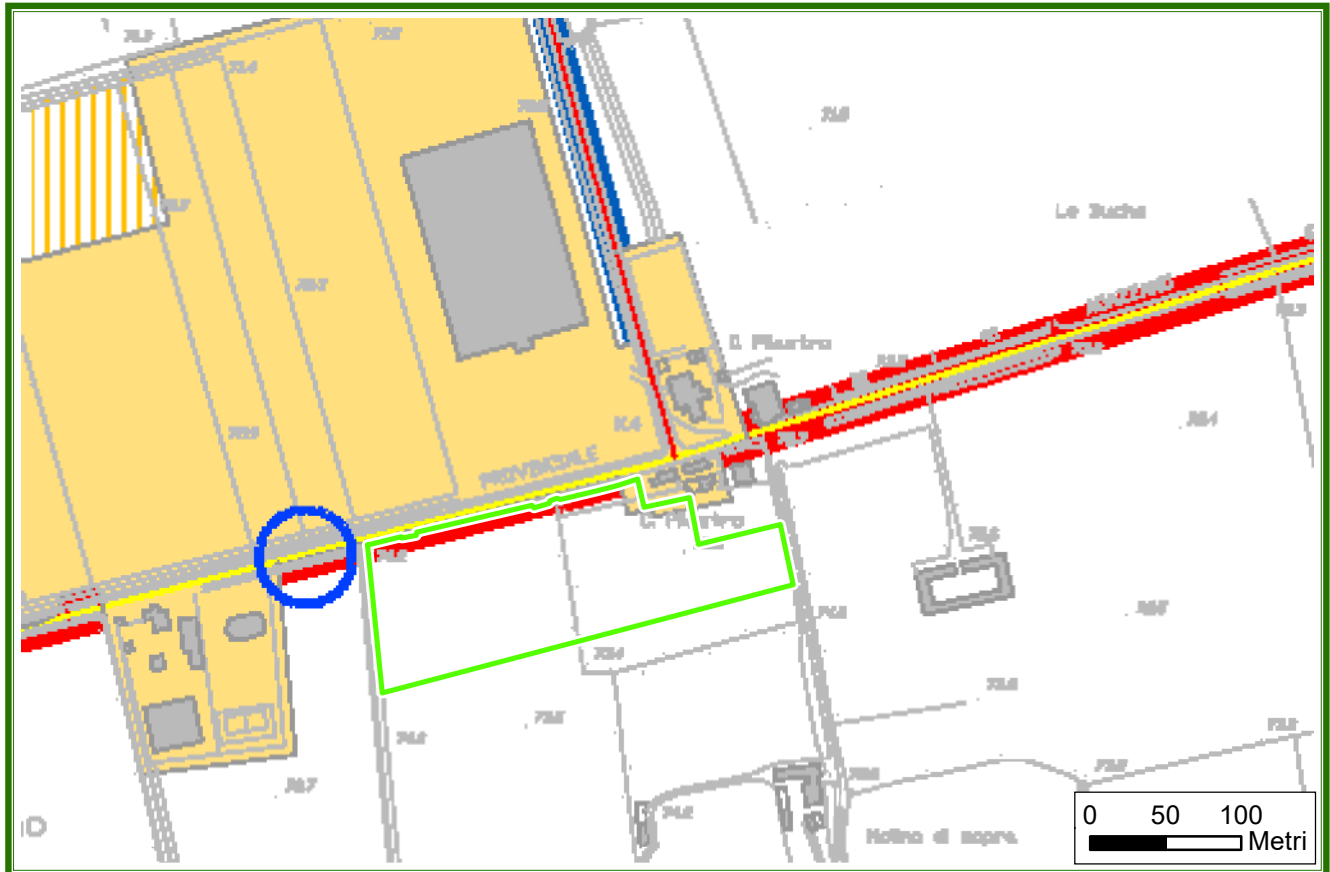
Riqualificazione dell'asse viabilistico: rotonde
Rotatorie di progetto legate alla necessità di regolamentare le intersezioni della strada di Castel Basso con la strada Gragnano-Camromolo di Sopra e con la S.P. di Mottaziana n°11.



Confine comunale

Fig. 24: Estratto Carta del Tessuti Urbani - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gragnano Trebbiense

CARTA DELLA MOBILITA' DEL RUE



Legenda

VIABILITA' ESISTENTE

Tratti di competenza sovracomunale



Viabilità secondaria (D.Lgs 285/92, DPR 495/92)

Strade extraurbane secondarie (strade di tipo C) con fascia di rispetto di 30 m.

Tratti di competenza comunale



Viabilità locale (D.Lgs 285/92, DPR 495/92)

Strade locali (strade di tipo F) con fascia di rispetto di 20 m.

VIABILITA' DI PROGETTO

Asse viabilistico da modificare e riqualificare



Riqualificazione dell'asse viabilistico: rotonde

Rotatorie di progetto legate alla necessità di regolamentare le intersezioni della strada di Castel Bosco con la strada Gragnano-Campremoldo di Sopra e con la S.P. di Mottaziana n°11.



Territorio urbanizzato



Territorio urbanizzabile

Fig. 25: Estratto Carta della Mobilità - Regolamento Urbanistico Edilizio di Gragnano Trebbiense

4) INDAGINI EFFETTUATE E MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO PRELIMINARE

Allo scopo di verificare la fattibilità di quanto in progetto e valutarne la compatibilità rispetto al contesto geologico-idrogeologico in cui si inserisce, lo scrivente ha effettuato, il giorno 23 novembre 2021, un sopralluogo geologico generale durante il quale sono stati presi in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrologici per un intorno significativo del sito in esame.

Osservazione e rilevamento geologico di superficie sono stati integrati con indagini sito specifiche finalizzate alla modellazione geologica ed individuazione delle principali unità litotecniche costituenti il primo sottosuolo dell'area di studio.

La campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di:

- n° 6 *prove penetrometriche dinamiche* eseguite con penetrometro Pagani TG 63-200 il quale, tramite un maglio di 63.5 Kg di peso che cade da 75 cm di altezza, infigge nel terreno una serie di aste lunghe un metro cadauna all'estremità delle quali vi è una punta standardizzata di 20.43 cm² di sezione. Le letture su passo strumentale (n. di colpi ogni 20 cm di infissione dell'asta), elaborazione e risultati sono riportati in **allegato 1**. La parametrizzazione geomeccanica restituita in fase interpretativa costituisce una base per la valutazione preliminare della capacità portante e dei cedimenti attesi sviluppata nel capitolo successivo del presente documento.
- Indagini geofisiche di superficie (trattazione specifica in **allegato 2**) consistite in n° 3 prove MASW per la caratterizzazione della categoria di suolo sismico (V_{Seq}) e n° 3 prove HVSr tipo Nakamura per la determinazione della frequenza sito specifica.

Una preliminare analisi dei contenuti derivanti dallo stato dell'arte nonché il reperimento di documentazione tecnica esistente (esempio pregresse campagne geognostiche correlabili per contesto specifico) costituiscono passi necessari alla comprensione della realtà indagata e, pertanto, alla limitazione del grado di incertezza interpretativa.

Dalla sinergia degli strumenti conoscitivi sopra descritti è stato possibile definire in via preliminare un modello geologico rappresentativo dell'assetto lito-stratigrafico di sito, nonché l'individuazione e caratterizzazione delle principali unità litotecniche interagenti con la struttura in esame.

La campagna di indagini eseguita è stata dimensionata in relazione all'attuale fase di stato progettuale. Ne consegue una finalità ed un grado di definizione del modello geologico coerente con il livello di approfondimento adottato. In considerazione del fatto che la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica è responsabilità del progettista (con riferimento alla normativa nazionale), potranno effettuarsi integrazioni alle prove eseguite sotto indicazione e richiesta di quest'ultimo. Di seguito, per maggior chiarezza sull'argomento, si riportano estratti normativi dedicati alla progettazione geotecnica (DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»).

Estratto Articolo 6.2.1 "Caratterizzazione e Modellazione Geologica del Sito"

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018)

"Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche".

**Estratto Articolo 6.2.2 “Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica”
Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018).**

“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di terreno (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso). Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista. I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica. Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali”.

Il modello di sottosuolo schematizzato, può definirsi “*Modello geologico – geotecnico preliminare*” in quanto oltre a costituire un primo rapporto di prefattibilità ambientale dell'opera, supportato da valutazioni ed indagini geologiche – idrogeologiche, introduce una preliminare definizione del "livello di pericolosità geologica" e del "comportamento" del sito in quanto accompagnato da indagini e prove geotecniche finalizzate al problema specifico, ante operam.

La redazione di un modello geologico-geotecnico “definitivo” potrà essere sviluppata sulla base di un progetto esecutivo ad opera del progettista, mediante disamina approfondita delle “problematiche esaminate” e delle “verifiche analitiche in sede di progettazione esecutiva”.

Nel modello proposto, la scelta dei valori caratteristici da attribuire alle grandezze fisiche e meccaniche del terreno si basa sulla valutazione di più fattori: analisi cautelativa dei risultati ottenuti da specifiche prove e misure eseguite in sito, condizioni di stato limite considerato, complessità della realtà geologica sito specifica e pericolosità geologiche riscontrate entro il volume significativo considerato.

Ad integrazione delle conoscenze di sito e a supporto interpretativo delle indagini condotte, sono state inoltre utilizzate le informazioni bibliografiche e d’archivio disponibili.

4.1 Modello Geologico Geotecnico Preliminare

Unità 0. Profondità da 0.0 a 0.6/0.8 metri circa: orizzonte costituito da terreno vegetale di natura litotecnica prettamente coesiva con proprietà geomeccaniche mediocri. Si tralascia la caratterizzazione geomeccanica in quanto non pertinente.

Unità 1. Profondità da 0.6/0.8 a 1.2/1.8 m circa. Si registra un netto miglioramento delle caratteristiche geotecniche del materiale che risulta essere a prevalente componente granulare attritiva (sabbia limosa). I principali parametri geotecnici possono essere così schematizzati: peso unità di volume $\gamma = 1.65/1.75$ T/mc; modulo di Young $E_y = 75/85$ kg/cmq; angolo di resistenza al taglio = $23^\circ - 25^\circ$. $N_{spt} = 10.29-12.49$.

Unità 2. Profondità superiore a 1.2/1.8 metri circa (verticali penetrometriche spinte fino a 3.0 m circa dal p.c.). Si registra un ulteriore netto miglioramento delle caratteristiche geotecniche del materiale che rimane a prevalente componente granulare attritiva (sabbia ghiaiosa). I principali parametri geotecnici possono essere così schematizzati: peso unità di volume $\gamma = 1.85/1.95$ T/mc; modulo di Young $E_y = 290/300$ kg/cmq; angolo di resistenza al taglio = $34^\circ - 36^\circ$. $N_{spt} = 36.75 - 38.71$.

Dall'indagine geofisica MASW viene confermata la presenza di una copertura fine poco addensata di esiguo spessore (1.5-2.0 m circa), fin dalla superficie sono presenti litotipi grossolani sub affioranti (ghiaie prevalenti e sabbie in matrice fine limoso-argillosa). Più in profondità, fino a circa 15.0-18.0 m dal p.c., un netto aumento delle velocità è riconducibile alla presenza di litotipi compatti ed addensati (ghiaie con possibile presenza di intercalazioni limoso-argillose). A profondità superiori la successione risulta costituita da litotipi grossolani molto addensati con possibile locale presenza di livelli cementati.

5) VERIFICA DEL CARICO LIMITE/Stato Limite Ultimo - Formula Brinch-Hansen (EC7-EC8)

Il presente capitolo illustra l'ipotesi fondazionale preliminare riferita all'intervento/i oggetto della presente relazione.

La verifica riportata costituisce uno strumento ulteriore per valutare la compatibilità geologica dell'intervento/i in progetto: non assume, pertanto, una valenza ed un significato ingegneristico.

Rimanendo, lo scopo della verifica preliminare, confinato all'individuazione qualitativa di eventuali problematiche geotecniche del sistema terreno/fondazione, si prenderà in esame solamente un'ipotesi di pressione normale di progetto e non il completo schema delle forze agenti.

Segnalazioni emerse in questa fase verranno valutate e quantificate dal progettista incaricato in fase di progettazione definitiva.

Il Carico Limite, determinato secondo le direttive NTC 2018, è stato calcolato utilizzando la formula di Brinch - Hansen (1970), ed ipotizzando una fondazione superficiale monolitica avente quota fondazionale a -1.0 m rispetto al piano campagna.

La presa visione dello scavo fondazionale da parte dello scrivente costituisce condizione necessaria per confermare l'affidabilità del modello geologico e geotecnico preliminare formulato, nonché le valutazioni relative alla compatibilità del contesto specifico con l'intervento in progetto.

5.1 Dati Generali

Lat./ Long. [WGS84]	45,031501/9,576964
Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	10,0 m
Lunghezza fondazione	12,0 m
Profondità piano di posa	1,0 m
Altezza di incastro	1,0 m
Effetto sismico secondo	NTC 2018 Cascone e Maugeri

5.2 Coefficienti Sismici (N.T.C.)

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.30	2.52	0.20
S.L.D.	50.0	0.37	2.57	0.22
S.L.V.	475.0	0.92	2.49	0.29
S.L.C.	975.0	1.21	2.47	0.29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.36	0.2	0.0073	0.0037
S.L.D.	0.444	0.2	0.0091	0.0045
S.L.V.	1.104	0.2	0.0225	0.0113
S.L.C.	1.452	0.24	0.0355	0.0178

5.3 Stratigrafia Terreno

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consolid. az. primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
0,8	1630,0	1860,0	0,0	0,0	0,28	29,4	31,78	0,0	0,0	0,0	
1,0	1700,0	1800,0	24,0	0,0	0,0	80,0	100,0	0,33	0,0	0,0	
1,2	1900,0	2000,0	36,0	0,0	0,0	300,0	250,0	0,28	0,0	0,0	

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	0.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	1.8	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

5.4 Carico Limite Fondazione combinazione A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	9,6
Fattore [Nc]	19,32
Fattore [Ng]	7,66
Fattore forma [Sc]	1,38
Fattore profondità [Dc]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,34
Fattore profondità [Dq]	1,03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1,0
Fattore inclinazione base [Bq]	1,0
Fattore forma [Sg]	0,75
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1,0
Fattore inclinazione base [Bg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	7,06 Kg/cm ²
Costante di sottofondo	2.83 Kg/cm ³

5.5 Stima dei Cedimenti Elastici

I cedimenti immediati di una fondazione di dimensioni B x L posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier -1951):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) I_F \quad (1)$$

dove:

q_0 = Intensità della pressione di contatto

B' = Minima dimensione dell'area reagente,

E e μ = Parametri elastici del terreno.

I_i = Coefficienti di influenza dipendenti da: L/B' , spessore dello strato H , coefficiente di

Poisson μ , profondità del piano di posa D ;

Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	0,4 Kg/cm ²
Spessore strato	2,0 m
Profondità substrato roccioso	2,0 m
Modulo Elastico	80,0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0,35

Coefficiente di influenza I1	0,03
Coefficiente di influenza I2	0,07
Coefficiente di influenza Is	0,06

Cedimento al centro della fondazione 2,52 mm

Coefficiente di influenza I1	0,01
Coefficiente di influenza I2	0,04
Coefficiente di influenza Is	0,03
<i>Cedimento al bordo</i>	0,56 mm

5.6 Stima dei Cedimenti Edometrici

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita.

Il cedimento edometrico viene calcolato per stimare l'entità dei cedimenti a medio e lungo termine (Cedimento di consolidazione + Cedimento viscoso) con il metodo logaritmico di Terzaghi.

Nel caso fondazionale ipotizzato si ottiene:

Pressione normale di progetto 0.4 Kg/cm²

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione;
Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	1,4	0,232	0,236	Edometrico	0,1884	--	0,1884
3	2,4	0,426	0,233	Edometrico	0,1117	--	0,1117

Cedimento totale Wt = 0.3 cm

L'esame dei cedimenti evidenzia come questi ultimi, in base all'ipotesi fondazionale fatta, con un carico stimato di 0.4 Kg/cm², e considerata l'eterogeneità del sottosuolo assumano un valore di 5.5/6.0 mm circa, di cui 3.0 mm nel medio e lungo periodo mentre 2.5/3.0 mm è l'entità del cedimento immediato, simultaneo alle diverse fasi di carico. Si ricorda come il margine di errore afferente la stima dei cedimenti sia piuttosto ampio in quanto si possono verificare differenze pari a circa il ± 20% o ± 30% rispetto a quanto stimato.

Si lascia comunque il compito al progettista incaricato di verificare la compatibilità tra le strutture in progetto ed i cedimenti attesi nel tempo in funzione dei reali carichi di esercizio.

6) CONCLUSIONI

Date le dimensioni e la tipologia degli interventi edilizi in progetto e valutate le risultanze delle indagini espletate, si evince come gli stessi non comportino una significativa variazione dell'equilibrio geologico-geomorfologico-idrogeologico della zona risultando quindi essere, nel complesso, **geologicamente compatibili**.

Si raccomanda tuttavia di adottare alcuni interventi cautelativi ed accorgimenti costruttivi di normale uso nella zona:

- La tipologia fondazionale più idonea a conferire le migliori garanzie di stabilità per i futuri manufatti dovrà essere dimensionata in funzione dei reali carichi di esercizio ed in modo da trasmettere al sistema terreno-fondazione delle pressioni compatibili;
- Per quanto possibile cercare di mantenere asciutto il terreno di fondazione, avendo una particolare cura per l'allontanamento delle acque meteoriche, da realizzarsi mediante la costruzione di un efficiente sistema di pluviali che impedisca alle acque di infiltrarsi in aderenza alla fondazione dei futuri manufatti, compromettendo nel tempo la stabilità degli stessi.
- Per ogni singolo intervento edilizio si dovrà effettuare una specifica campagna di indagini al fine di redigere uno Studio Geologico, Geotecnico e Geofisico di dettaglio in ottemperanza alle vigenti NTC 2018.

Trevozzo V.T. 09/12/2021

Geotest s.r.l.



Dott. Geologo Adriano Baldini

Allegato 1

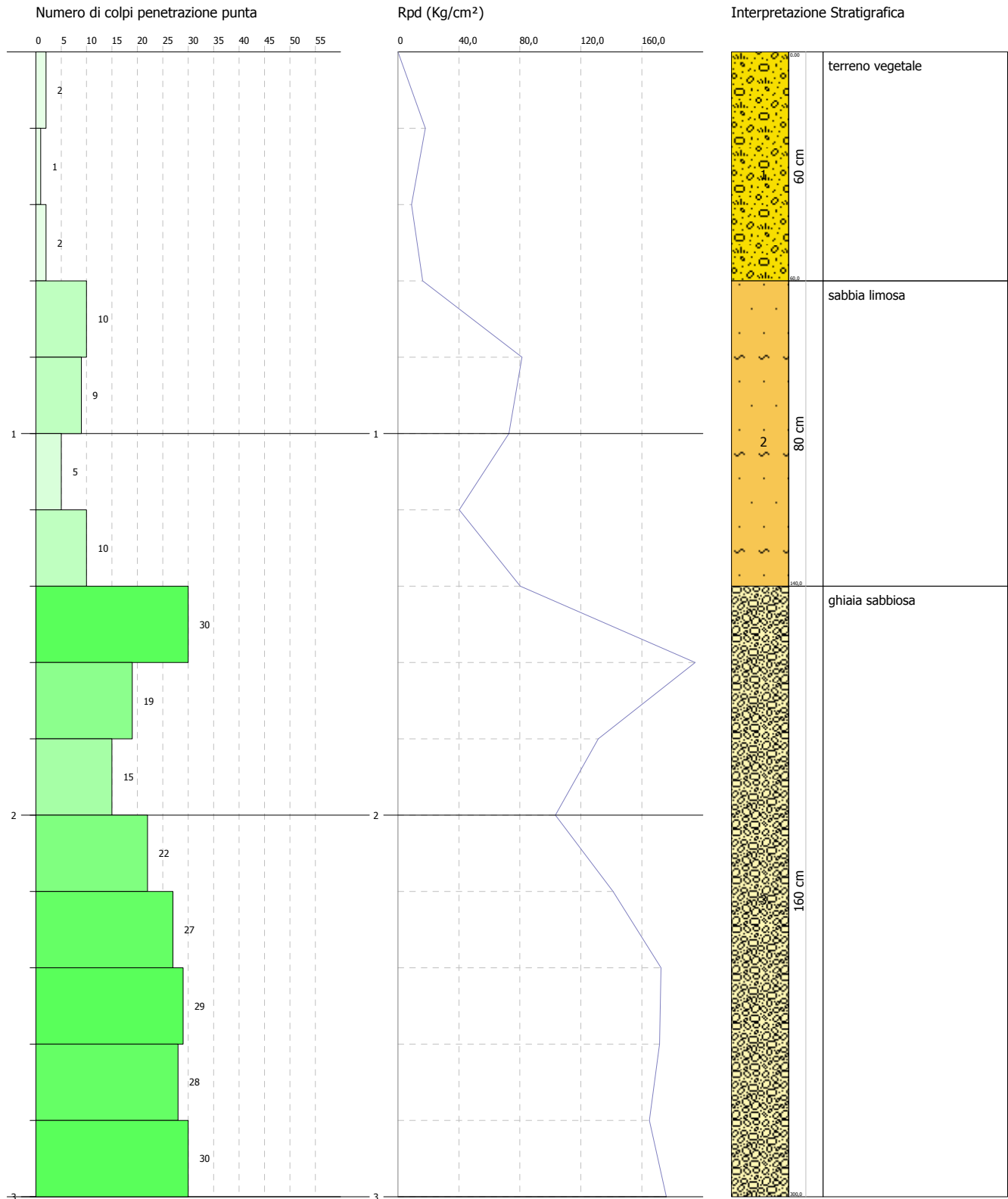
Prove Penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P 1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:15



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Schmertmann 1975	0,24

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Robertson (1983)	4,90

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	26,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Apollonia	24,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,60

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Skempton 1986	38,23
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Skempton 1986	69,71

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,69
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	38,48

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Schmertmann (1978) (Sabbie)	99,92
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Schmertmann (1978) (Sabbie)	294,00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	93,71
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	201,90

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Meyerhof et al.	1,81
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Meyerhof et al.	2,19

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Ohsaki (Sabbie pulite)	697,72
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Ohsaki (Sabbie pulite)	1924,22

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Navfac 1971-1982	2,62
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Navfac 1971-1982	6,49

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

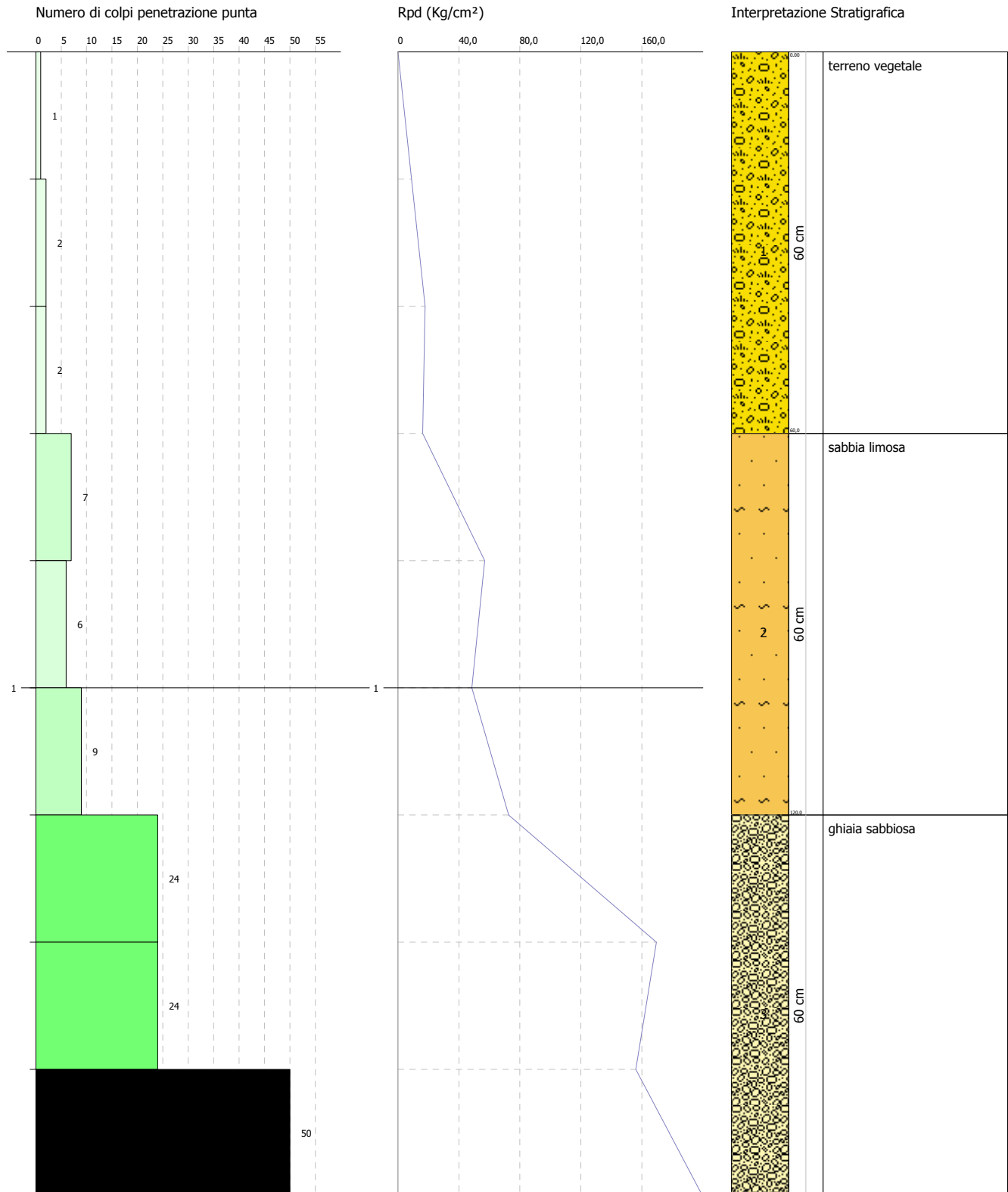
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,49	0,60-1,40	12,49	Robertson 1983	24,98
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,75	1,40-3,00	36,75	Robertson 1983	73,50

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P 2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:9



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Schmertmann 1975	0,24

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Robertson (1983)	4,90

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	26,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Apollonia	24,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,60

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Skempton 1986	34,69
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Skempton 1986	78,73

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,72
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	41,84

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Schmertmann (1978) (Sabbie)	86,24
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Schmertmann (1978) (Sabbie)	384,16

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	86,08
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	252,17

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Meyerhof et al.	1,76
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Meyerhof et al.	2,23

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,15

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Ohsaki (Sabbie pulite)	607,54
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Ohsaki (Sabbie pulite)	2474,29

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Navfac 1971-1982	2,27
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Navfac 1971-1982	7,90

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

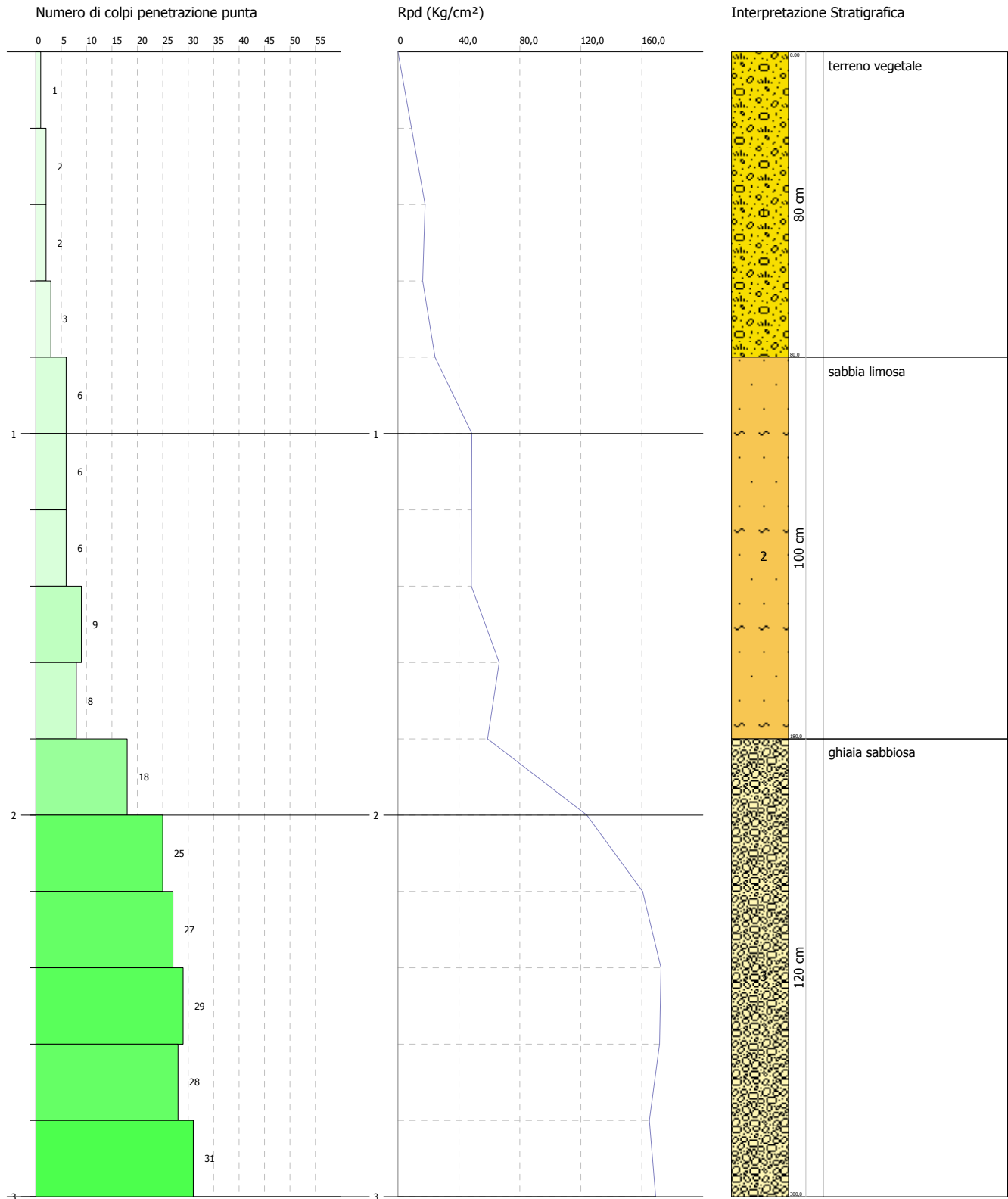
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,78	0,60-1,20	10,78	Robertson 1983	21,56
Strato (3) ghiaia sabbiosa	48,02	1,20-1,80	48,02	Robertson 1983	96,04

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P 3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:15



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Schmertmann 1975	0,28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Robertson (1983)	5,88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Apollonia	29,40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Meyerhof	1,63

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,80	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Skempton 1986	33,63
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Skempton 1986	71,33

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,42
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	39,1

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Schmertmann (1978) (Sabbie)	82,32
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Schmertmann (1978) (Sabbie)	309,68

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	83,89
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	210,65

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Meyerhof et al.	1,74
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Meyerhof et al.	2,20

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,10

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Ohsaki (Sabbie pulite)	581,55
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Ohsaki (Sabbie pulite)	2020,54

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Navfac 1971-1982	2,16
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Navfac 1971-1982	6,73

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

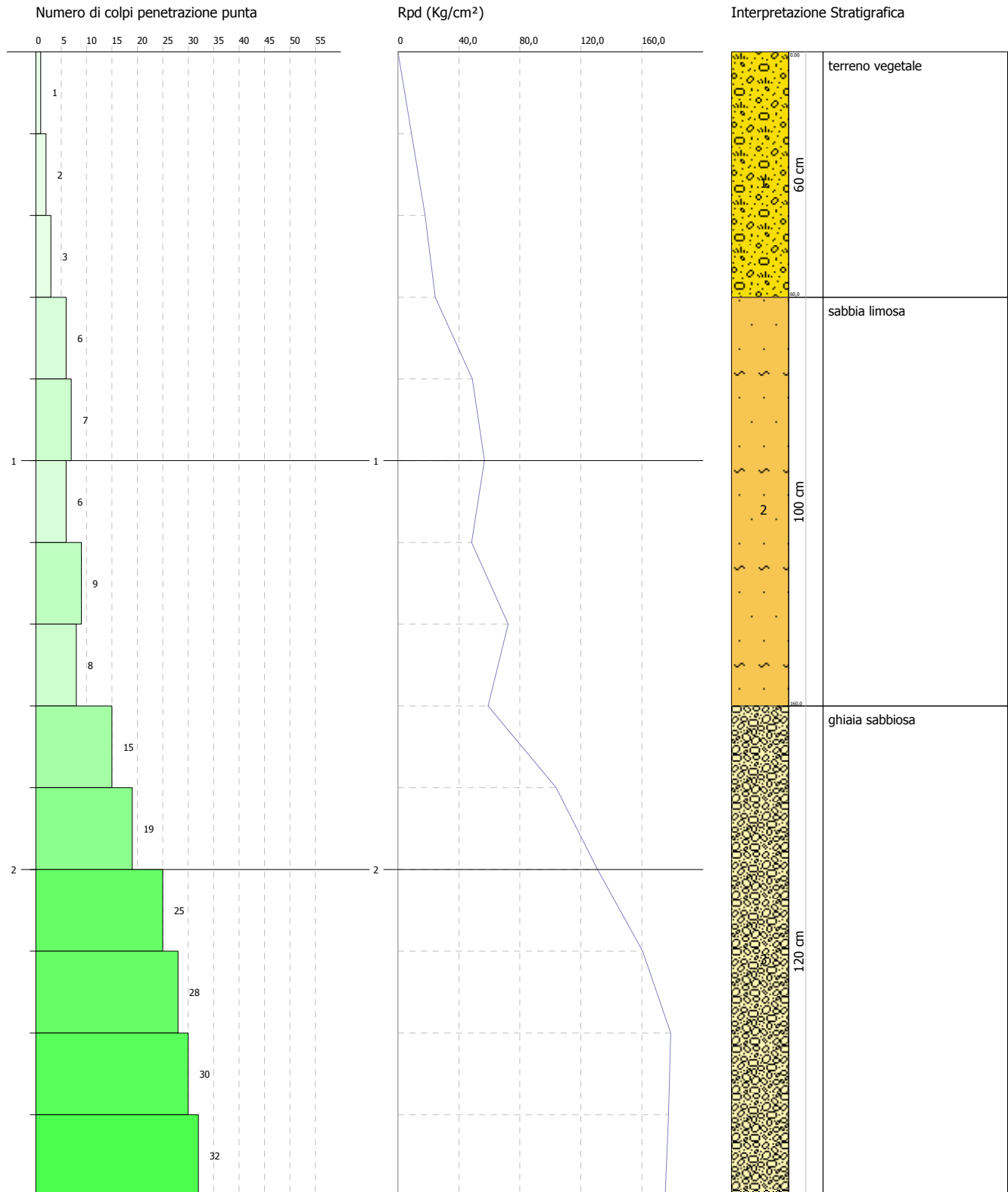
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,29	0,80-1,80	10,29	Robertson 1983	20,58
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,71	1,80-3,00	38,71	Robertson 1983	77,42

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P 4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:14



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Schmertmann 1975	0,28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Robertson (1983)	5,88

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Apollonia	29,40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Meyerhof	1,63

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0.00-0,60	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Skempton 1986	34,26
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Skempton 1986	69,49

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	27,6
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	38,4

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Schmertmann (1978) (Sabbie)	84,64
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Schmertmann (1978) (Sabbie)	292,00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	85,19
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	200,79

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Meyerhof et al.	1,75
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Meyerhof et al.	2,18

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,92
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Ohsaki (Sabbie pulite)	596,94
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	1911,92

Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Navfac 1971-1982	2,23
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Navfac 1971-1982	6,46

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

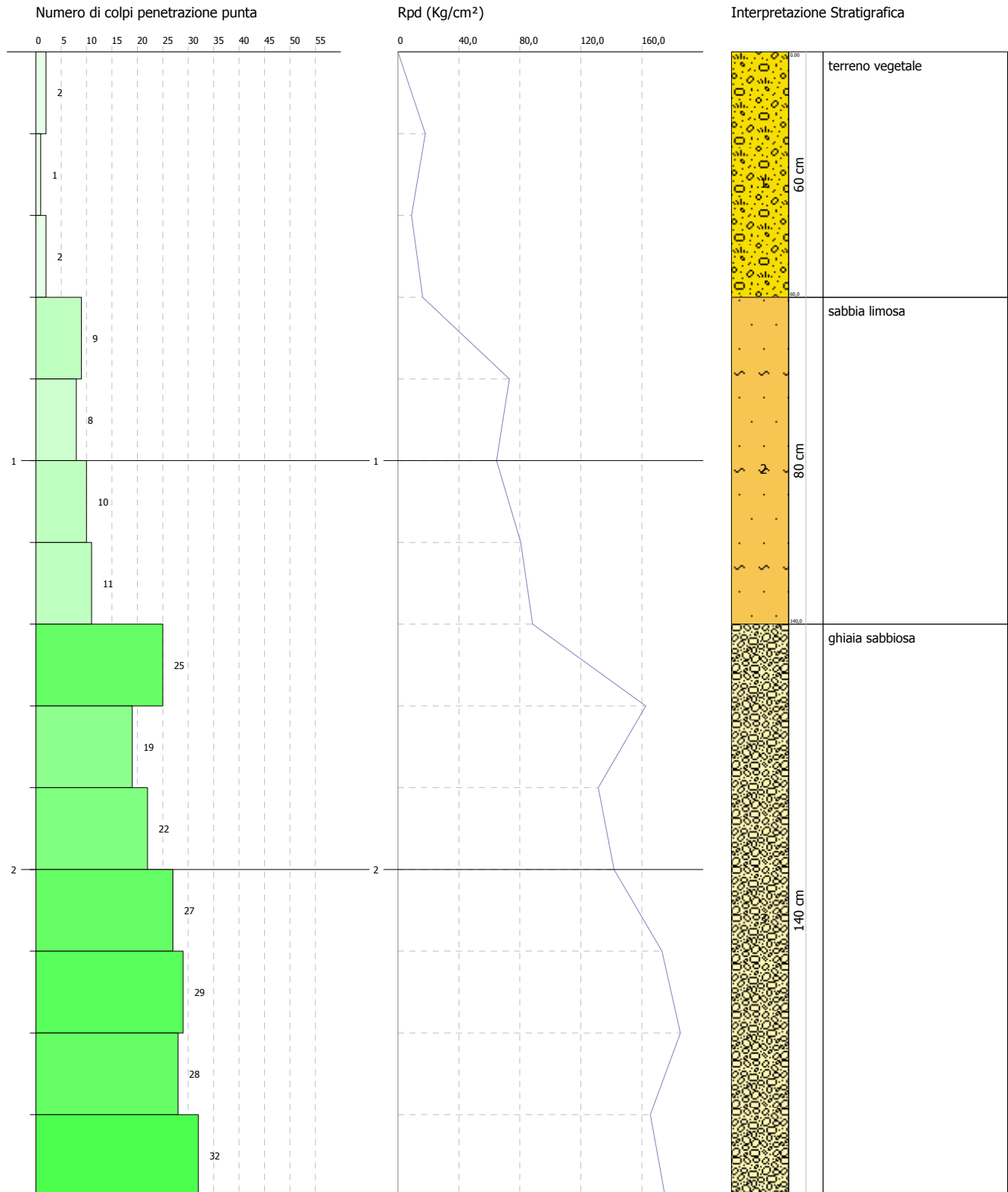
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	10,58	0,60-1,60	10,58	Robertson 1983	21,16
Strato (3) ghiaia sabbiosa	36,5	1,60-2,80	36,5	Robertson 1983	73,00

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P.5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:14



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Schmertmann 1975	0,24

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Robertson (1983)	4,90

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	26,78

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Apollonia	24,50

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,60

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0.00-0,60	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Skempton 1986	41,11
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Skempton 1986	70,93

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,48
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	38,94

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Schmertmann (1978) (Sabbie)	111,76
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Schmertmann (1978) (Sabbie)	305,76

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	100,31
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	208,46

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Meyerhof et al.	1,85
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Meyerhof et al.	2,19

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Ohsaki (Sabbie pulite)	775,17
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Ohsaki (Sabbie pulite)	1996,49

Coefficiente spinta a Riposo K₀=SigmaH/P₀

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K ₀
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Navfac 1971-1982	2,92
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Navfac 1971-1982	6,67

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

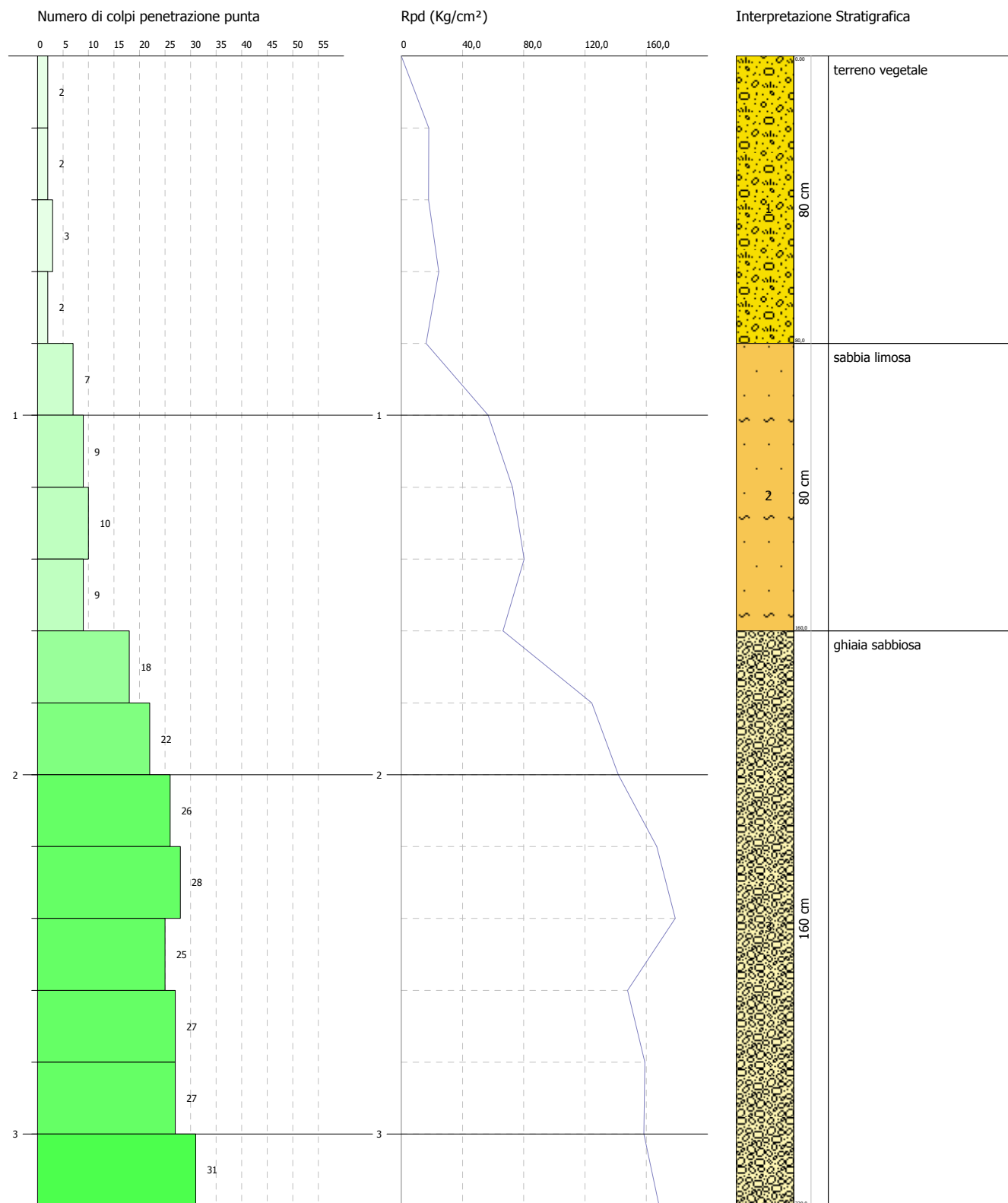
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q _c (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	13,97	0,60-1,40	13,97	Robertson 1983	27,94
Strato (3) ghiaia sabbiosa	38,22	1,40-2,80	38,22	Robertson 1983	76,44

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P 6
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Il Pilastro s.r.l.
Descrizione: Piano particolareggiato a destinazione residenziale
Località: Il Pilastro

Data: 24/11/2021

Scala 1:16



ESECUTORE INDAGINI:

GeoTest s.r.l.

COMMITTENTE: Immobiliare Il Pilastro s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Schmertmann 1975	0,32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Robertson (1983)	6,62

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	35,55

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Apollonia	33,10

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Meyerhof	1,66

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	3,31	0.00-0,80	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Skempton 1986	38,97
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Skempton 1986	70,32

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,89
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	38,71

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Schmertmann (1978) (Sabbie)	102,88
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Schmertmann (1978) (Sabbie)	299,92

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	95,36
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	205,21

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Meyerhof et al.	1,82
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Meyerhof et al.	2,19

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	(A.G.I.)	0,33
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Ohsaki (Sabbie pulite)	717,13
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Ohsaki (Sabbie pulite)	1960,62

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Navfac 1971-1982	2,70
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Navfac 1971-1982	6,58

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) sabbia limosa	12,86	0,80-1,60	12,86	Robertson 1983	25,72
Strato (3) ghiaia sabbiosa	37,49	1,60-3,20	37,49	Robertson 1983	74,98

Allegato 2

Indagine Geofisica di Superficie

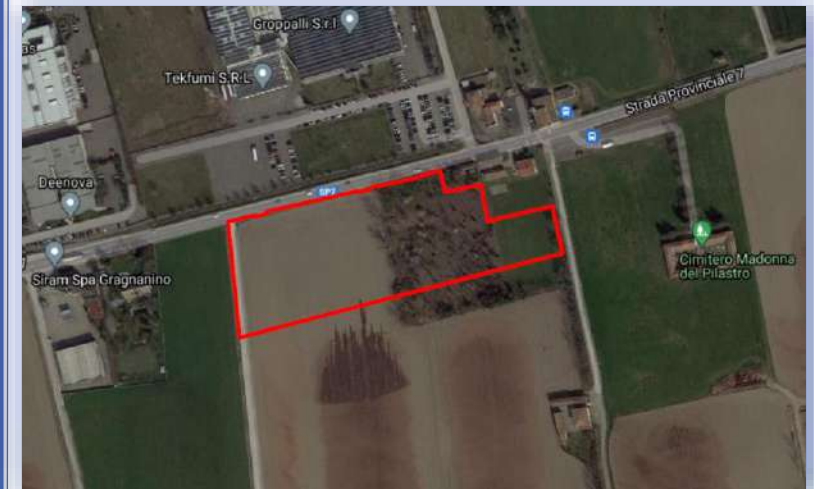
Indagine Geofisica

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW

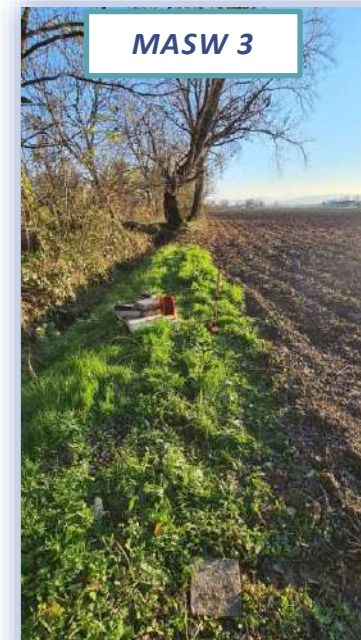
DATI GENERALI

- **COMMITTENTE** : SPETT.LE "IMMOBILIARE IL PILASTRO S.R.L."
- **CANTIERE** : PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA A DESTINAZIONE RESIDENZIALE
- **LOCALITÀ** : LOCALITÀ PILASTRO
29010 GRAGNANO TREBBIENSE (PC)

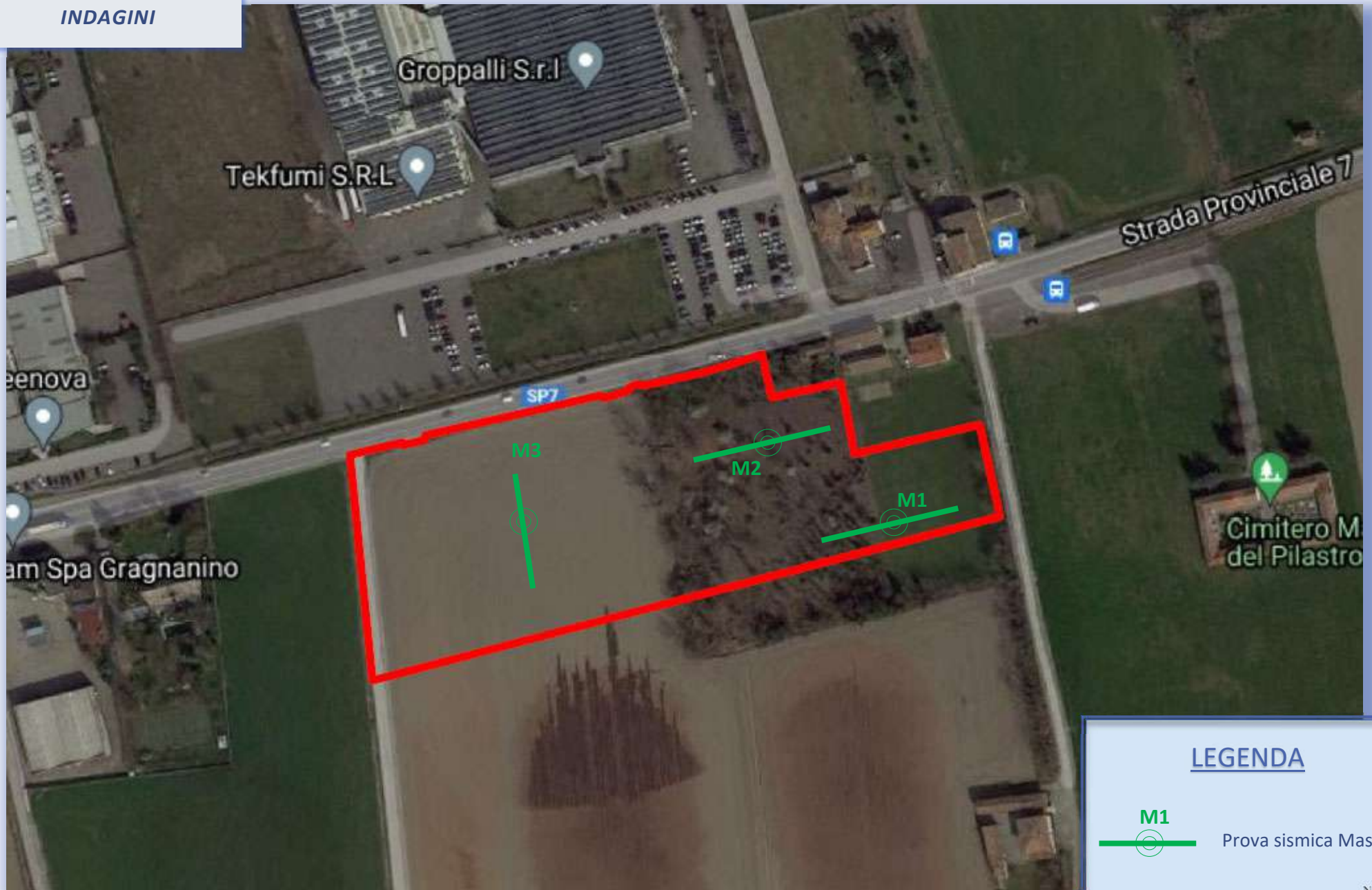
COROGRAFIA



INDAGINI CONDOTTE



PLANIMETRIA DELLE
INDAGINI



LEGENDA

M1
—○— Prova sismica Masw



PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

1.1 PREMESSA

Su incarico e per conto di "Immobiliare Il Pilastro s.r.l.", sono state condotte, il giorno 23 novembre 2021, n. 3 prove geofisiche mediante metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), presso una lottizzazione sita in Località Pilastro, comune di Gragnano Trebbiense (PC).

L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S, le quali hanno consentito il calcolo del valore del parametro V_{S30} , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto da normativa vigente "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018).

1.2 CENNI METODOLOGICI

Il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_S , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo secondo uno stendimento lineare.

Tale metodo di indagine è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array). Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 30 m ed i 50 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20 m.

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 (fenomeno della dispersione geometrica), 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 anche gli strati più profondi del suolo.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio V_s e dalla frequenza (Stokoe II and Santamarina, 2000): onde di Rayleigh con diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio V_s del sito fornite, sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I **vantaggi** della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

1. particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
3. buona risoluzione.

I **limiti teorici** del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli, orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere appresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Si rammenta, in ogni caso, che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

L'**elaborazione** dei dati con il metodo M.A.S.W. prevede tre principali fasi di lavoro:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , agendo sui parametri sotto elencati mediante loro modifica fino a raggiungere la sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato:
 - 3.1 spessore strati considerati (h_{iesimo});
 - 3.2 velocità delle onde di taglio (V_s) e delle onde di compressione (V_p) o, in alternativa alle velocità V_p , è possibile assegnare il coefficiente di Poisson (σ);
 - 3.3 densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo.

Generalmente l'operatore simula un modello geotecnico sintetico iniziale definendo un certo numero di strati ed assegnando a ciascuno di essi il corrispettivo valore del peso dell'unità di volume e del coefficiente di Poisson. Le principali variabili al raggiungimento del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica, saranno pertanto lo spessore dei singoli strati (h_{iesimo}) e la corrispettiva velocità (V_s).

La curva di dispersione teorica ottenuta manualmente tramite intervento attivo dell'utente nella definizione di un primo modello di sottosuolo (e quindi di profilo di velocità delle onde di taglio verticali), si affianca una combinazione automatica di ricerca del profilo di velocità / modello di sottosuolo ottimale. Quest'ultima si affida ad un algoritmo di ricerca globale o locale per minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

Il processo descritto è detto "**di Inversione**" e consiste, appunto, nella modifica reiterata dei parametri del modello geotecnico sintetico fino ad avvicinare il più possibile (tendenza alla sovrapposizione) la curva di dispersione teorica con quella sperimentale ed ottenere il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% ed il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due pertanto, il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e la definizione di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida dal punto di vista ingegneristico.

1.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITÀ ESECUTIVE

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati consiste in un sismografo a 24 canali *ECHO 12-24/2010 della "Ambrogeo"*, n° 12 geofoni verticali con periodo proprio di 4,5 Hz, mazza battente di 8 kg dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo, piastra di battuta in alluminio 15x15x2.5 cm, batteria ricaricabile 12V, cavo per sismica a rifrazione 75 mt con 12 takeouts a 5 metri di intervallo.



Seismograph ECHO 24/2010 Seismic Unit







61 pins connector

<ul style="list-style-type: none"> • Monitor: • Number of channels: • A/D Conversion: • Dynamic range: • Cross talk: • Preamplify gain: • Frequency response: • Acquisition and display filter: • Sampling interval: • Record length: • Stacking trigger accuracy: • Distorsion (THD): • Max input signal: • CMR: • Noise: • Pre-trigger data: • Delay: • Temperature range: • Power: • Continuous recording: • Output format: • Connector: 	<p>Touchscreen/External laptop 12-24+1 24 bits 130dB @1ms PG=0dB 120dB @1ms PG=18dB >90db 0db, 6db, 12db, 24db, 30 db, 36 db 0 to 6KHz (30kSPS), 0 to 4,8KHz (15kSPS), 0 to 3KHz (7,5kSPS), 0 to 1,5KHz (3,5kSPS), 0 to 800Hz (2kSPS), 0 to 400Hz (1kSPS) Low Cut Out 10,15,25,35,50,70,100,200,280,400 Hz 32us,64us,128us,256us,480us,960us 16000 samples 1/32 of samples interval 0,0004 % 2Vpp,0Db 110dB (ICM =60Hz, I DATA = 30kSPS) 0,25uV,2ms,36Db 524ms @ 32us sample interval 0 to 2500ms step 10ms - 30°C/+70°C 12 V HVSR SEG-Y/SG2 / SAF (SESAME ASCII FORMAT) 61-pin Bendix connector - NK27-pin Cannon connector</p>
---	---

Figura 1: Sismografo Echo 24/2010 Seismic UNIT Ambrogeo

La geometria di acquisizione ha previsto n. 3 stendimenti di 12 geofoni spaziati di 5 m (distanza intergeofonica) con offset sorgente di 5 m (distanza di energizzazione dal primo geofono).

La configurazione temporale di acquisizione è consistita in durata di acquisizione pari a 1002.3 msec e periodo di campionamento 0.478 msec.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software "*winMASW 2018 versione Academy della Eliosoft*" il quale consente l'operazione di processing mediante "modellazione diretta" e fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti per arrivare ad un modello del profilo verticale Vs il più coerente possibile con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata.

1.4 ELABORAZIONE DATI

I dati sismici registrati in campagna, sono stati elaborati utilizzando il software "winMASW 2018 versione Academy della Eliosoft". In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale.

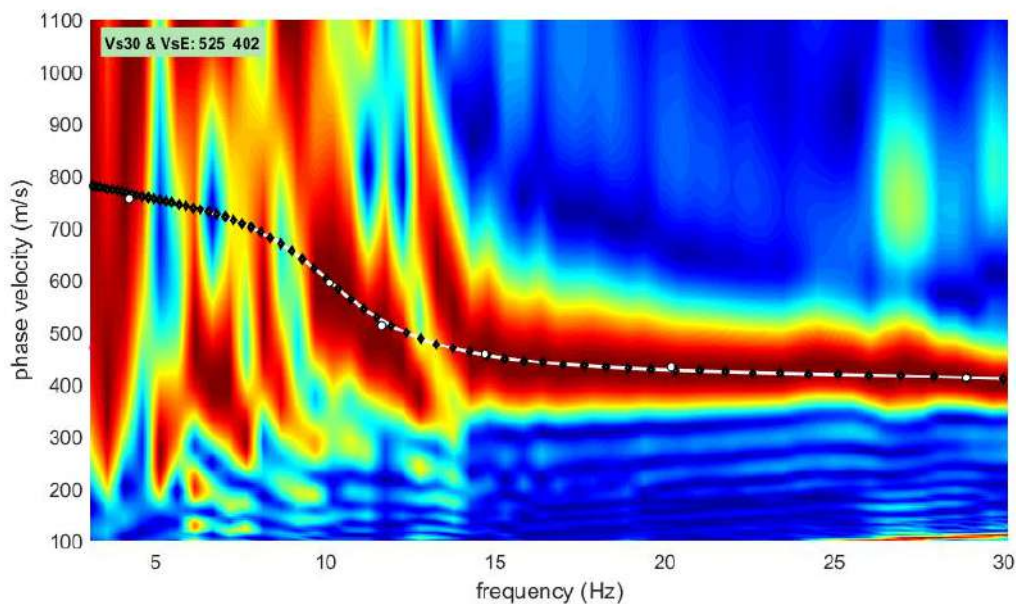


Figura 2: Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione della prova 1

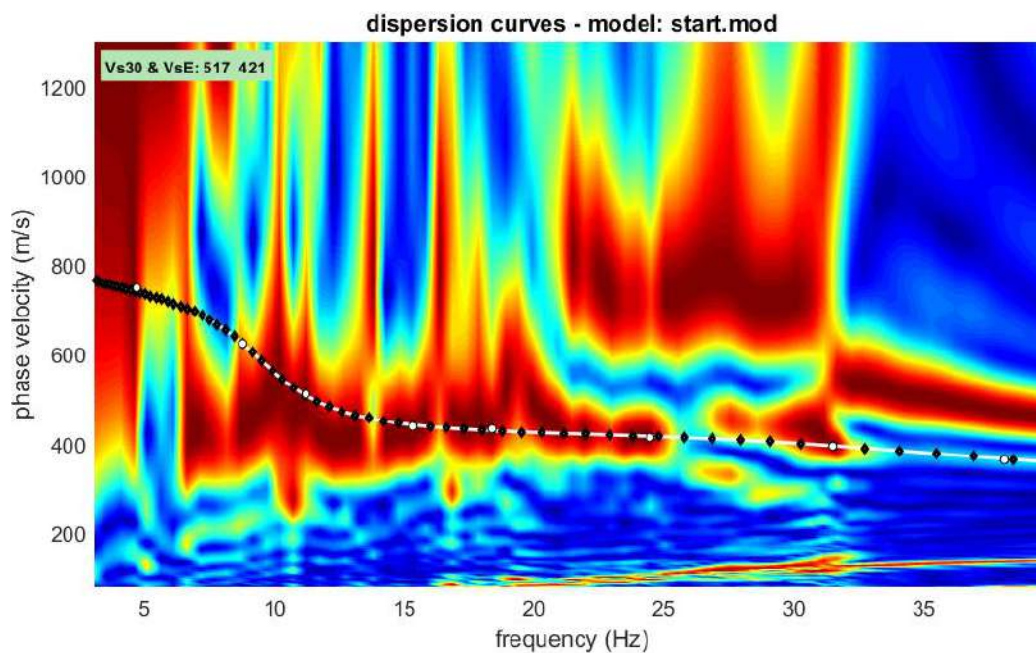


Figura 3: Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione della prova 2

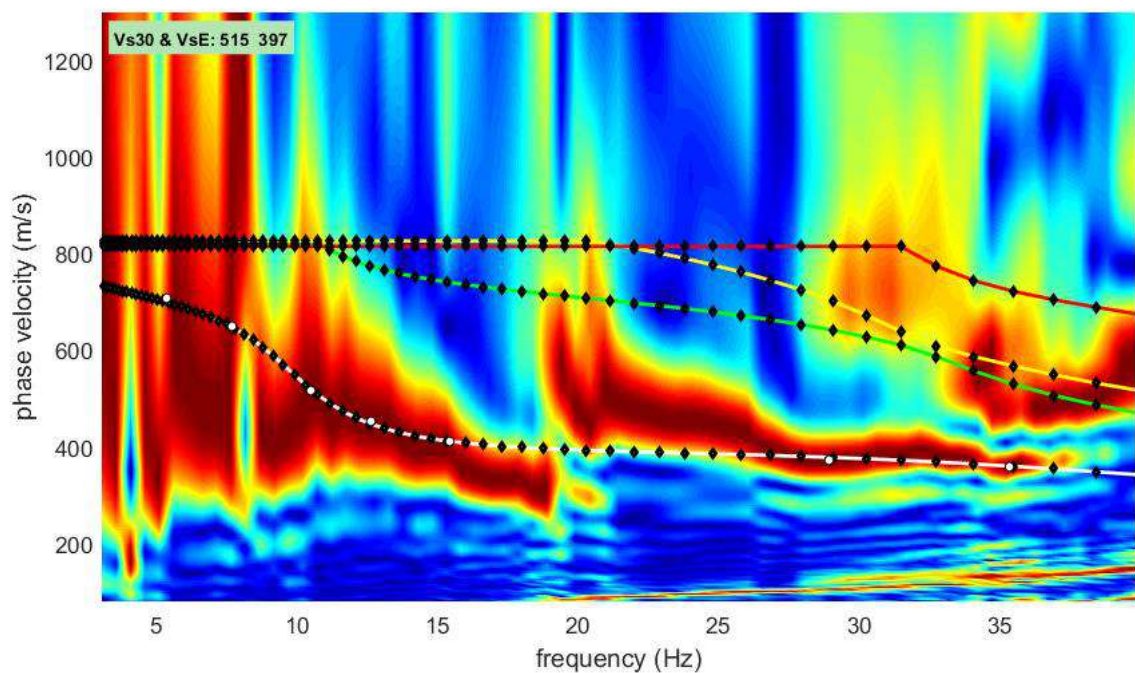
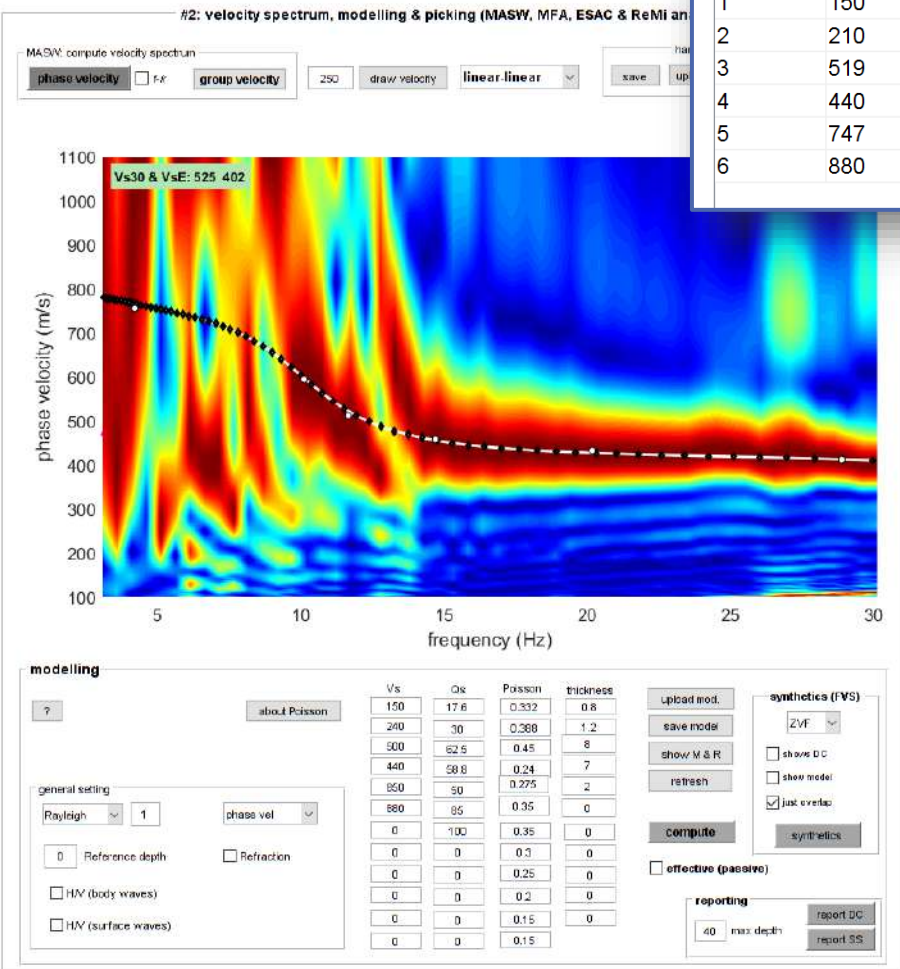
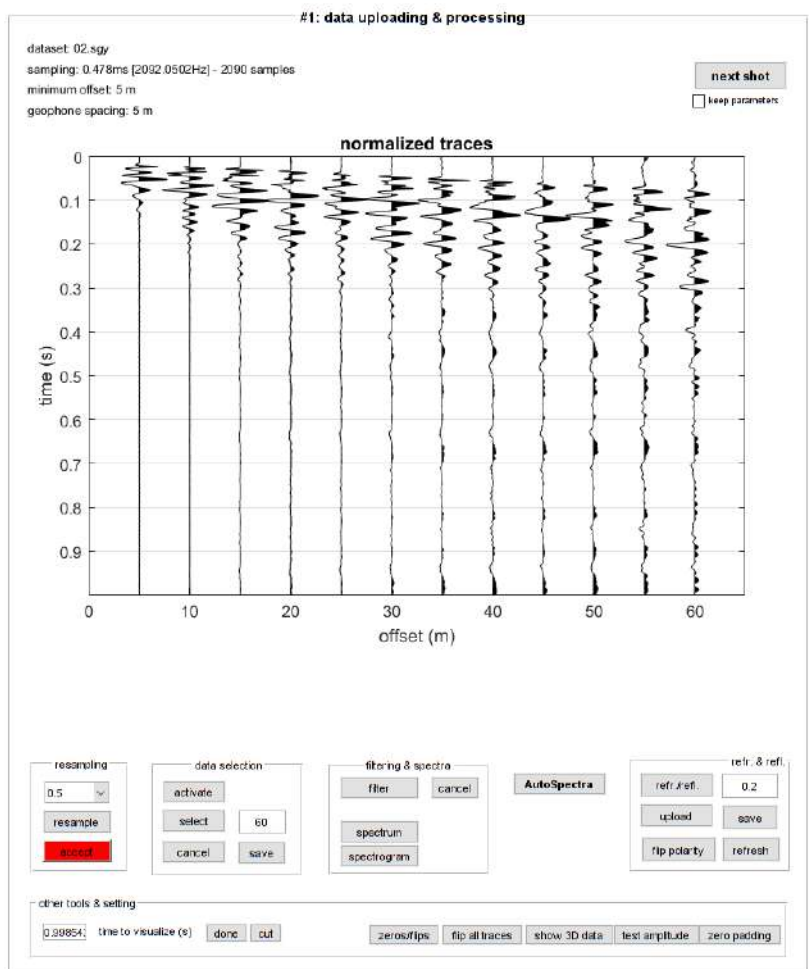


Figura 4: Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione della prova 3

Successivamente è stato definito il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, per ciascun strato individuato, i seguenti parametri: spessore h , velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p o, in alternativa, il coefficiente di Poisson (σ) e il peso dell'unità di volume. Lo scopo è quello di ottenere un modello di velocità, e quindi di sottosuolo, a cui corrisponda una curva di dispersione numerica che si sovrapponga (o avvicini) alla velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale.



best model

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	150	0.7030	0.7030
2	210	1.0384	1.7414
3	519	8.1107	9.8522
4	440	7	16.8522
5	747	1.4275	18.2796
6	880	0	0

auto picking

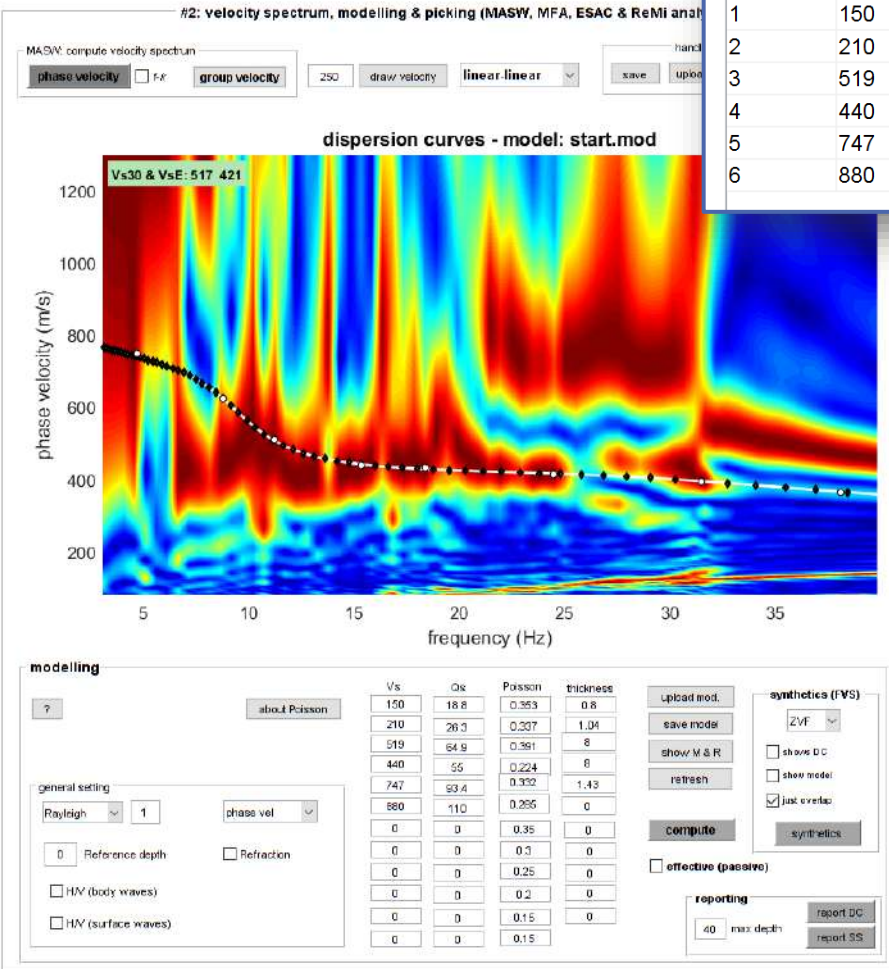
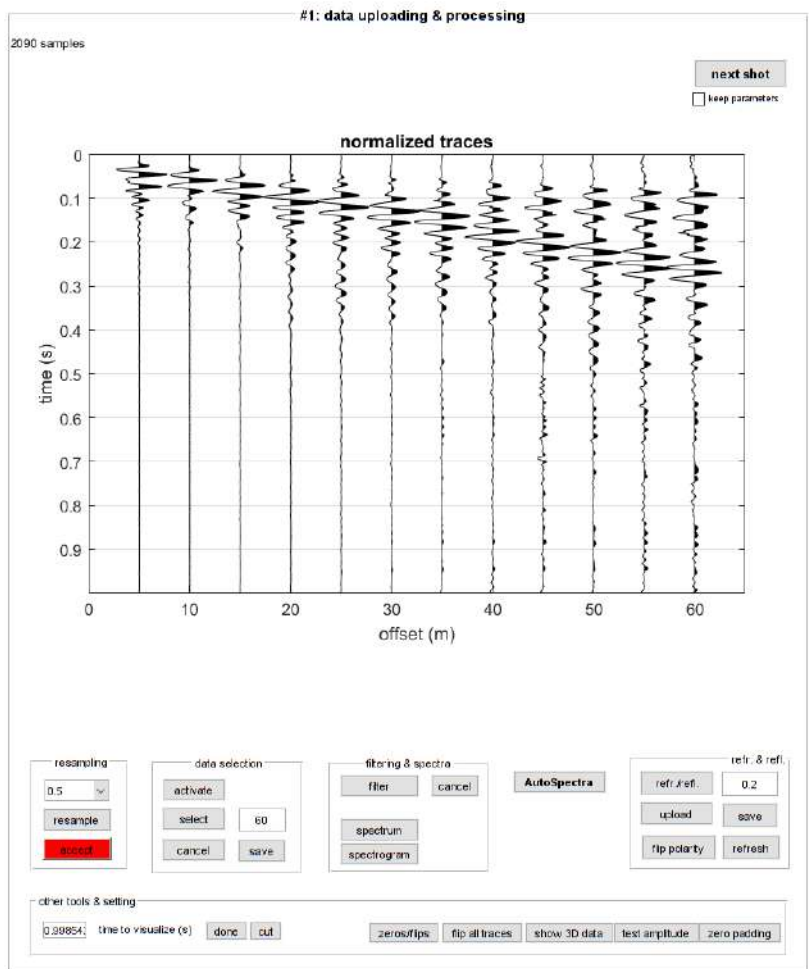
dispersion curves: fundamental
 to select the last part of the considered mode click the right button

 plk1.edp

inversion
 inversion
 joint D+HV inv.

www.winmasw.com

Figura 5: Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità calcolato (prova 1)



best model

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	150	0.8000	0.8000
2	210	1.0400	1.8400
3	519	8	9.8400
4	440	8	17.8400
5	747	1.0387	18.8787
6	880	0	0

auto picking

dispersion curves: fundamental

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

save picking ?

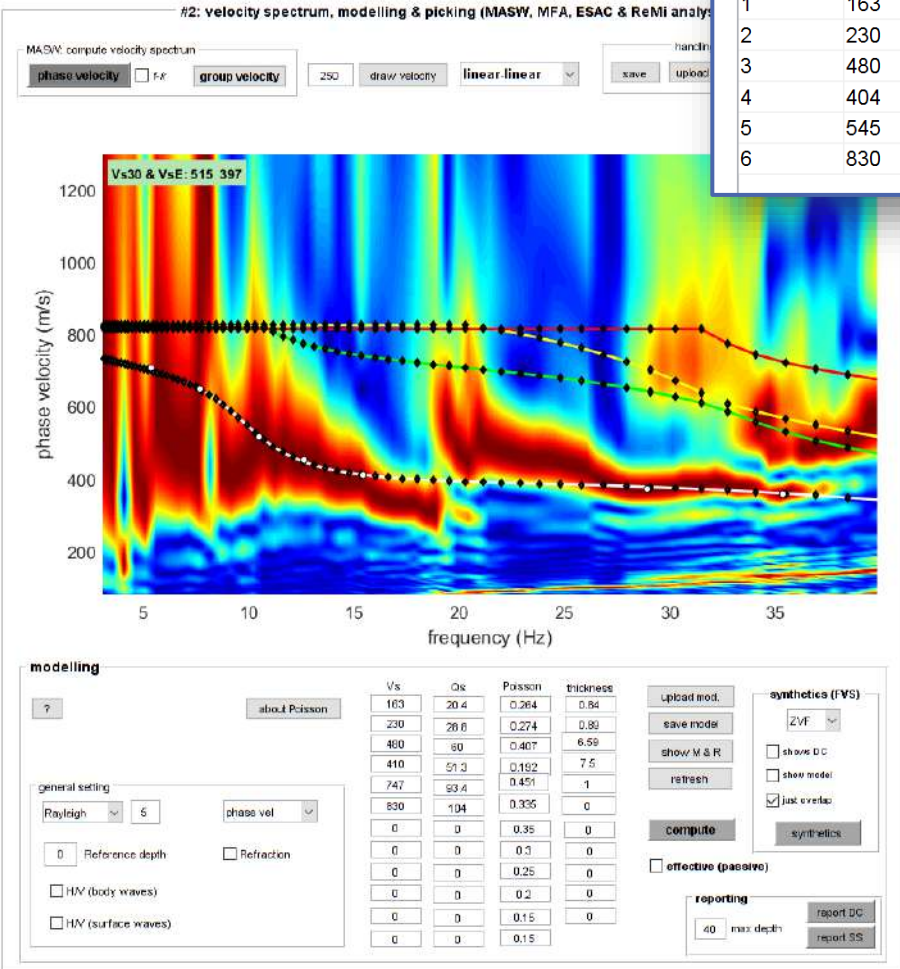
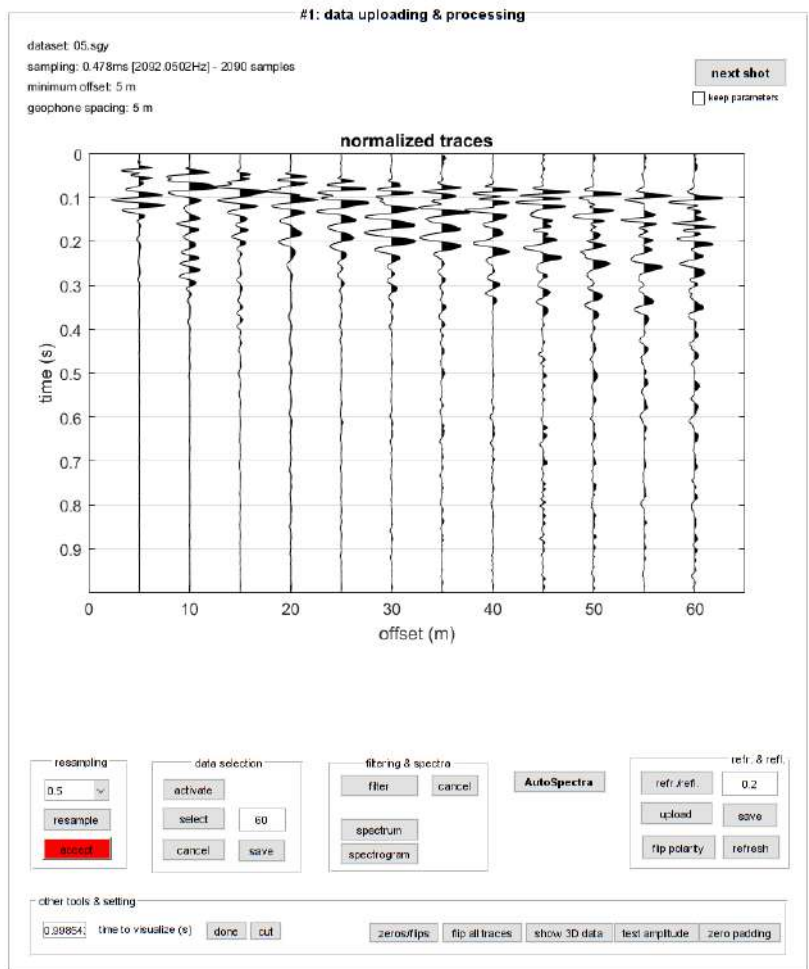
pick.edp

cancel picking

inversion: inversion, joint D+HV inv.

www.winmasw.com

Figura 6: Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità calcolato (prova 2)



best model

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	163	0.8400	0.8400
2	230	0.8900	1.7300
3	480	5.8830	7.6130
4	404	7.5000	15.1130
5	545	0.7542	15.8672
6	830	0	0

show file

auto picking

dispersion curves: fundamental

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

save picking ?

pk1.cdp

cancel picking

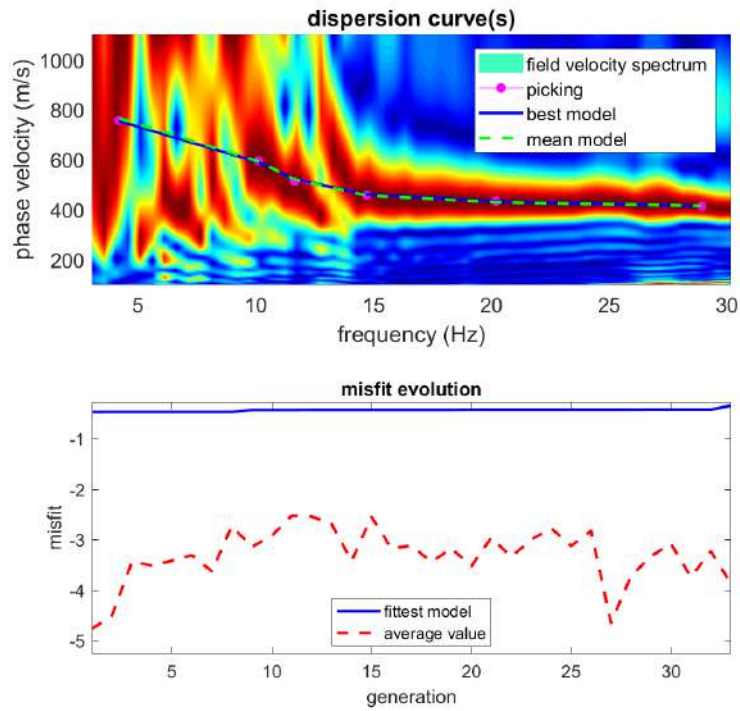
inversion

inversion

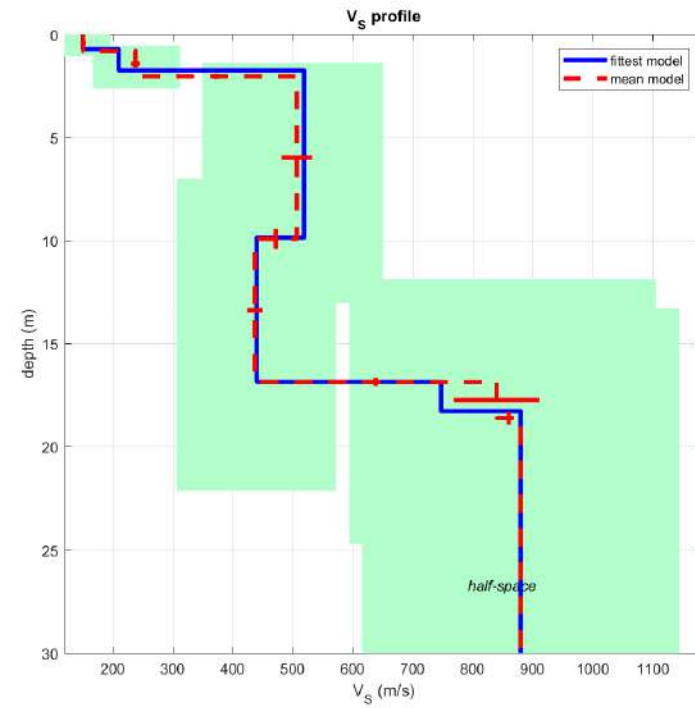
joint D+HV inv.

www.winmasw.com

Figura 7: Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità calcolato (prova 3)

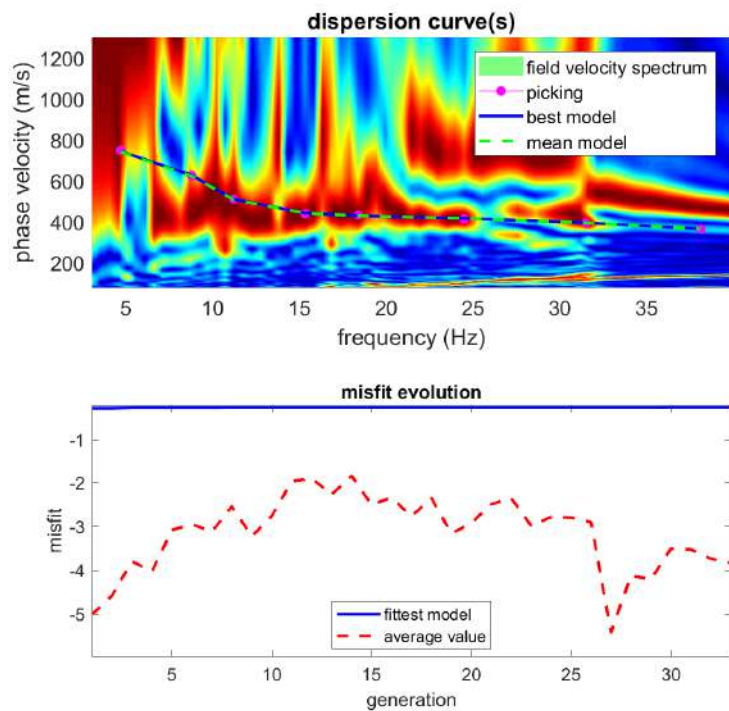


www.winmasw.com

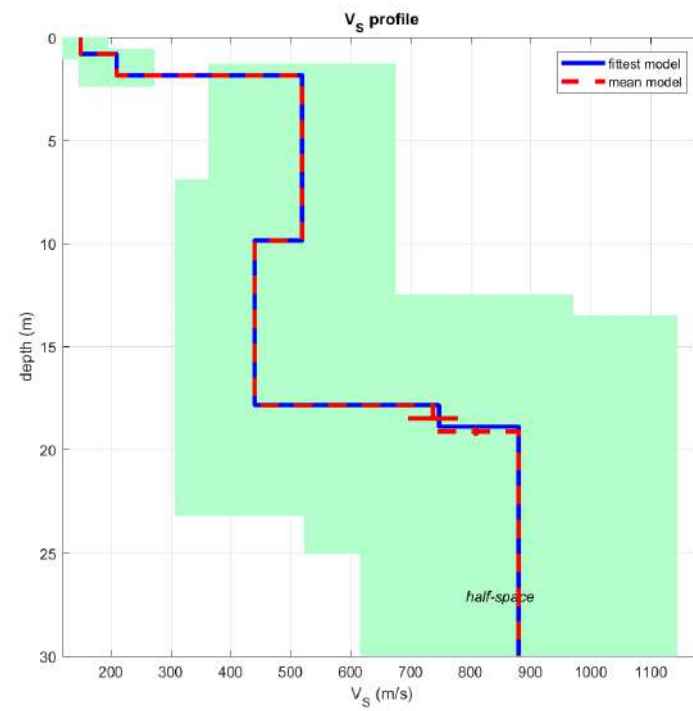


dataset: 02.sgy
 dispersion curve: pik1.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 532 424 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 527 402 m/s

Figura 8: Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A destra Profilo verticale Vs successivo al processo di inversione (Prova 1)

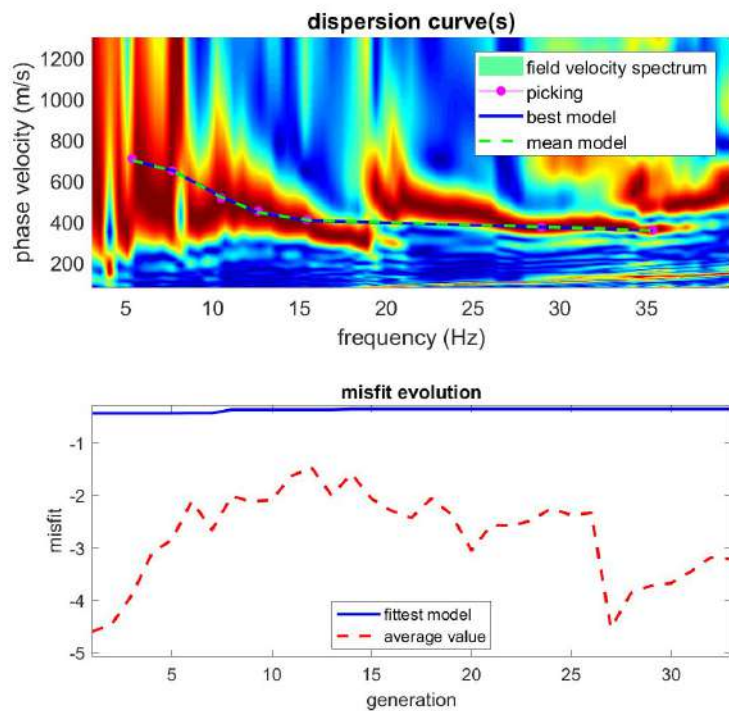


www.winmasw.com

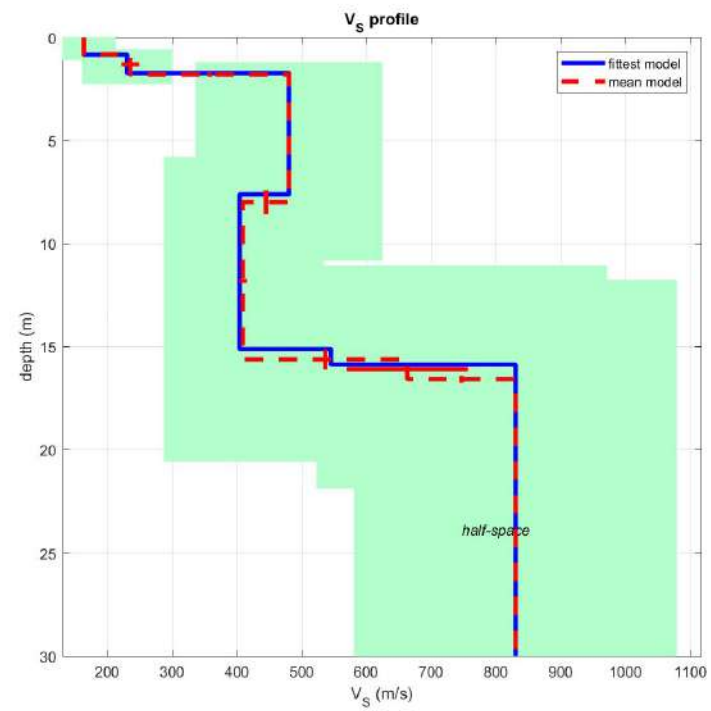


dataset: 04.sgy
 dispersion curve: pik1.cdp
 V_{s30} & V_{sE} (best model): 518 417 m/s
 V_{s30} & V_{sE} (mean model): 517 419 m/s

Figura 9: Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A destra Profilo verticale V_s successivo al processo di inversione (Prova 2)



www.winmasw.com



dataset: 05.sgy
 dispersion curve: pik1.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 515 385 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 514 393 m/s

Figura 10: Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A destra Profilo verticale Vs successivo al processo di inversione (Prova 3)

Quadro d'insieme delle prove MASW

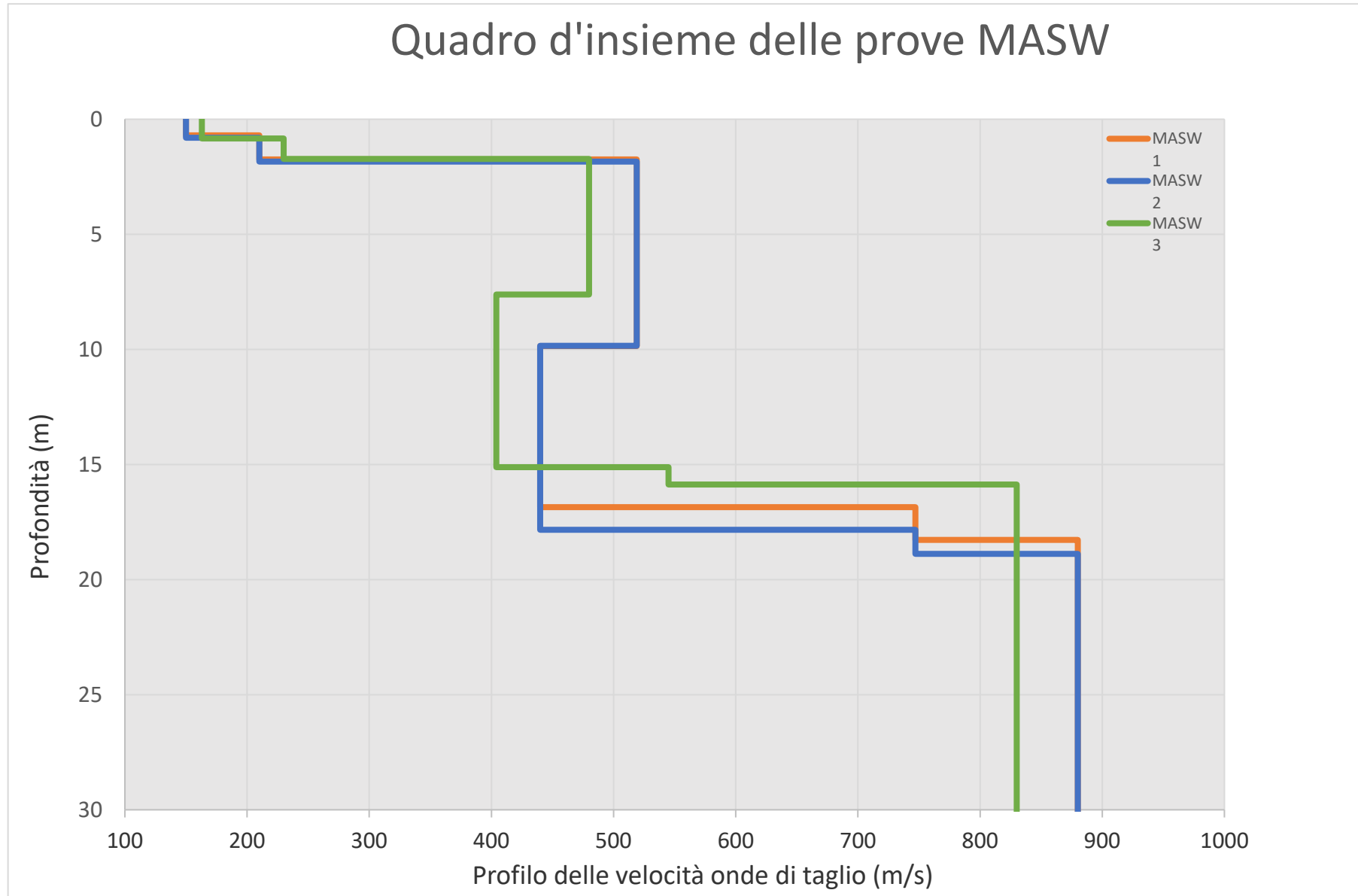


Figura 11: Quadro d'insieme delle prove MASW

1.5 ANALISI DEI RISULTATI

Per ciascuna delle 3 prove effettuate, i dati sismici acquisiti ed elaborati, hanno consentito di interpretare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.

Tale risultato costituisce un importante supporto nell'interpretazione della successione litostratigrafica di sito. L'indagine geofisica M.A.S.W., unitamente alle risultanze di prove geognostiche (tra cui penetrometrie dinamiche e/o statiche) nonché di informazioni bibliografiche e d'archivio, consente la definizione dei principali orizzonti geotecnici. La velocità di propagazione delle onde di taglio costituisce un parametro geomeccanico del mezzo attraversato, pertanto fornisce indicazioni sulle caratteristiche e sullo stato dello scheletro del materiale stesso (le velocità variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti): generalmente la velocità delle onde di taglio aumenta in corrispondenza di materiali addensati e con buone caratteristiche geomeccaniche, mentre diminuisce in materiali poco consistenti e con scadenti caratteristiche geotecniche.

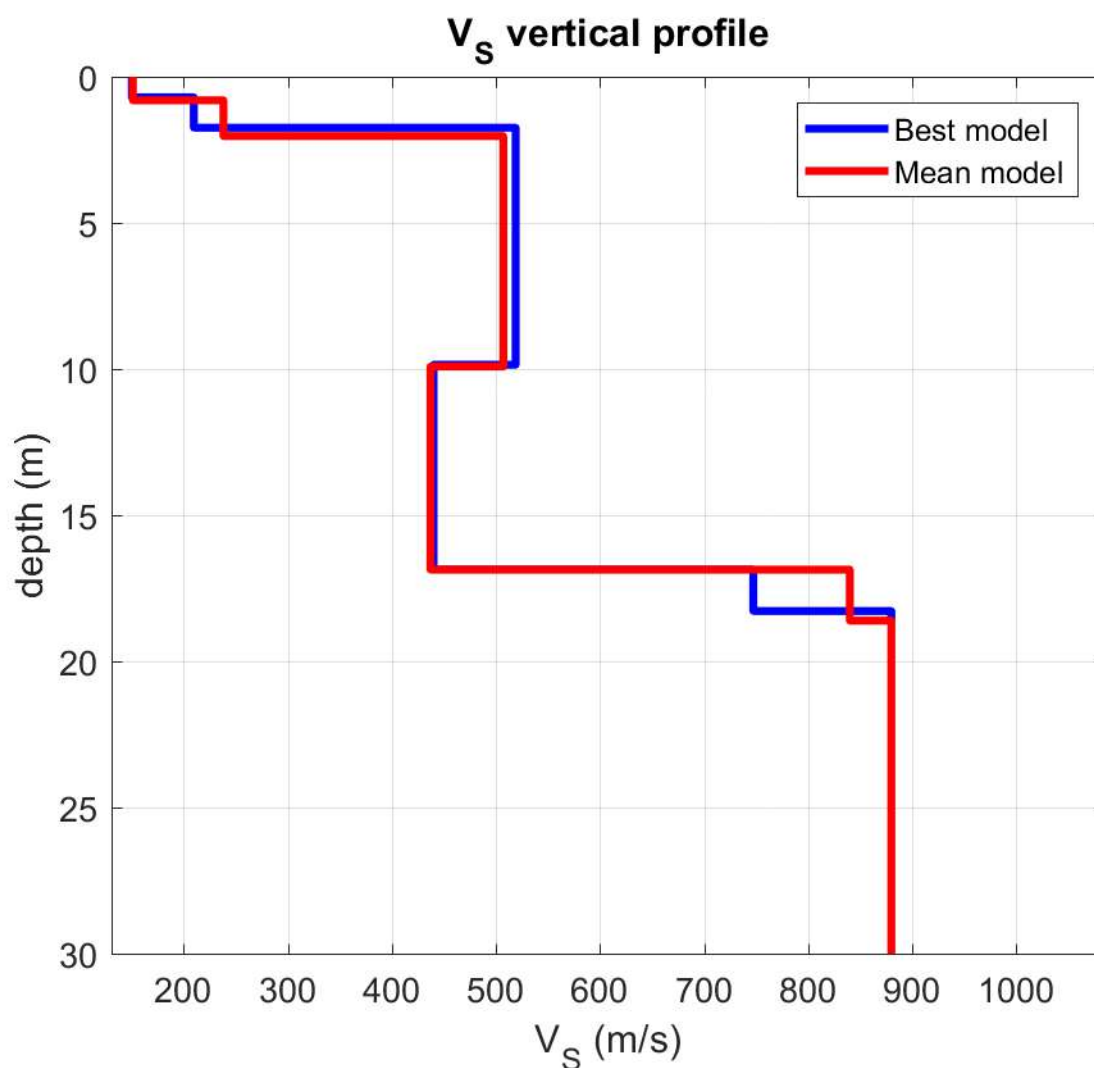


Figura 12: Profilo verticale di velocità delle onde "S" (V_S) - Prova 1

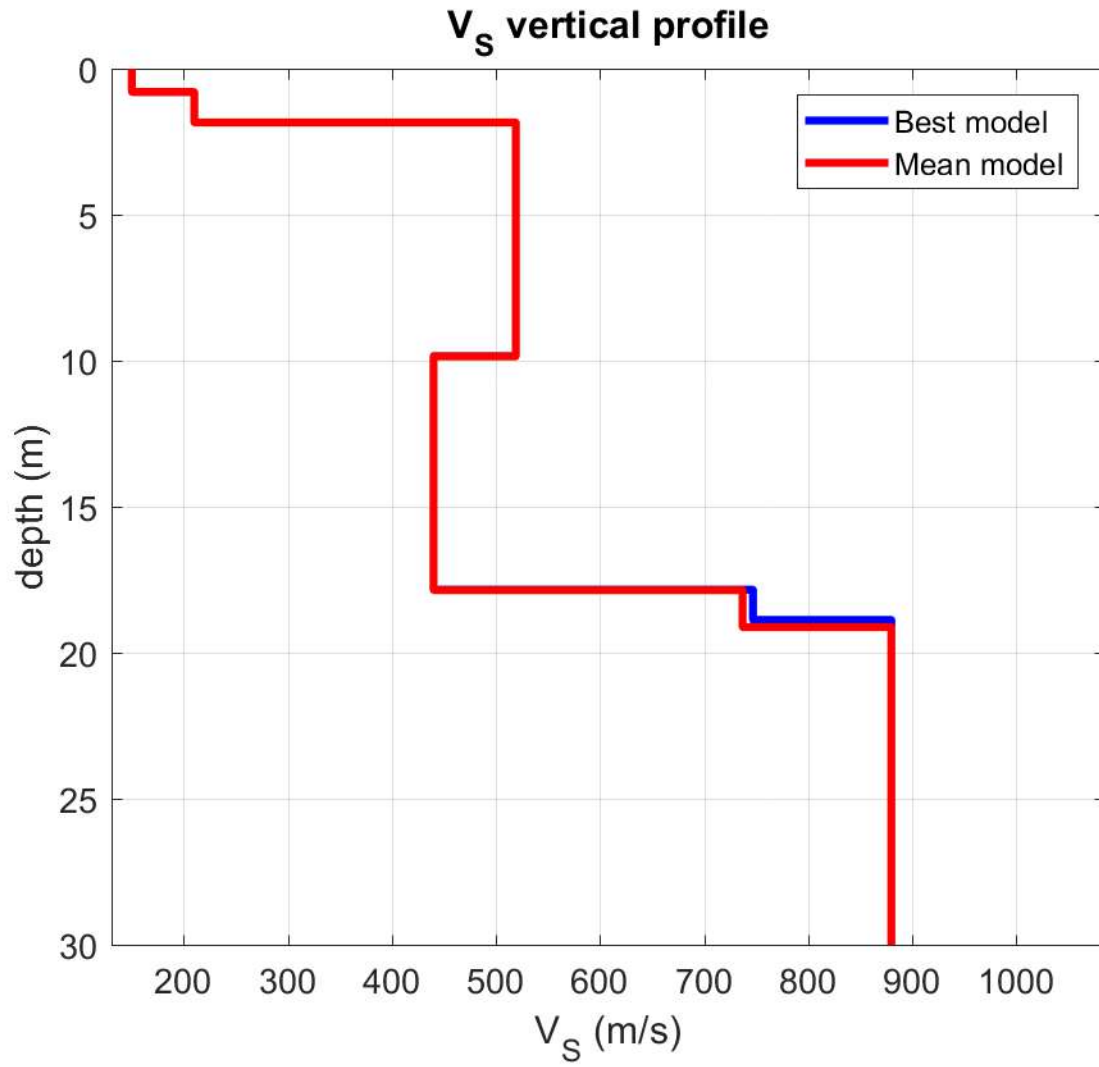


Figura 13: Profilo verticale di velocità delle onde "S" (Vs) - Prova 2

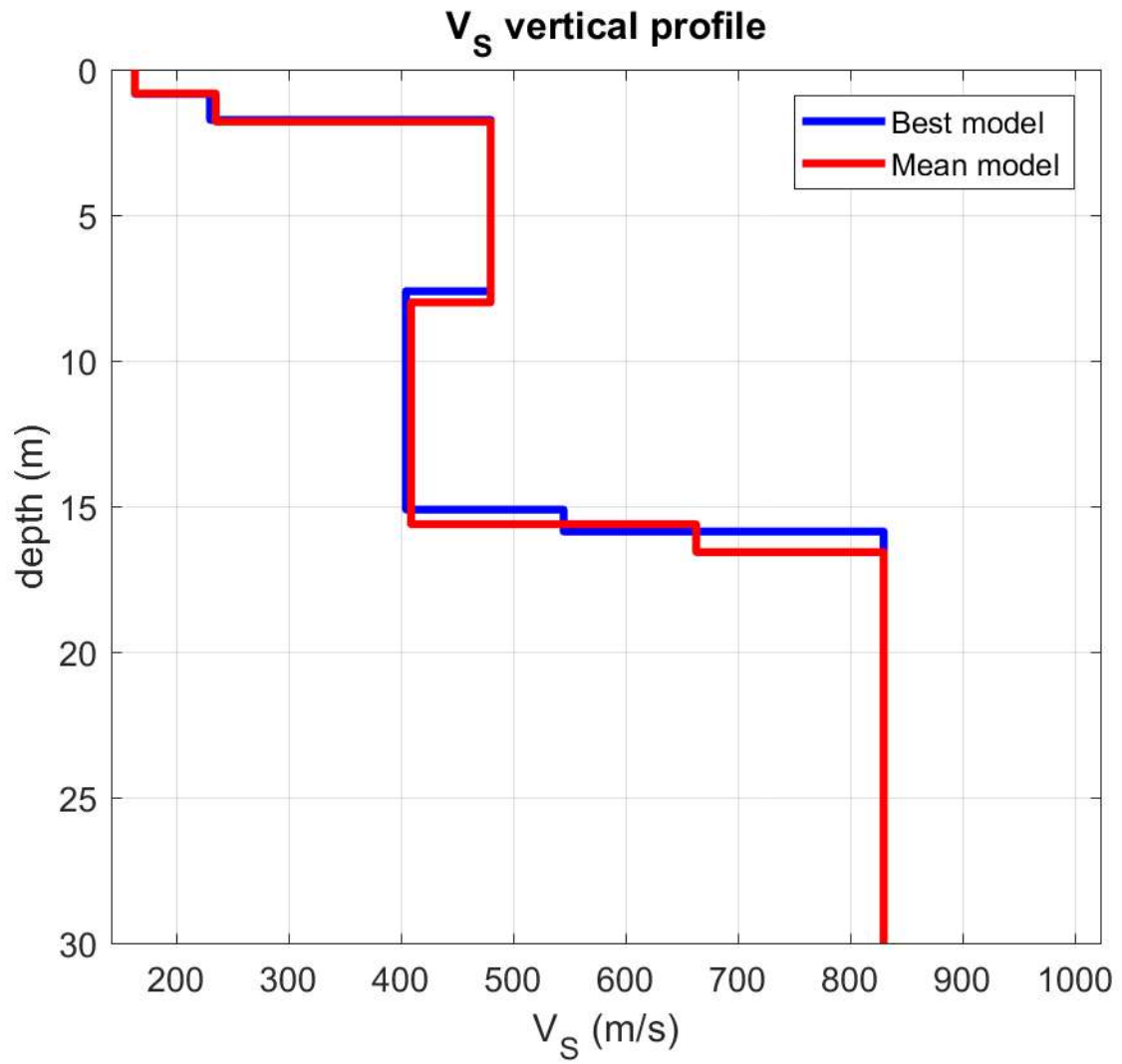


Figura 14: Profilo verticale di velocità delle onde "S" (Vs) - Prova 3

1.6 CONSIDERAZIONI INTERPRETATIVE CONCLUSIVE

I risultati delle prove MASW appaiono coerenti con l'assetto geologico sito specifico.

In ottemperanza a quanto definito dalla vigente normativa "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018", la classificazione di suolo sismico relativo al sito oggetto di studio, è stata ottenuta sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

h_i	spessore dell'i-esimo strato;
$V_{s,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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

Nei depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (da intendersi i primi 30 m di profondità rispetto al piano fondazionale ovvero, velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, considerando come quota di riferimento il piano fondazionale p.f. = 0 m). In altri termini, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Nei depositi con profondità H del substrato inferiore a 30 m la categoria di suolo non è più definita sulla base del calcolo del V_s relativo a 30 m ma la classificazione del sottosuolo dovrà effettuarsi in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (rispetto al piano di imposta) entro lo spessore H del substrato, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/s: per strati con $V_s \geq 800$ m/s posti a profondità inferiore ai 30 m si considera infatti solo tale profondità.

Prove eseguite	Profondità da p.c.	Vs equivalente (m/sec)	Categoria di sottosuolo
MASW 1	0 m	Vs17, eq = 409	B
	-1.0 m	Vs16, eq = 452	B
	-2.0 m	Vs15, eq = 479	B
MASW 2	0 m	Vs18, eq = 407	B
	-1.0 m	Vs17, eq = 448	B
	-2.0 m	Vs16, eq = 476	B
MASW 3	0 m	Vs16, eq = 385	B
	-1.0 m	Vs15, eq = 420	B
	-2.0 m	Vs14, eq = 438	B

Tabella per la classificazione del suolo di fondazione



Categoria	Descrizione	Vs min [m/sec]	Vs max [m/sec]
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.	800	-
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.	360	800
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.	180	360
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.	100	180
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.	-	-

Su incarico conferito da "Immobiliare Il Pilastro s.r.l.", sono state eseguite il giorno 23 novembre 2021, n. 3 indagini geofisiche mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW, presso una lottizzazione sita in Località Pilastro, comune di Gragnano Trebbiense (PC). Dall'esame dei profili verticali di velocità delle onde "S" (Vs) ottenuti, è stato possibile caratterizzare sismicamente l'area di studio, qualificando e quantificando le caratteristiche geosismiche dei terreni coinvolti. I modelli simo-stratigrafici restituiti, hanno mostrato un'apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della zona; a seguire le considerazioni e deduzioni scaturite:

- I profili di velocità ricostruiti presentano un andamento sostanzialmente simile denotando una buona omogeneità litostratigrafica dell'area;
- La copertura fine poco addensata è di esiguo spessore (1.5-2.0 metri circa). I valori di Vs risultano infatti piuttosto elevati fin dalla superficie per la presenza di litotipi grossolani sub affioranti (ghiaie prevalenti e sabbie in matrice fine limoso-argillosa);
- Al di sotto dell'orizzonte più superficiale, fino a circa 15.0-18.0 metri di profondità, i valori di Vs subiscono un primo netto incremento superando i 450-520 m/s per la presenza di litotipi compatti ed addensati. Il deposito è caratterizzato da materiale alluvionale attritivo a natura prevalentemente ghiaiosa con possibile presenza di intercalazioni coesive (argilla e limo);
- Il bedrock sismico (velocità > 800 m/s) è stato identificato intorno ai 15.0-18.0 m circa di profondità. La successione litostratigrafica risulta costituita da litotipi grossolani molto addensati con possibile locale presenza di livelli cementati;
- I valori di Vs eq calcolati da p.c. e p.f. posto a -1.0 m e -2.0 m da p.c. variano da 385 m/s a 479 m/s definendo un suolo di fondazione sito specifico di tipo "B".

Trevozzo V.T., 29 novembre 2021

Geotest s.r.l.



Dott. Geol. Adriano Baldini



Dott. Geol. Sara Bozzini

Indagine Geofisica

MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR

MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA)

1.1 CENNI METODOLOGICI

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico, quali il Giappone, per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Tale metodo si basa sulla misura del microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo presente in qualsiasi punto della superficie terrestre, che consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Il microtremore naturale del suolo, agendo da oscillatore naturale, permette tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti.

La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito, assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffici su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- *I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;*
- *Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;*
- *La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;*
- *Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.*

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

- *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- *Stratigrafia sismica passiva;*
- *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 10 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione **f₀**.

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

dove:

- **V_s** è la velocità media delle onde di taglio;
- **H** è la profondità dello strato sismico in corrispondenza di un netto aumento di velocità sismiche.

Le misure HVSR permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, Esac, ReMi ecc.), di vincolare il profilo Vs e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle altre prove.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. e un solido ancoraggio di taratura, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITA' DI ACQUISIZIONE

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato "**TROMINO® BLU**", tromografo digitale di ultima generazione.

"**TROMINO®**" è uno strumento compatto, ultra leggero che opera in alta risoluzione.

Al suo interno racchiude:

- 3 canali velocimetrici a guadagno variabile
- 3 canali accelerometrici
- 1 canale analogico
- ricevitore GPS
- modulo radio ricevente/trasmittente (per la sincronizzazione tra diverse unità)
- sistema di trigger radio (per prove MASW e simili)

Possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Nel caso specifico, le registrazioni hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.



- 3 canali velocimetrici a guadagno e sensibilità variabile: dal microtremore (fino a ± 0.5 mm/s) alle vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s)
- 3 canali accelerometrici (± 2 g)
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW e rifrazione)
- frequenze di lavoro [0.1, 1024] Hz su tutti i canali con conversione A/D a 24 bit reali
- ricevitore GPS con antenna interna o esterna per posizionamento e sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio trasmittente e ricevente integrato per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

1.3 ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software winMASW 2018 versione Academy della Eliosoft.

Di seguito i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove effettuate:

1.3.1 DATA ACQUISITION

- Località = Località Pilastro, 29010 – Gragnano Trebbiense (PC)
- Station Coordinates HVSr 1 = 009°34.6952 E, 45°01.8703 N
- Station Coordinates HVSr 2 = 009°34.6361 E, 45°01.8989 N
- Station Coordinates HVSr 3 = 009°34.6026 E, 45°01.8833 N

1.3.2 DATA PROCESSING

- Sampling frequency (Hz): 64
- Window length (sec): 20
- Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
- Tapering (%): 5
- Smoothing (%): 10

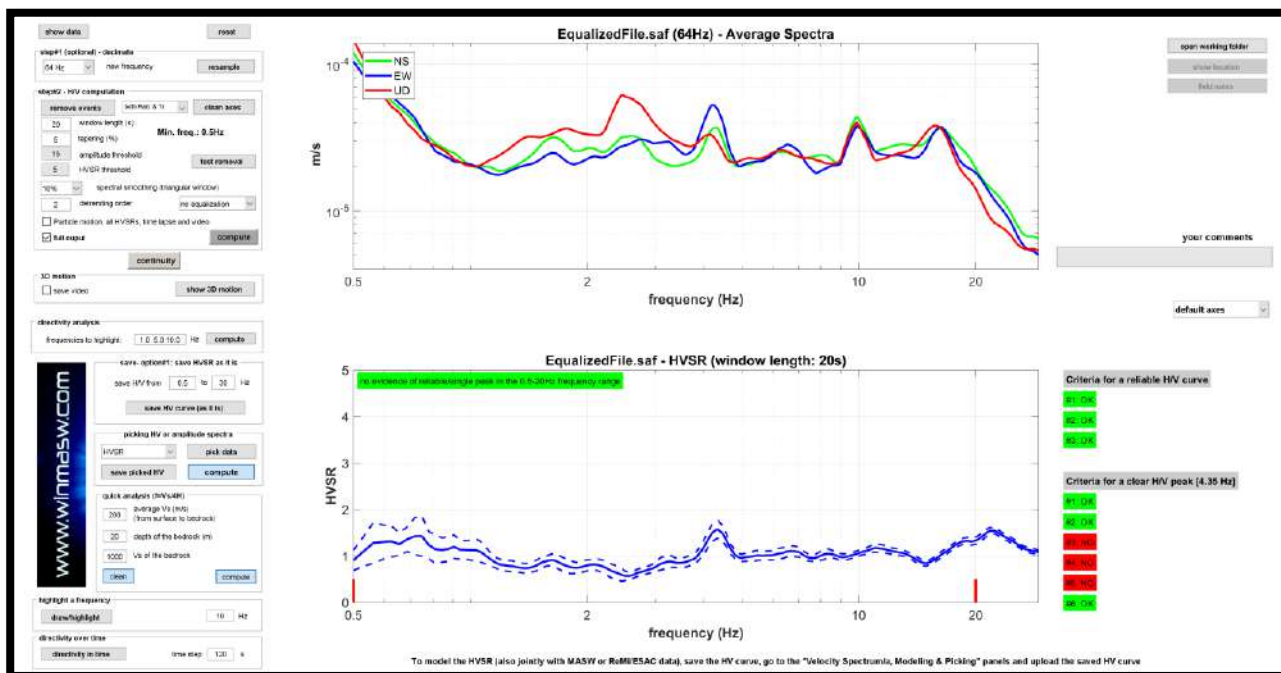


Figura 1: Prova HVSr_1 la riga continua indica il valore medio, le tratteggiate le deviazioni standard

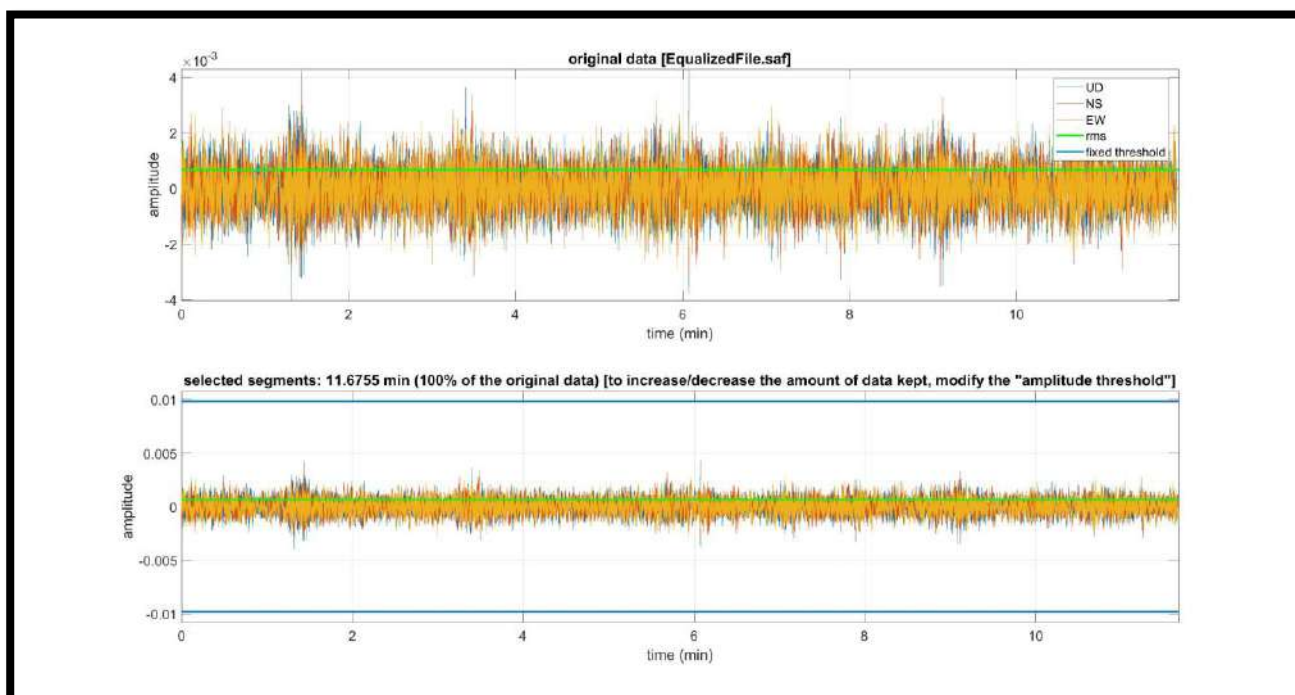


Figura 2: Prova HVSr_1 dati originali e dati "puliti"

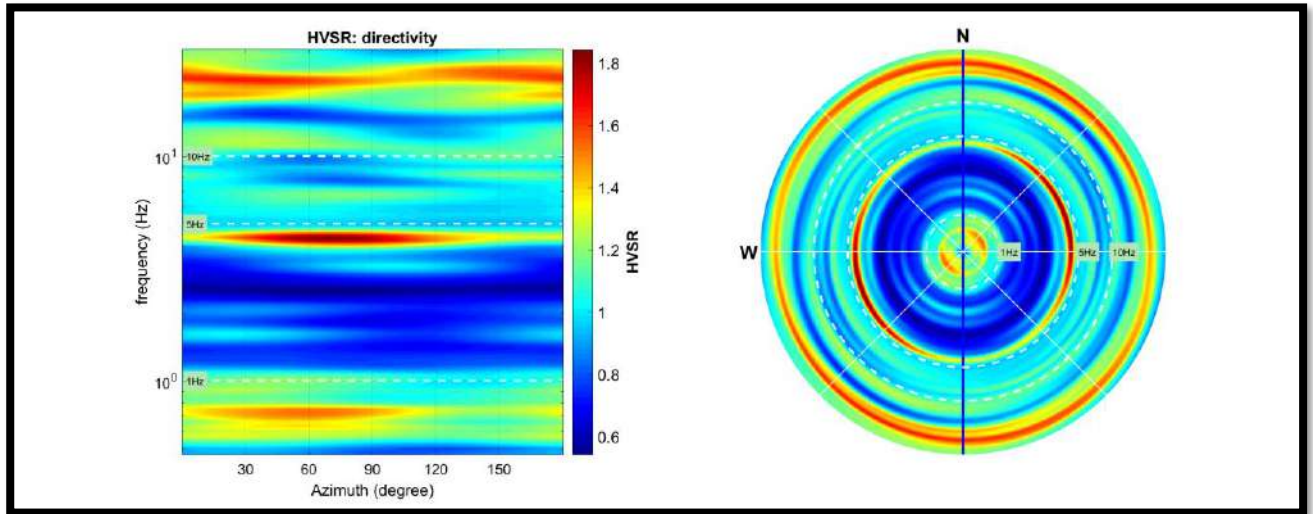


Figura 3: Prova HVSR_1 directivity

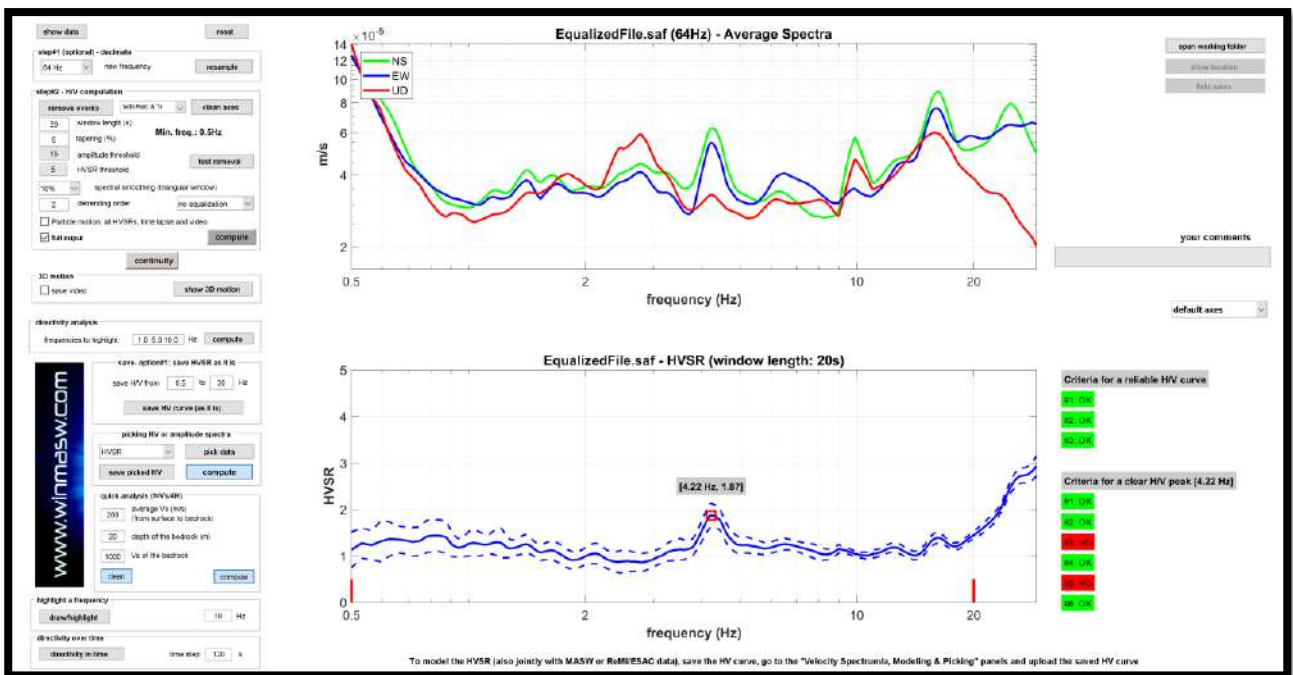


Figura 4: Prova HVSR_2 la riga continua indica il valore medio, le tratteggiate le deviazioni standard

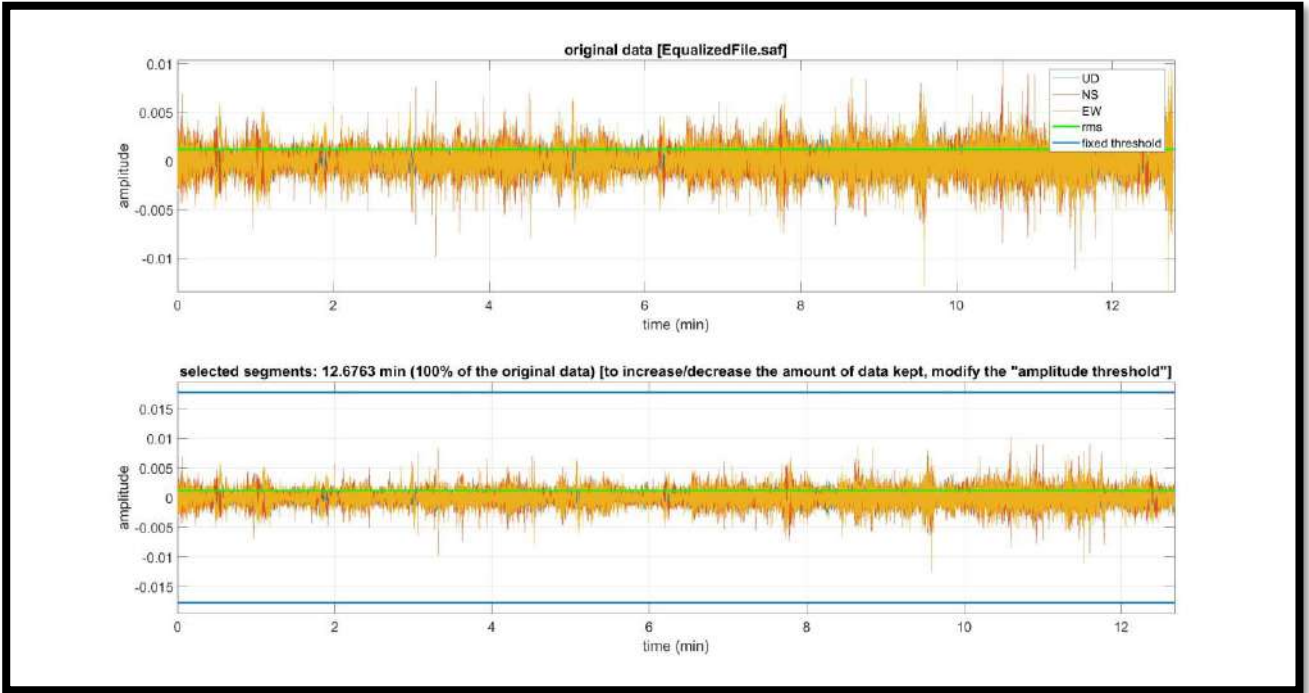


Figura 5: Prova HVSr_2 dati originali e dati "puliti"

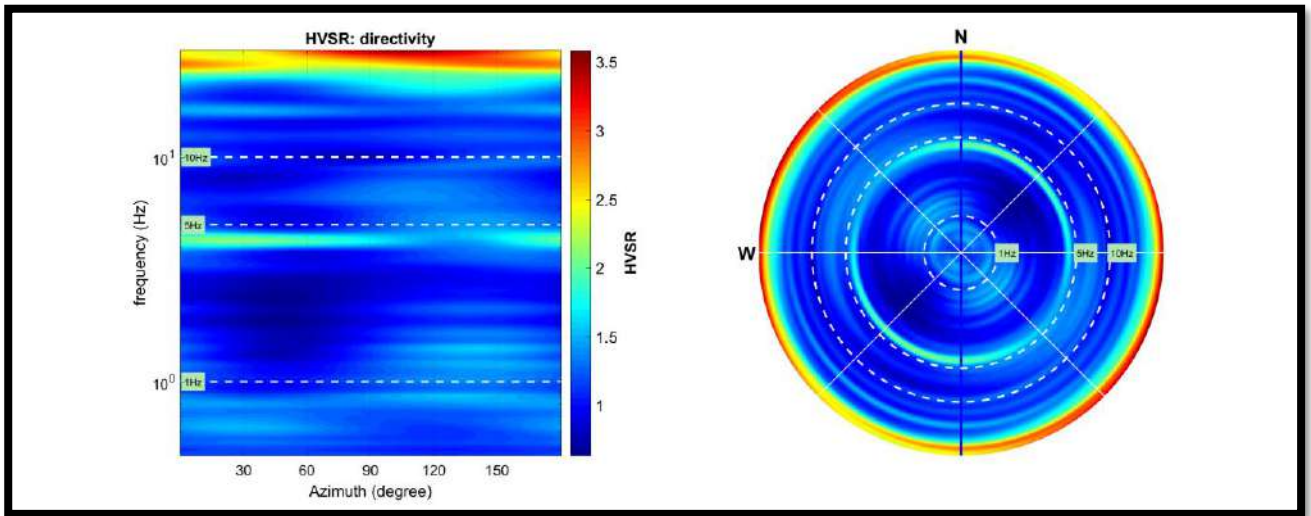


Figura 6: Prova HVSr_2 directivity

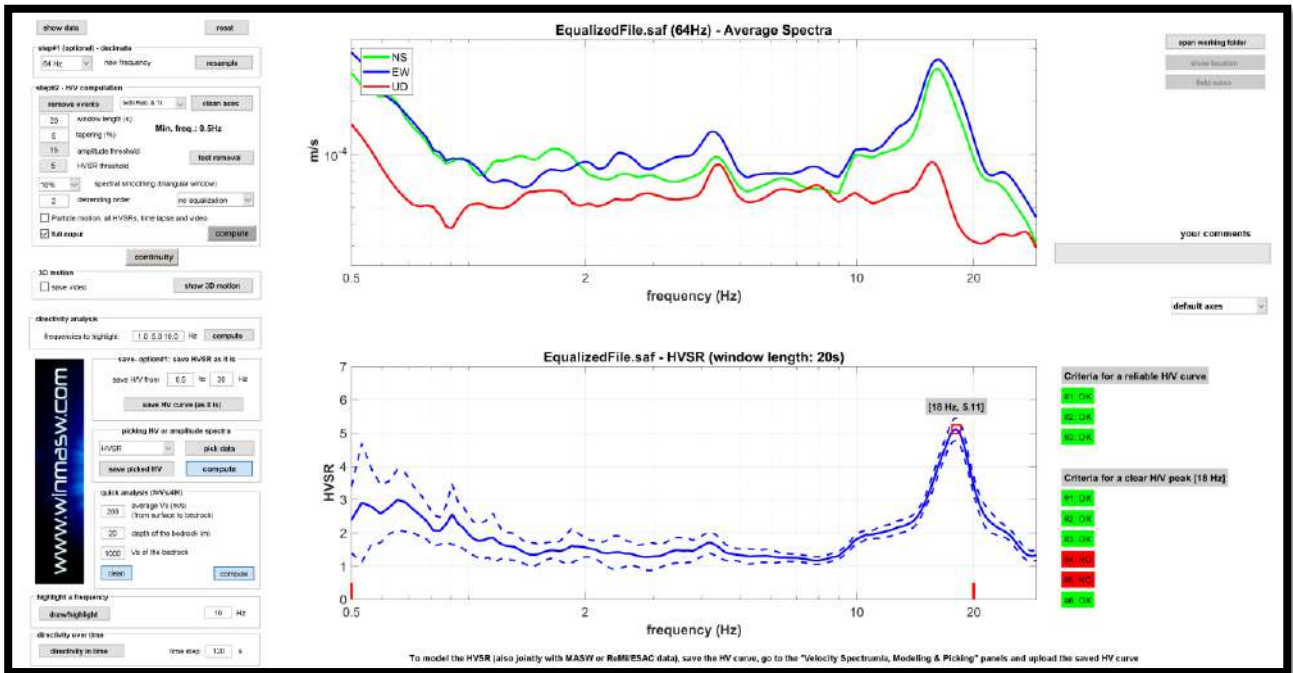


Figura 7: Prova HVSr_3 la riga continua indica il valore medio, le tratteggiate le deviazioni standard

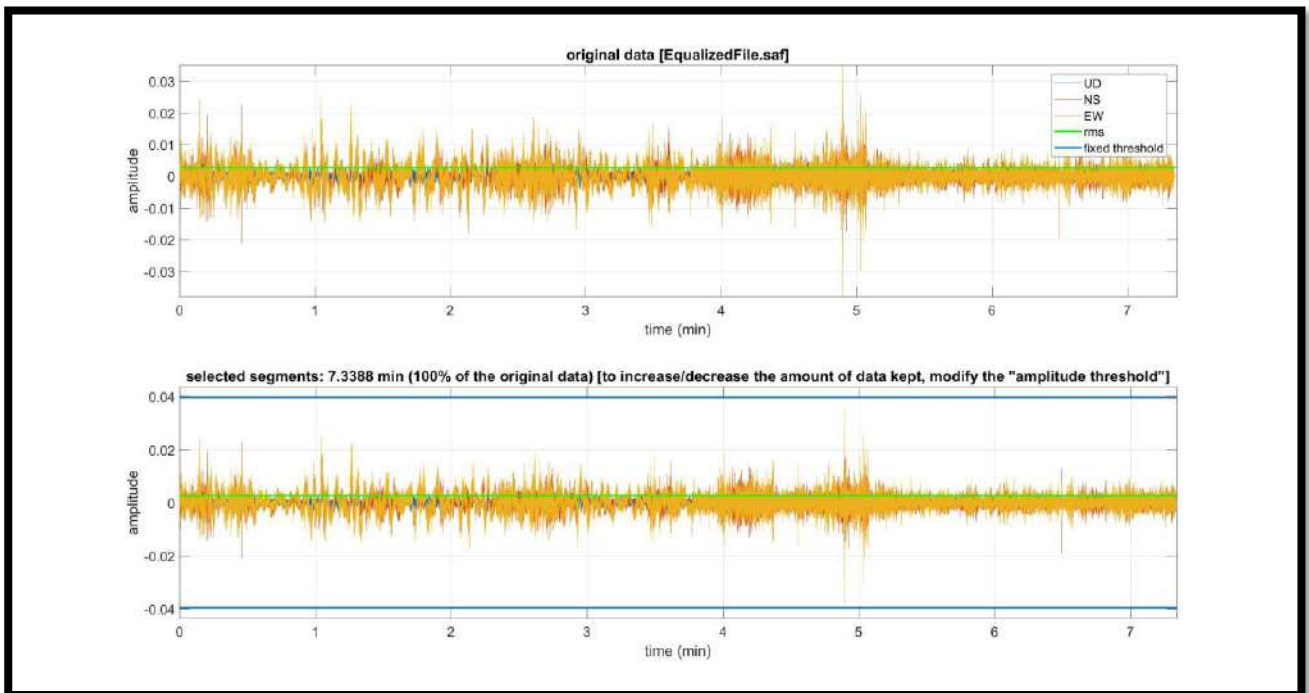


Figura 8: Prova HVSr_3 dati originali e dati "puliti"

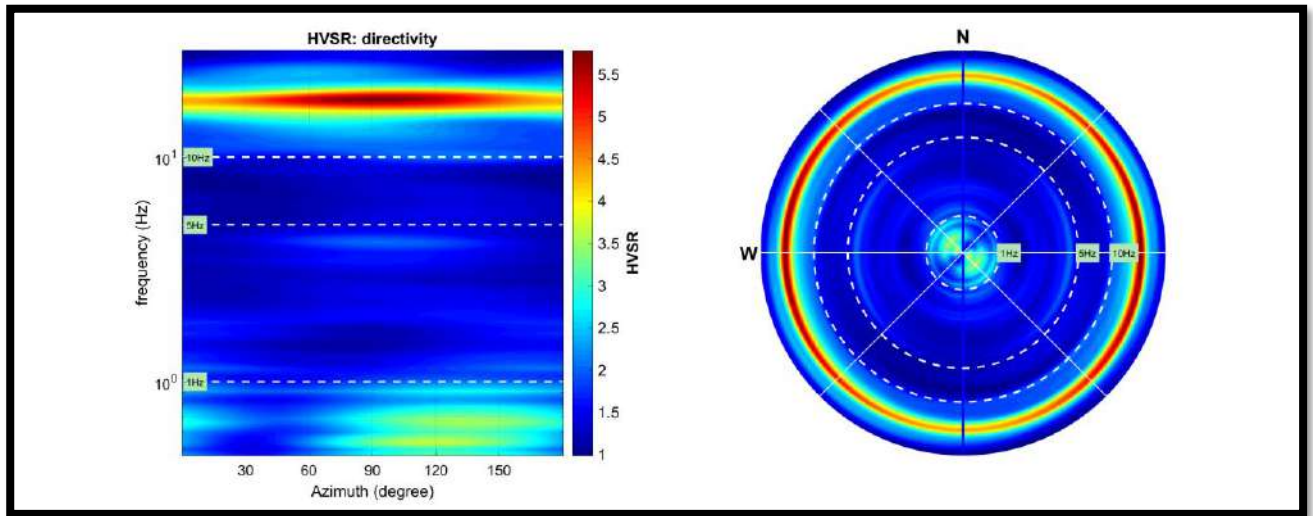


Figura 9: Prova HVSR_3 directivity

1.4 ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI con "Grilla"

I dati sismici acquisiti sono stati elaborati anche con il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni;
- Estrapolazione del profilo di velocità V_s mediante inversione della prova HVSR

Si precisa che il profilo di velocità ottenuto, costituisce una stima qualitativa ed approssimativa. I valori di V_s rappresentano quantità mediate sfruttando l'applicazione di formule empiriche.

L'affidabilità del modello proposto è proporzionale al dettaglio conoscitivo del contesto geologico-stratigrafico locale. Da una corretta predisposizione dei dati di partenza per la stima del profilo di V_s , ne scaturisce quindi una migliore rappresentatività del profilo ottenuto nonché l'individuazione dell'interfaccia/e costituente il/i contrasto/i di impedenza principale del sito investigato.

Sul piano operativo si procede "fittando" (ovvero approssimando il più possibile) la curva sperimentale misurata HVSR, con una curva teorica costruita a partire da un modello di sottosuolo ipotizzato. Generalmente le prospezioni geofisiche sono supportate da indagini geotecniche propedeutiche alla caratterizzazione geo-litotecnica sito specifica (per esempio prove penetrometriche).

Le informazioni sperimentali e bibliografiche disponibili, rappresentano una prima taratura per vincolare i dati di input degli orizzonti più superficiali del modello teorico.

A partire da un profilo di primo tentativo semplificato, i parametri che definiscono il modello verranno, pertanto, variati fino all'individuazione del set che minimizza la differenza fra la curva H/V sperimentale e quella H/V sintetica.

Si perverrà ad un modello stratigrafico-sismico dell'andamento di V_s con la profondità dal quale ricavare il valore di V_{s_eq} attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti.

Località Pilastro_GRAGNANO TR., HVSR 0001

Strumento: TEB-0510/01-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 23/11/21 14:24:17 Fine registrazione: 23/11/21 14:44:17

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 009°34.6952 E, 45°01.8703 N (68.4 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 7

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 57% tracciato (selezione manuale)

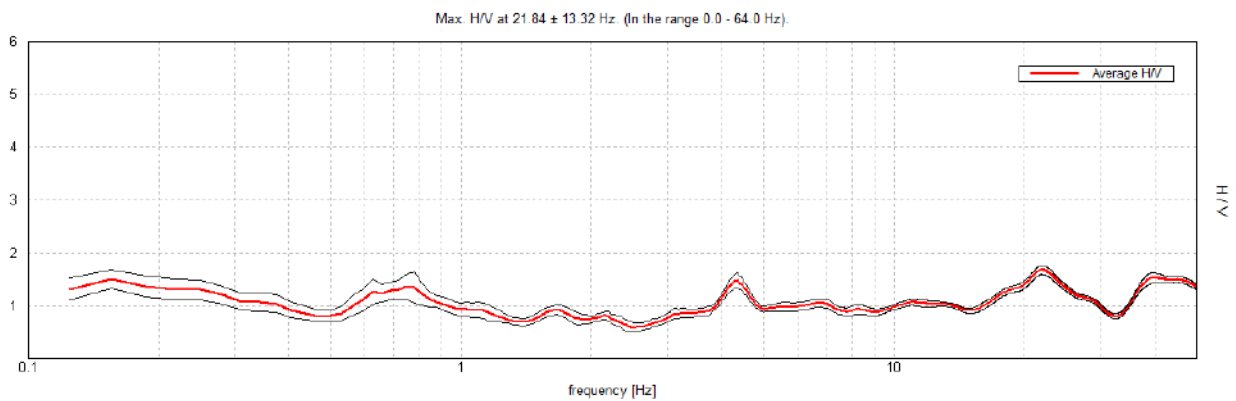
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

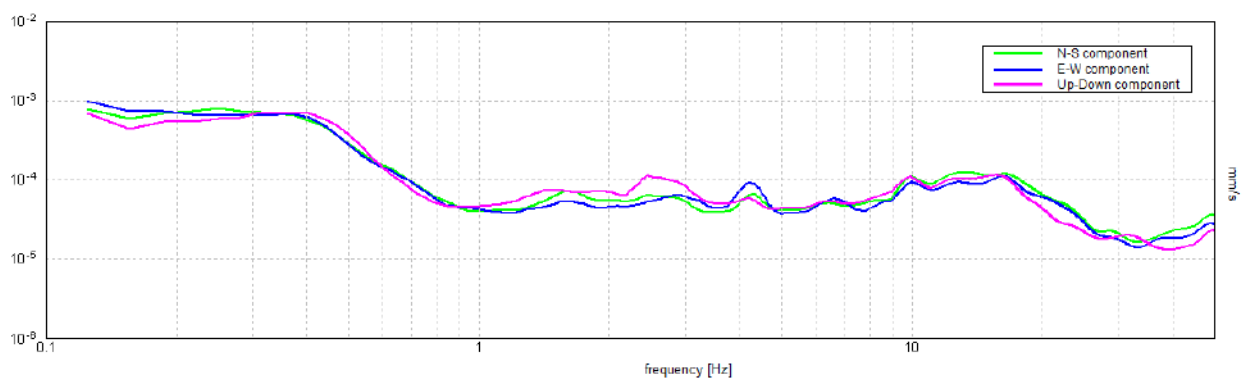
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

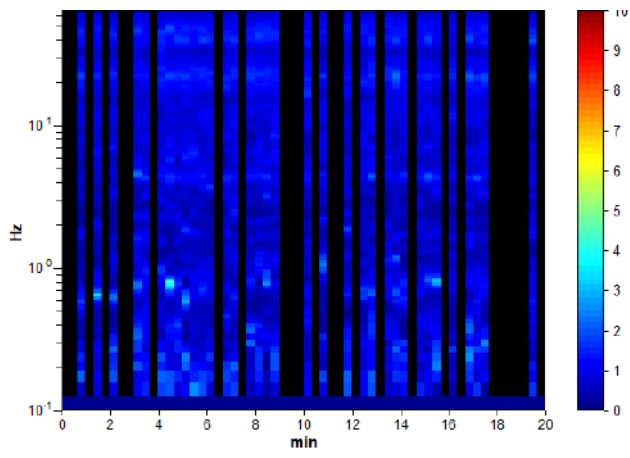
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



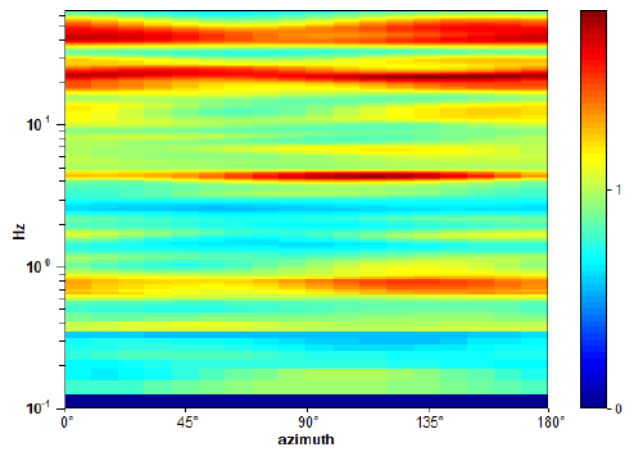
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 21.84 ± 13.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$21.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$14853.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1050	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	31.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.68 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.60995 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$13.32349 < 1.09219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0834 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

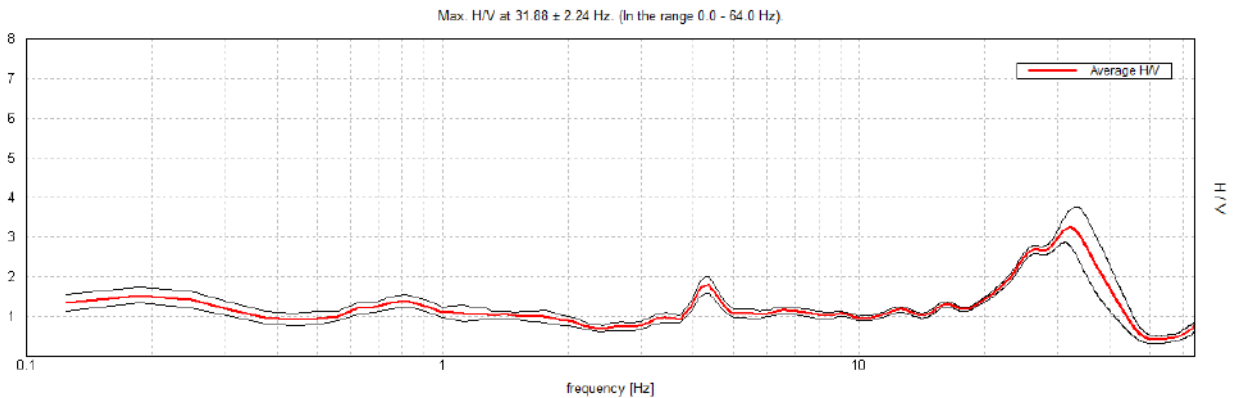
Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

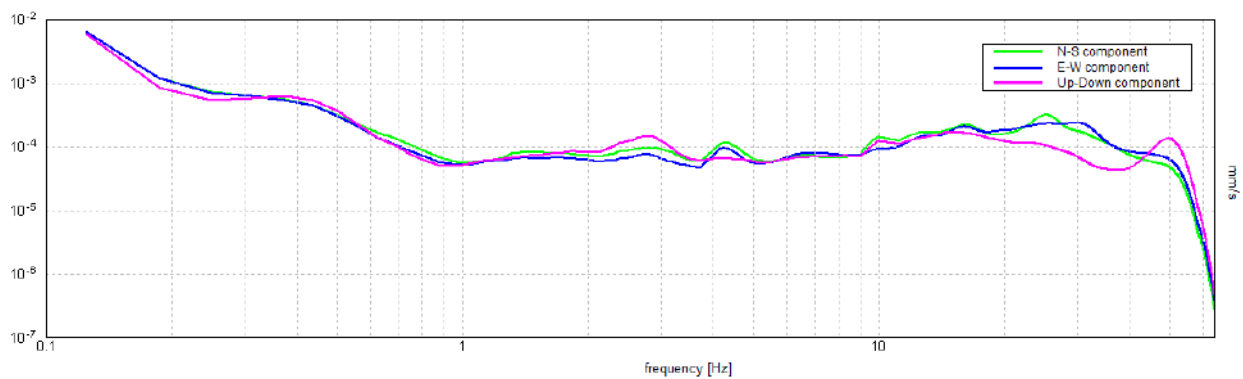
Località Pilastro_GRAGNANO TR., HVSR 0002

Strumento: TEB-0510/01-19
 Formato dati: 32 byte
 Fondo scala [mV]: 89
 Inizio registrazione: 23/11/21 14:50:01 Fine registrazione: 23/11/21 15:10:01
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Posizione GPS: 009°34.6361 E, 45°01.8989 N (62.1 m)
 (tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni
 Num. satelliti: 7
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 60% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 15 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

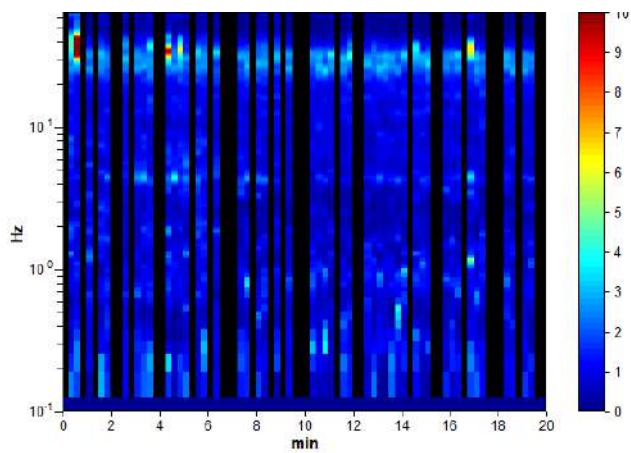
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



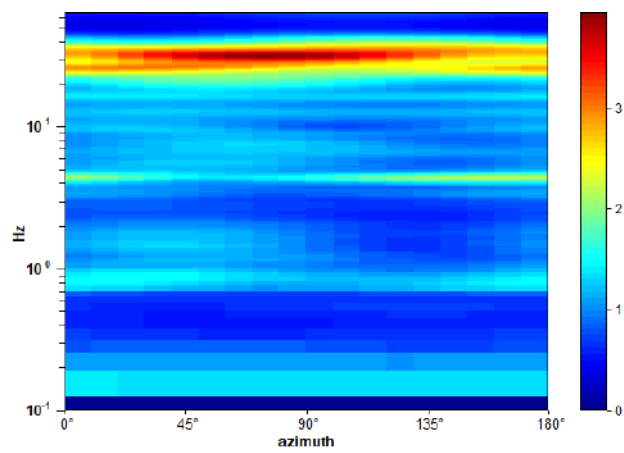
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 31.88 ± 2.24 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$31.88 > 0.67$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$22950.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 766	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	21.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	40.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.24 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.07013 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.23554 < 1.59375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4297 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Località Pilastro_GRAGNANO TR., HVSR 0003

Strumento: TEB-0510/01-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 23/11/21 15:13:04 Fine registrazione: 23/11/21 15:33:04

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Posizione GPS: 009°34.6026 E, 45°01.8833 N (71.5 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 8

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 41% tracciato (selezione manuale)

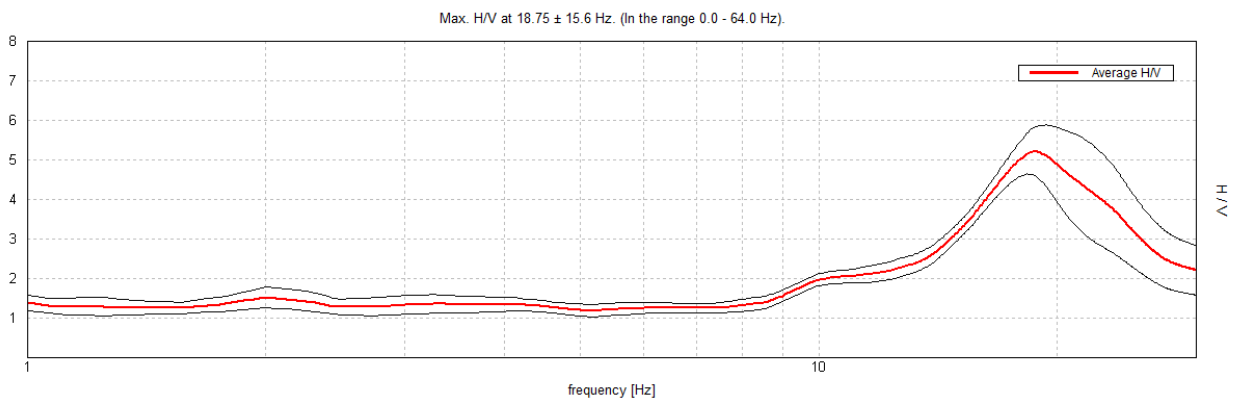
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 13 s

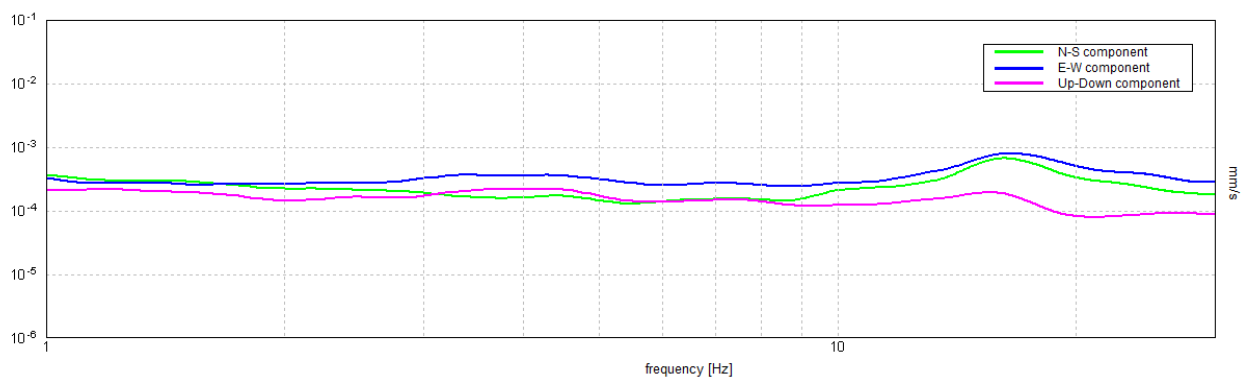
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

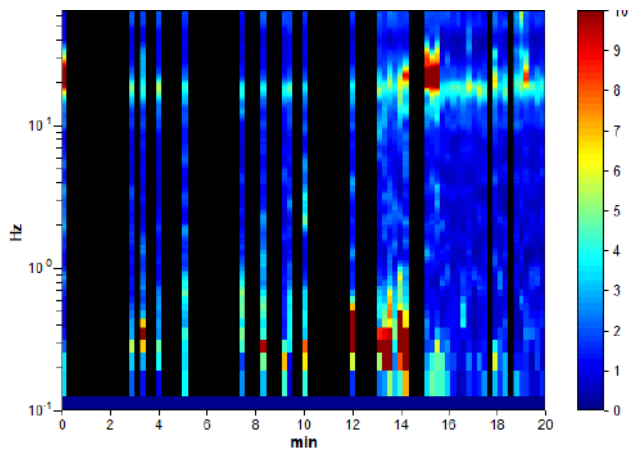
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



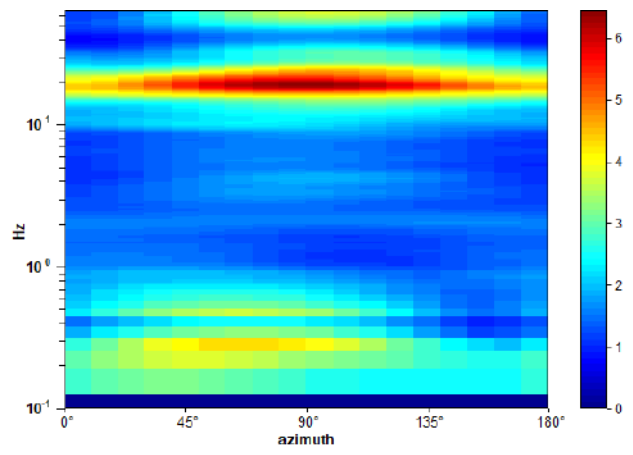
SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 18.75 ± 15.6 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$18.75 > 0.77$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$9262.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 451	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.875 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	26.875 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.22 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.83206 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$15.60108 < 0.9375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6172 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

1.5 CONSIDERAZIONI INTERPRETATIVE CONCLUSIVE

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

- Le tre prove eseguite hanno tra loro un andamento nel complesso simile testimoniando un sito caratterizzato da buona uniformità sismo-stratigrafica;
- Nell'intervallo di frequenze a maggior interesse ingegneristico (normalmente 1 – 10/15 Hz), non sono stati individuati picchi del rapporto H/V significativi;
- In un contesto litostratigrafico caratterizzato da scarsi contrasti d'impedenza sismica, la frequenza di vibrazione caratteristica del terreno si colloca oltre i 20 Hz. I picchi individuati, seppur di scarso interesse ingegneristico, presentano valori piuttosto significativi (ampiezza superiore a 2) segnalando un forte e molto superficiale contrasto d'impedenza sismica, al passaggio fra i materiali fini poco compatti e le alluvioni grossolane addensate sottostanti;
- Nell'intervallo 1.0 Hz - 3.5 Hz, il valore del rapporto H/V risulta inferiore all'unità, tale circostanza potrebbe indicare un'inversione di velocità in profondità.

Treviso, 29 novembre 2021

Geotest s.r.l.



Dott. Geol. Adriano Baldini



Dott. Geol. Sara Bozzini

Allegato 3

Valutazione Aspetti Sismici

VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI SISMICI

1 PREMESSA

Di seguito verranno esaminati e valutati gli aspetti sismici dell'area ubicata in Loc. Pilastro - comune di Gragnano Trebbiense (PC), interessata dal nuovo intervento di urbanizzazione.

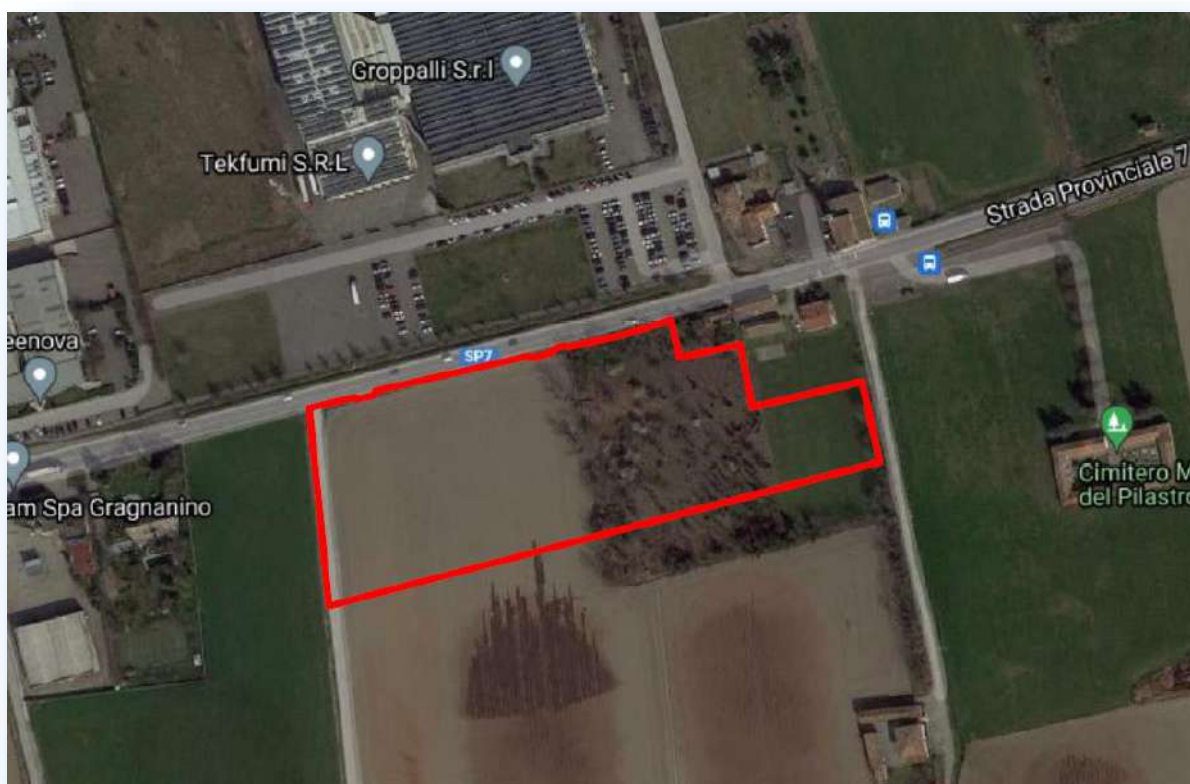


Figura 1: Ubicazione dell'area d'interesse

In particolare, per la stesura del seguente approfondimento, si è fatto riferimento alle:

- DGR n. 630 del 29/04/2019;
- DGR n. 476 del 12/04/2021;
- DGR n. 564 del 26/04/2021.

2 OBIETTIVI DELLE DELIBERE

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

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

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

2.1 LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica, vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Tali studi devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate ed i risultati ottenuti, con rispettivo supporto cartografico dello stato territoriale; gli elaborati costituiscono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

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

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

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

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

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

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

3 CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1° LIVELLO

3.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE E SISMICITÀ DI BASE

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

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

Il territorio Comunale di Gagnano Trebbiense, in base alla nuova riclassificazione, è inserito in **zona 3**. Nella nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Gagnano Trebbiense, sono compresi fra 0.09 e 0.100 g.

Nel dettaglio per l'area d'interesse il valore di PGA previsto è di 0.097 g.

Dal punto di vista sismo-strutturale, l'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km.

La magnitudo momento massima prevista per la zona simogenetica d'interesse 911 è $MW=6.14$. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia - Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area di Gagnano Trebbiense.

Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

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

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

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

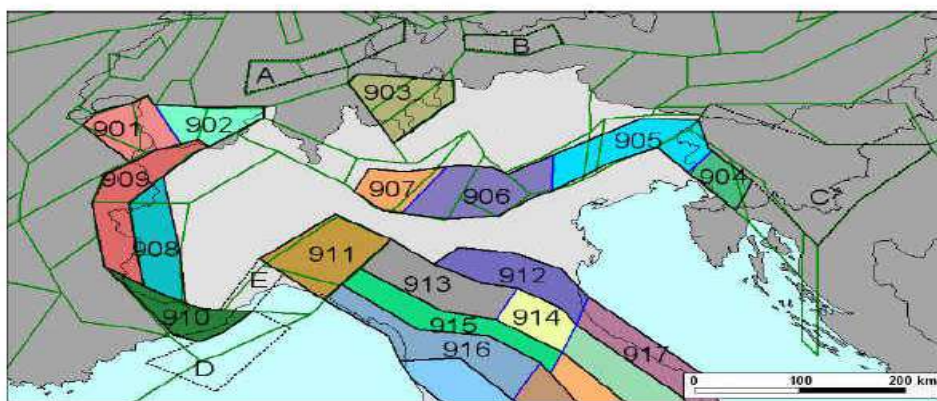
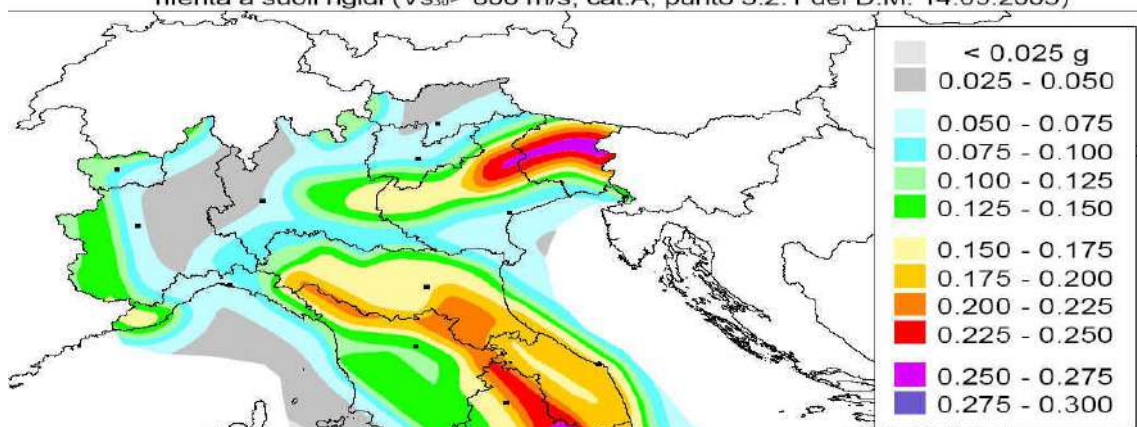


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

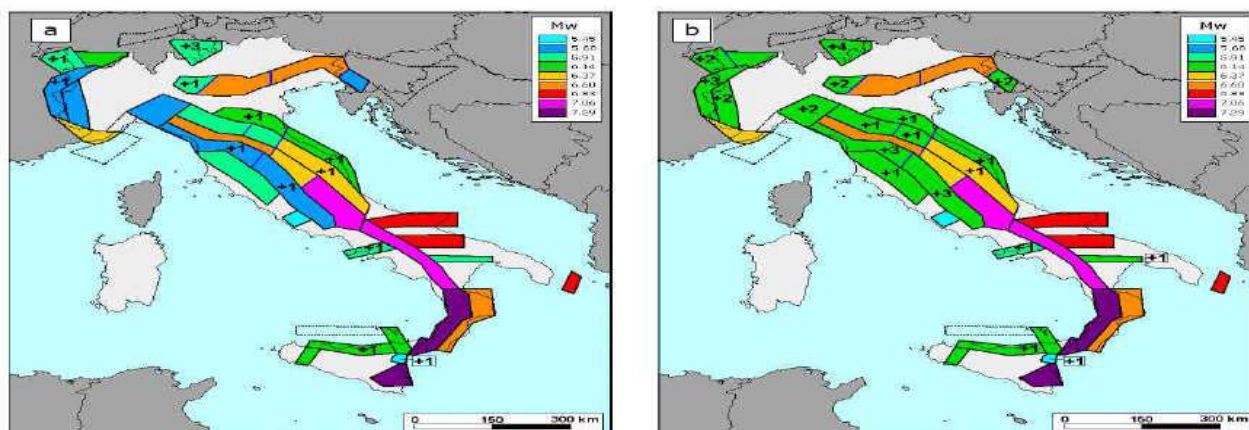


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

3.2 CARATTERI GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICI DELL'AREA IN FUNZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA

L'area d'interesse, collocata nella pianura piacentina, si inserisce in un contesto sedimentario di tipo alluvionale dove predominano i depositi prevalentemente grossolani del F. Trebbia. Il materiale che caratterizza il sottosuolo dell'area d'interesse è, per i primi 150-200 metri, di natura ghiaiosa con locali e molto subordinate intercalazioni di materiale fine.

Dal punto di vista topografico l'area è sub-pianeggiante con quote assolute di 73-75 m s.l.m.

STRATIGRAFIA DEL TERRENO	
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati	Falde cappate
-da mt. 0.00 a mt. 9.00 Terreno argilloso, ghiaia con ciottoli	
-da mt. 9.00 a mt. 19.00 Argilla con ghiaia e ciottoli	
-da mt. 19.00 a mt. 27.00 Ghiaiutto con ghiaia e ciottoli	da 22 a 26
-da mt. 27.00 a mt. 37.00 Argilla con ghiaia e ciottoli	
-da mt. 37.00 a mt. 42.00 Ghiaiutto e ghiaia con ciottoli	da 37.50 a 41.50
-da mt. 42.00 a mt. 45.00 Blocchi argilla con ghiaia	
-da mt. 45.00 a mt. 46.00 Argilla compatta	
-da mt. _____ a mt. _____	

Figura 2: Stratigrafia di un pozzo per acqua ubicato nelle vicinanze dell'area d'interesse tratto dall'archivio del servizio geologico dell'Emilia - Romagna

In base alle caratteristiche geologiche dell'area d'interesse, i principali effetti sismici di sito attesi possono essere ricondotti a fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Anche secondo la cartografia allegata al PTCP vigente, gli effetti sismici di sito sono legati ad amplificazioni stratigrafiche.

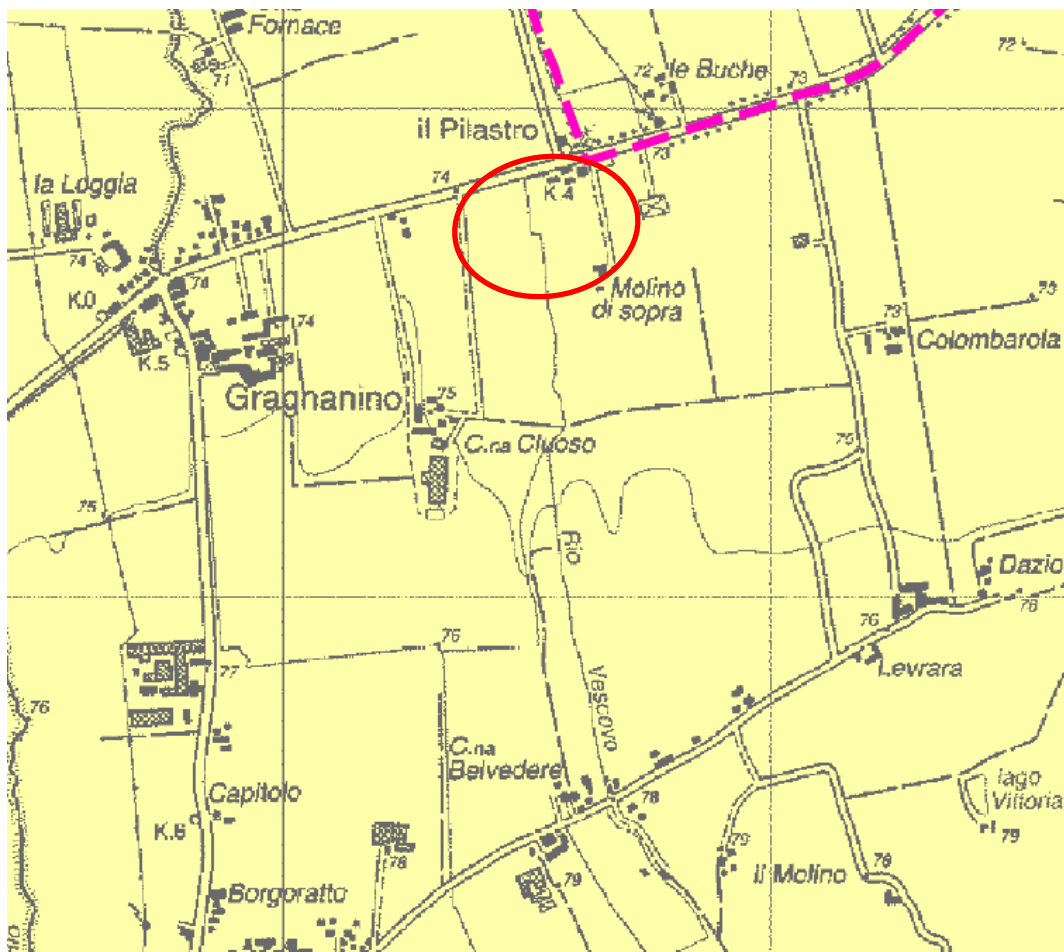


Figura 3: Carta degli effetti sismici di sito estratta dal PTCP vigente

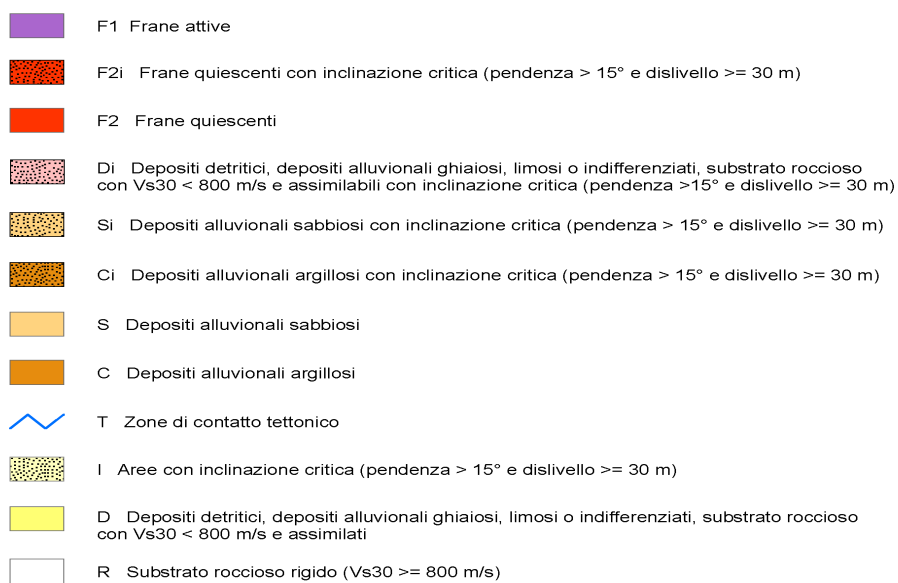


Figura 4: Legenda della carta degli effetti sismici di sito estratta dal PTCP vigente

CLASSE	EFFETTI DI SITO					LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (rif. Delib. A.L. n. 112/2007)
	amplificazione litologica	amplificazione topografica	instabilità di versante	cedimenti	liquefazione	
F1i	x	x	x			III
F1	x		x			III
F2i	x	x	x			III
F2	x		x			III
Di	x	x	x			III
Si	x	x	x		x	III (classe Di se si esclude il rischio di liquefazione)
Ci	x	x	x	x		III (classe Di se si esclude il rischio di cedimenti)
S	x				x	III (II, classe D, se si esclude il rischio di liquefazione)
C	x			x		III (II, classe D, se si esclude il rischio di cedimenti)
T	x					II (III, classe Di, in caso di inclinazione critica degli eventuali orizzonti di alterazione/fratturazione di spessore > 5m)
I		x				II (III, classe Di, in caso di orizzonti di alterazione/fratturazione di spessore > 5m)
D	x					II
R						I (II, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/fratturazione di spessore > 5m)

Figura 5: Legenda della carta degli effetti sismici di sito estratta dal PTCP vigente

Anche secondo la carta degli aspetti sismici del PSC redatta dal Comune di Gagnano Trebbiese, i principali effetti sismici attesi sono fenomeni di amplificazione stratigrafica



ZONE CON MEDIO-BASSO RISCHIO DI AMPLIFICAZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA
 Il profilo stratigrafico, fino a una profondità di 30 metri dal piano campagna, nell'ambito del territorio comunale di Gagnano può essere schematizzato come segue:
 - argille e limi prevalenti soffici dell'olocene e tardo pleistocene con spessore compreso tra un minimo di 1,0 metri ed un massimo di 5 metri, per un valore medio pari a 3 metri;
 - ghiaie in matrice sabbiosa e prevalenti con spessore medio pari a 25metri;
 LA CATEGORIA DI SUOLO E' TIPO B

Figura 6: Carta degli aspetti sismici di sito estratta dal PSC vigente

4 CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1° LIVELLO

Nell'area d'interesse, oltre a n. 6 prove penetrometriche dinamiche, sono state realizzate:

- 3 Prove Masw;
- 3 Prove HVSR.

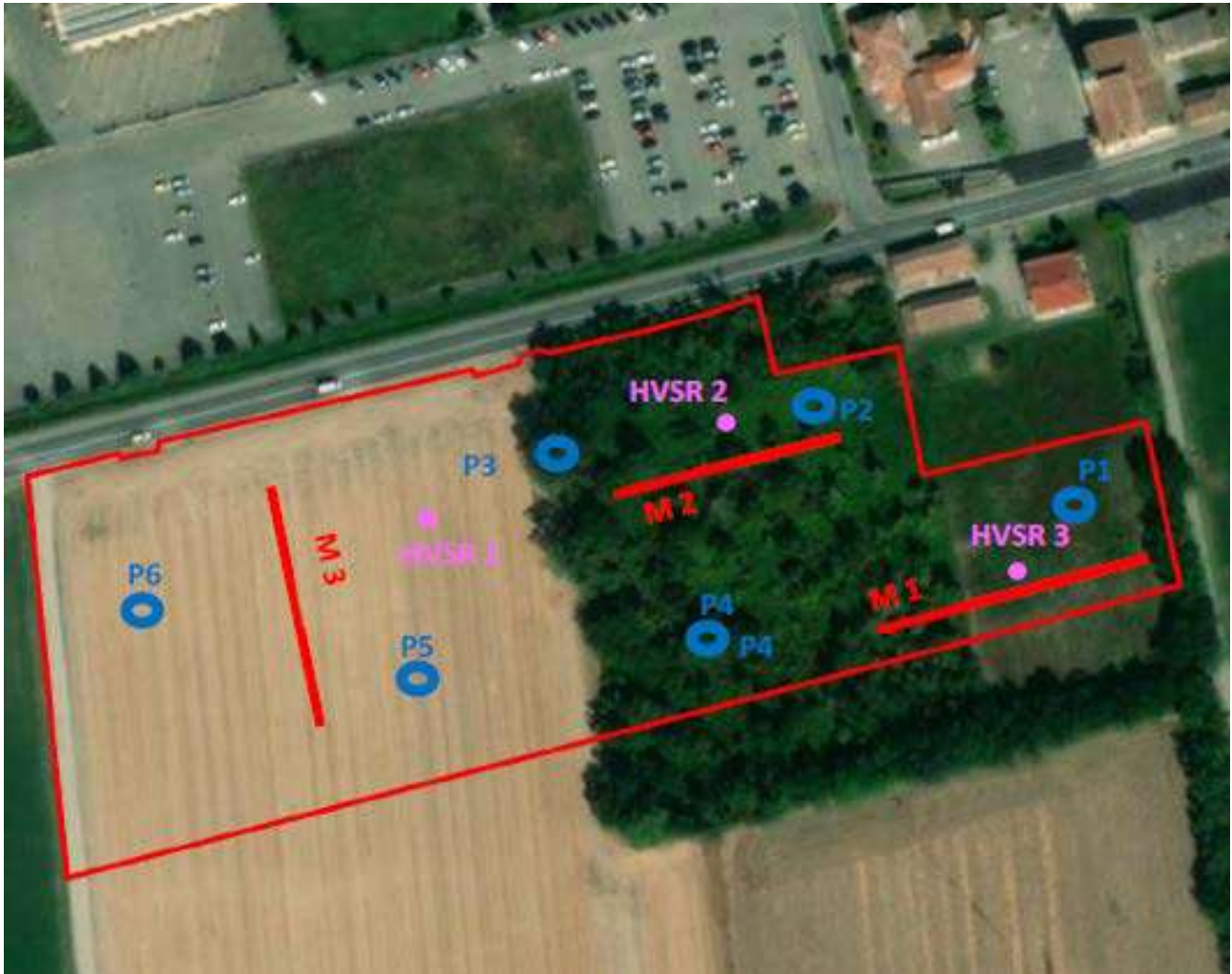


Figura 7: Ubicazione delle prove sismiche

4.1 ANALISI DELLE PROVE MASW

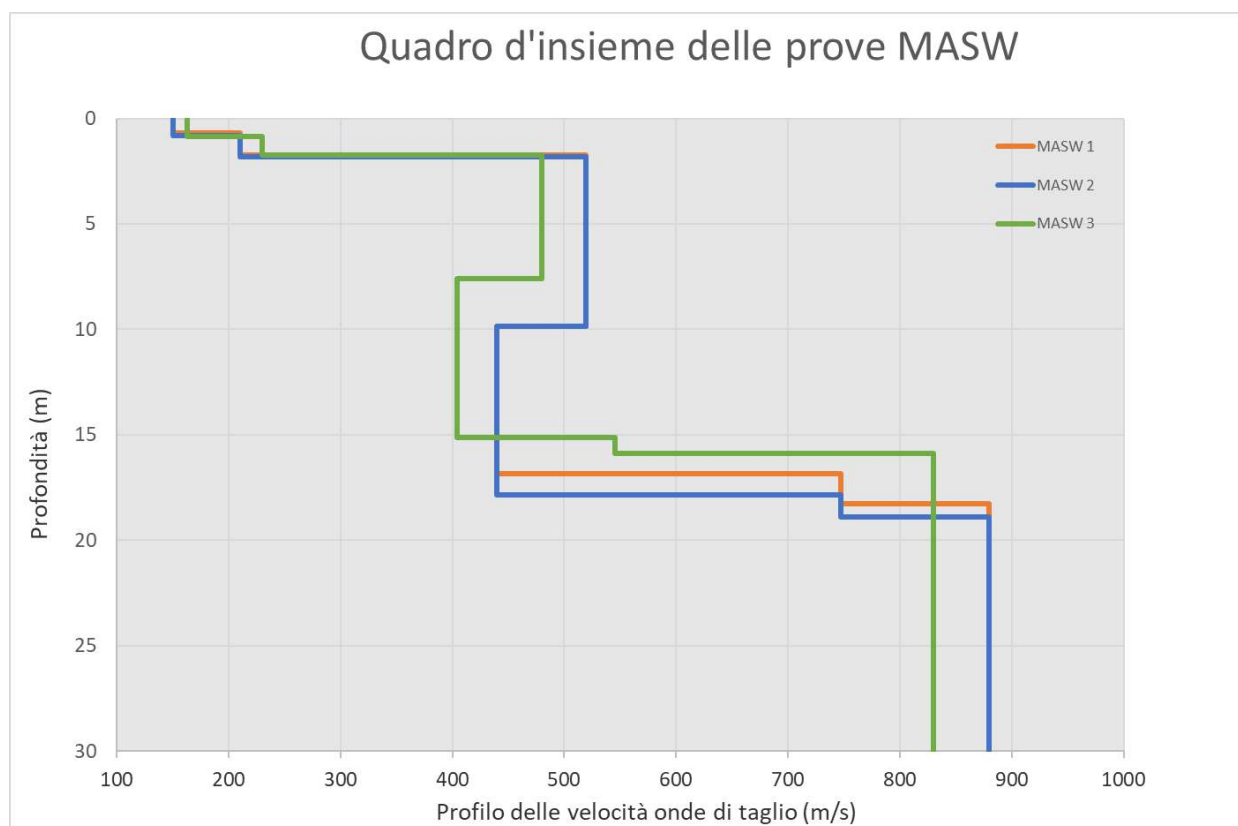


Figura 8: Andamento dei 3 profili di Vs

I risultati delle prove si possono così sintetizzare

- Lo spessore della copertura fine a bassa velocità ($V_s < 200-230$ m/s) è inferiore a 2.0 m;
- Più in profondità, fino a circa 15.0-18.0 metri, i valori aumentano portandosi sui 450-520 m/s;
- Il bedrock sismico (velocità > 800 m/s) è stato identificato intorno ai 15.0-18.0 m circa di profondità da p.c.;
- I valori di V_s eq calcolati per tutte e tre le prove 409 m/s (M1) 407 m/s (M2) 385 m/s (M3) indicano una categoria di sottosuolo di tipo **"B"**.

4.2 ANALISI DELLE PROVE HVSR

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

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

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

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

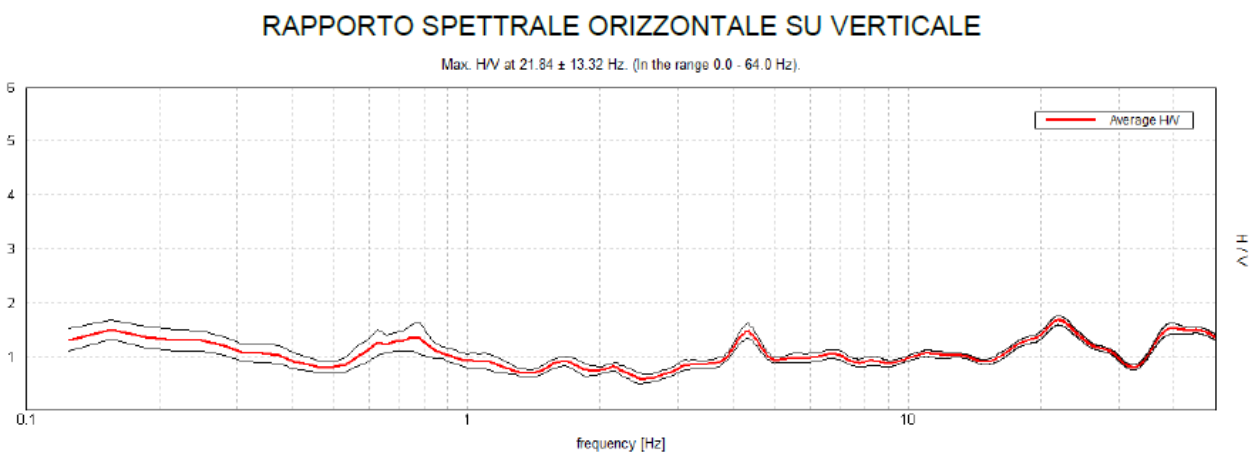


Figura 9: Andamento della prova HVSR 1

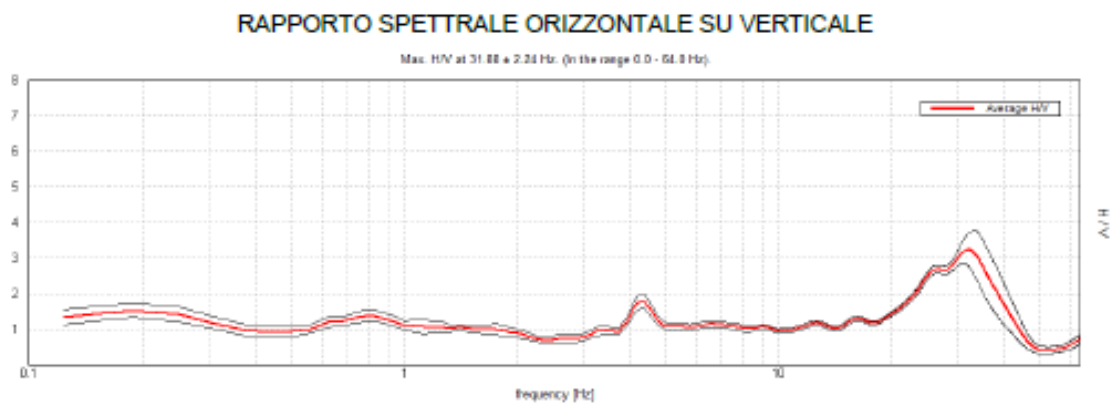


Figura 10: Andamento della prova HVSR 2

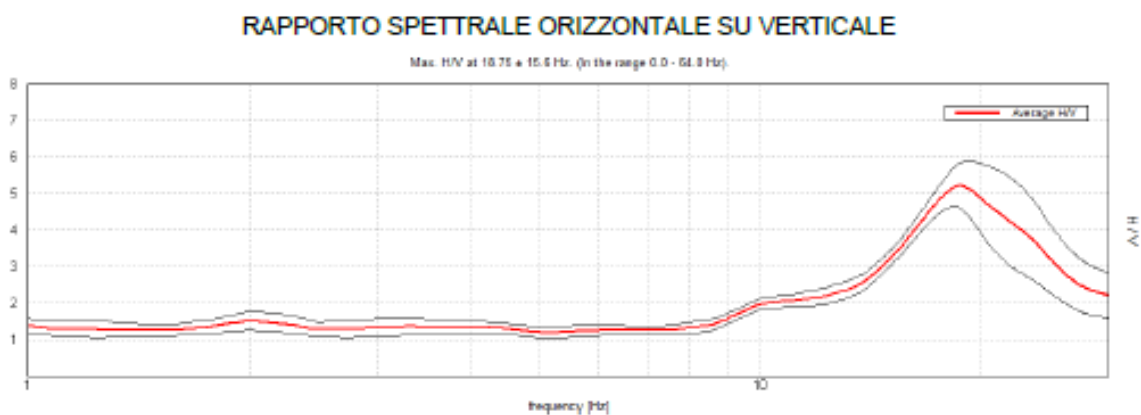


Figura 11: Andamento della prova HVSR 3

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

- Le prove hanno un andamento molto simile testimoniando una sostanziale uniformità sismostratigrafica del sito;
- Nel complesso la successione litostratigrafia, nel campo di frequenze d'interesse ingegneristico (1-10/15 Hz), non presenta significativi contrasti d'impedenza sismica;
- Non si evidenzia una frequenza caratteristica (fondamentale) del sito ben definita;
- In base all'esito delle prove non sussistono le condizioni per l'insorgere, in caso di sisma, di fenomeni di risonanza terreno-strutture.

5 ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

5.1 VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

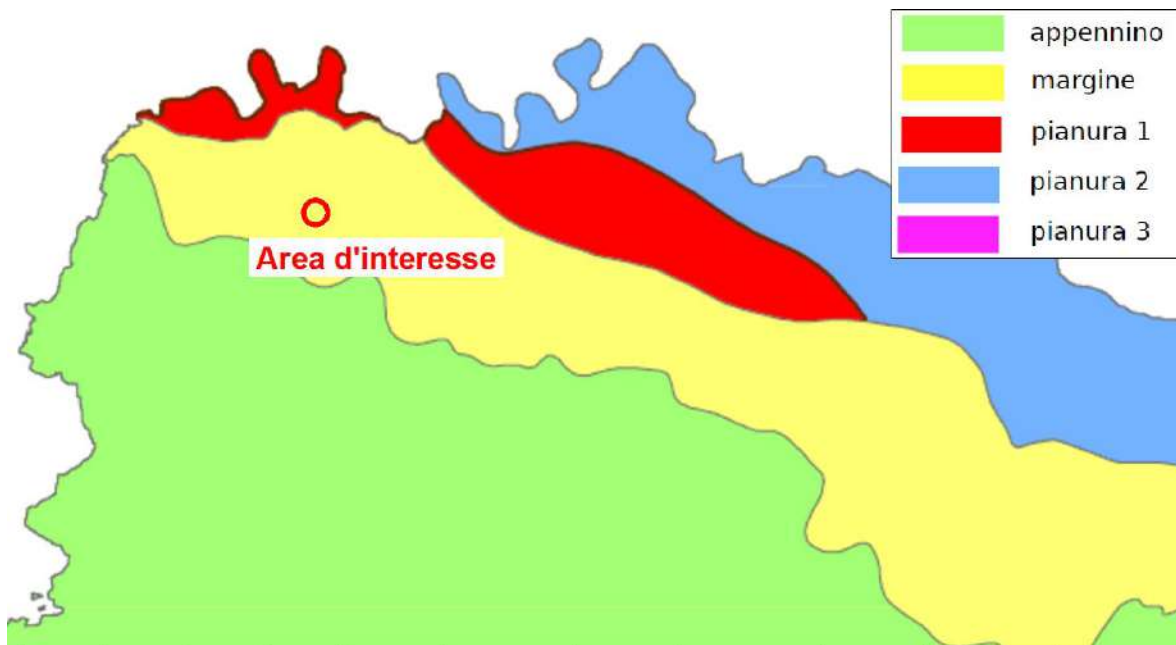


Figura 12: Localizzazione indicativa degli ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia-Romagna

Secondo gli scenari sismo-stratigrafici previsti dallo studio RER del 2015, l'area d'interesse è collocata nella zona di Margine tipo "A".

MARGINE di tipo A: caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di V_{sH} media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

Figura 13: Tabelle relative allo scenario Margine "A"

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione SA2(0,4s≤T≤0,8s)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione SI1 (0,1s≤T≤0,5s)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione SA3 (0,7s≤T≤1,1s)

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione SI2 (0,5s≤T≤1,0s)

Figura 14: Tabelle relative allo scenario Margine "A"

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

PROVA	V_EQ (SEDIMENTI POCO CONSOLIDATI)	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
M1	181	2.2	2.1	1.8	1.6	2.0	1.7
M2	179	2.2	2.2	1.8	1.6	2.1	1.8
M3	192	2.1	2.0	1.7	1.6	1.9	1.7



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

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)¹;

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

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento²; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SA1	0,1 s	0,5 s
SA2	0,4 s	0,8 s
SA3	0,7 s	1,1 s
SA4*	0,5 s	1,5 s

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

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento³; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	T₁	T₂
SI1	0,1 s	0,5 s
SI2	0,5 s	1,0 s
SI3*	0,5 s	1,5 s

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

Figura 15: Significato dei valori di amplificazione calcolati riferiti ai vari periodi

5.2 SPETTRO DI RISPOSTA (IN PGA) DELL'AREA

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione. Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella per il valore di arefg di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell'Emilia-Romagna. Considerando il valore di arefg = 0.097 (valore ricavato dalla mappa di pericolosità sismica prevista dalle NTC), ed il fattore di amplificazione (2.2), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.

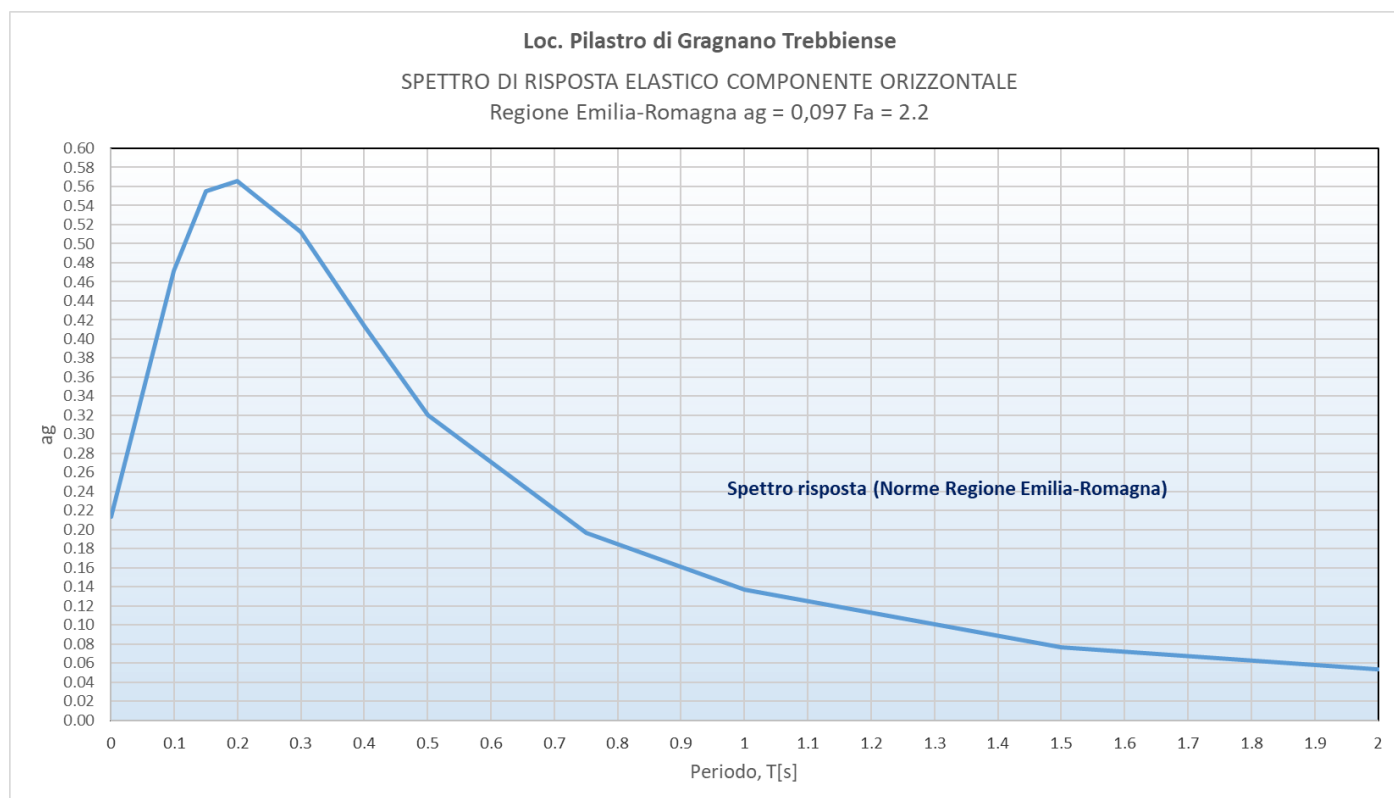


Figura 16: Spettro di risposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

6 ANALISI DEL 3° LIVELLO – VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Pur essendo, in base alle caratteristiche litostratigrafiche di sito, molto bassa la probabilità di liquefazione, si è proceduto alla verifica di suscettibilità a tale fenomeno.

La verifica è stata condotta mediante i metodi semplificati che utilizzano come dato d'ingresso la velocità delle onde sismiche "Vs" (metodo Kayen et al. (2013) e foglio di calcolo Excel.

Per l'area d'interesse, in base alla mappa della pericolosità sismica, la PGA prevista è di 0,097 g, il suolo di fondazione è di tipo "B" ed il fattore di amplificazione stratigrafica (calcolato in base agli abachi RER) è di 2.2.

Di conseguenza la PGA attesa al suolo è di $0,097 \times 2.2 = 0,2134$. La magnitudo massima di riferimento secondo quanto previsto dalla zona sismogenetica di appartenenza, è pari a 6,4. Cautelativamente nelle verifiche sono stati utilizzati i seguenti dati d'ingresso:

- Accelerazione massima al suolo = 0.21
- Magnitudo del sisma = 7,00
- Profondità della falda = 6 m
- Percentuale di materiale fine pari a 0 per tutti gli orizzonti

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

Strato Nr.	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Velocità Vs (m/s)	Fs
1	Argilla limosa	0	1	150	/
2	Sabbia limosa	1	2	210	/
3	Ghiaia sabbiosa in matrice limoso-sabbiosa	2	9	500	1702.2
4	Ghiaia sabbiosa in matrice limoso-sabbiosa	9	17	450	214.9
5	Ghiaia in matrice limoso-sabbiosa con probabili livelli conglomeratici	17	20	740	10926.7

Schema stratigrafico-geofisico

Dalle verifiche effettuate, il fattore di sicurezza risulta sempre nettamente superiore a 1.25 per cui il sito non è a rischio liquefazione.

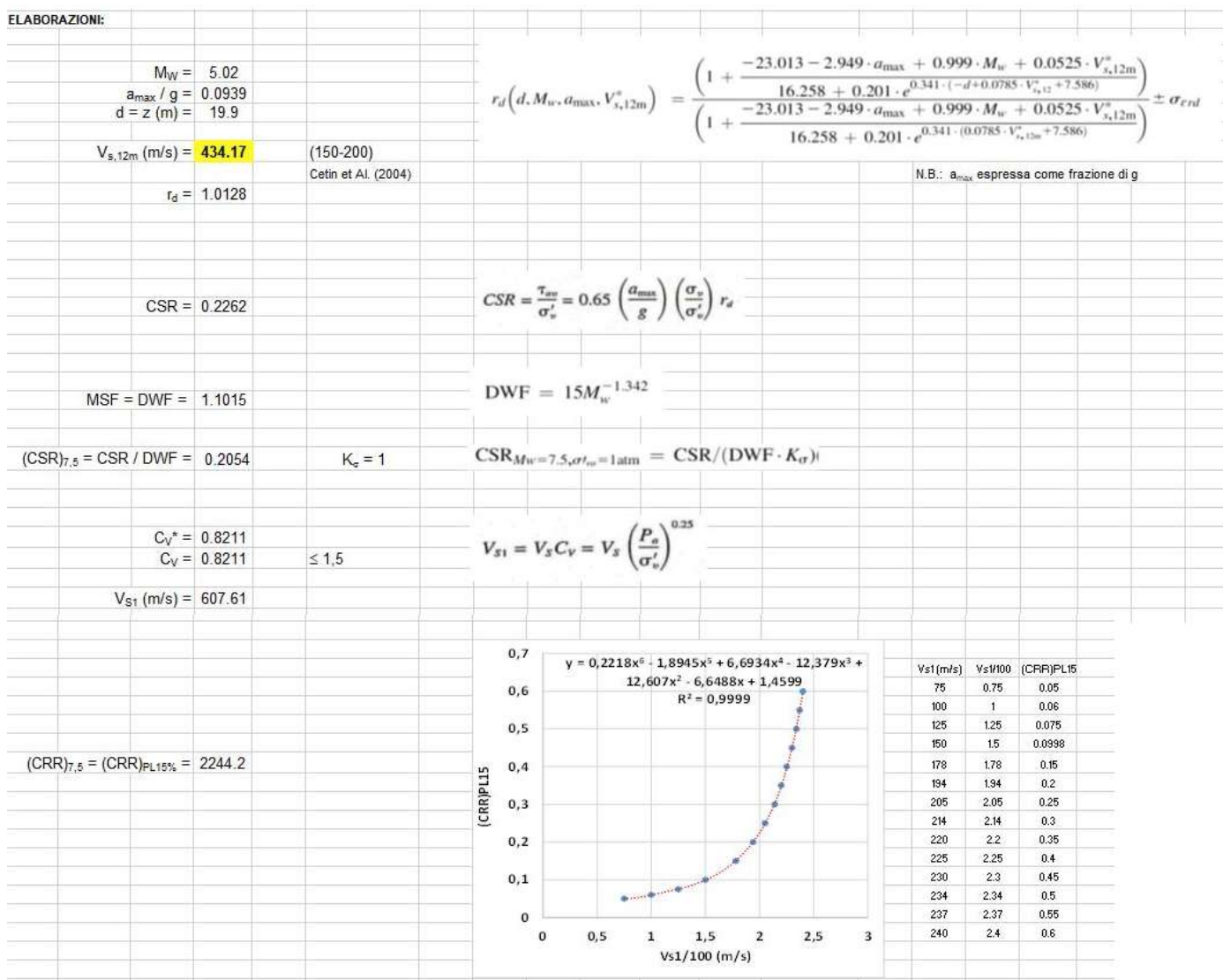


Figura 17: Grafico della verifica alla liquefazione

7 CONCLUSIONI

I caratteri sismici dell'area d'interesse e i risultati dell'approfondimento condotto, si possono così riassumere:

- In base alla normativa antisismica vigente, il territorio comunale di Gragnano Trebbiense è inserito in **zona 3** (medio-bassa sismicità);
- In base alla mappa della pericolosità sismica, il valore di **ag** atteso al sito è di **0.097g**;
- In relazione alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area, gli effetti di sito possono ricondursi esclusivamente a modesti fenomeni di amplificazione litologica;
- La categoria di suolo fondazionale secondo le NTC 2018-2019, determinata con specifiche prove "Masw", con V_{s_eq} compreso fra **385** e **409 m/s**, è di tipo **"B"**;
- I fattori di amplificazione calcolati in base alla delibera regionale per lo scenario sismostratigrafico **Margine tipo "A"**, sono riassunti nella tabella sotto riportata:

PROVA	V_EQ (SEDIMENTI POCO CONSOLIDATI)	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
M1	181	2.2	2.1	1.8	1.6	2.0	1.7
M2	179	2.2	2.2	1.8	1.6	2.1	1.8
M3	192	2.1	2.0	1.7	1.6	1.9	1.7

- Analizzando le 3 prove Hvsr (microtremori a stazione singola) realizzate, nel campo di frequenze d'interesse ingegneristico (normalmente 1-10/15 Hz) non sono stati individuati picchi del rapporto H/V significativi;
- In base all'esito delle prove Hvsr non sussistono le condizioni per l'insorgere, in caso di sisma, di fenomeni di risonanza terreno-strutture.

In conclusione si può affermare che il sito è a basso rischio sismico e che l'intervento di trasformazione urbanistica previsto è sicuramente compatibile con l'assetto sismico dell'area.

Treviso, 03 dicembre 2021

Geotest s.r.l.



Dott. Geol. Adriano Baldini



Dott. Geol. Sara Bozzini