



Comune di Urbania

Provincia di Pesaro e Urbino
Piazza della Libertà, 1
61049 Urbania

P.IVA 00351210414
C.F. 82001210416

Tel. +39 0722 / 313111
Fax +39 0722 / 317246
www.comune.urbania.ps.it
comune.urbania@provincia.ps.it

V A R I A N T E P I A N O R E G O L A T O R E G E N E R A L E

2024

Professionista incaricato

Dott. Geol. PAOLO CECCARINI

Via Aldo Moro 7/9 - 61049 Urbania (PU)
tel. 0722 318800 - cell. 335 8059476
e-mail paolo.ceccarini.studio@gmail.com
PEC paolo.ceccarini@pec.epap.it

TAV.

TITOLO

RAPPORTO GEOLOGICO-GEOTECNICO
per richiesta parere art. 89 D.P.R. 380/2001

SCALA

DATA
APRILE 2024

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA DI URBANIA	4
2.1. INQUADRAMENTO GENERALE	4
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
2.3. INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE	6
2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	8
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	9
3.1. CAROTAGGI	9
3.2. PENETROMETRIE DINAMICHE SUPER-PESANTI	9
3.3. INDAGINI SISMICHE ATTIVE	12
3.4. INDAGINI SISMICHE PASSIVE	15
4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI SANTA MARIA DEL PIANO	20
4.1. UBICAZIONE	20
4.2. GEOLOGIA.....	21
4.3. GEOMORFOLOGIA	23
4.4. ANALISI MORFOMETRICA DELL'AREA	25
4.5. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA	29
4.5. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DELL'AREA	30
4.6. PARAMETRI GEOTECNICI	31
4.7. PARAMETRI SISMICI N.T.C. 2018	32
4.8. MICROZONAZIONE SISMICA.....	34
4.9. FUTURI APPROFONDIMENTI	37
5. AREE DECLASSATE A ZONA AGRICOLA "E"	39
5.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	40
5.2. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	42
5.3. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA	42
6. CONCLUSIONI.....	44

ALLEGATI

1	CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA	1:25000
2	CARTA TECNICA NUMERICA DELLA REGIONE MARCHE	1:10000
3	CARTA GEOLOGICA REGIONALE	1:10000
4	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	1:10000
5	CARTA GEOLOGICA (P.R.G. VIGENTE)	1:10000
6	CARTA GEOMORFOLOGICA (P.R.G. VIGENTE)	1:10000
7	CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E DEGLI SCENARI SISMICI (P.R.G. VIGENTE)	1:10000
8	RETICOLO IDROGRAFICO SU C.T.R.	1:2500
9	PROFILI	1:2000
10	CARTA DELLE INDAGINI	1:2000
11	CARTA DELLE INDAGINI SU ORTOFOTO	1:2000
12	COLONNE STRATIGRAFICHE SONSAGGI A ROTAZIONE	
13	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	
14	PROVE SISMICHE PASSIVE HVSR	
15	PROVA SISMICA ATTIVA MASW	
16	PERICOLOSITA' SISMICA N.T.C. 2018	

1. PREMESSA

Nella presente relazione sono esposti i risultati degli studi geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici sviluppati a corredo della proposta di variante al vigente Piano Regolatore Generale del comune di Urbania (PU).

Con questa variante l'Amministrazione Comunale intende prevedere la ricollocazione di aree produttive di espansione tutt'oggi rimaste inattuate verso un sito posto a monte del centro abitato in loc. Santa Maria del Piano, in prossimità di altrettante zone industriali, al fine di favorire lo sviluppo di un polo produttivo-industriale di una certa importanza, sia per il territorio comunale che per l'intera vallata, con l'obiettivo di catturare in questa maniera nuovi interessi e di favorire così un più facile sviluppo.

Il sito, infatti, oltre a trovarsi in mezzo a due aree industriali già organizzate si trova in un'area pianeggiante sufficientemente ampia ed in prossimità dello svincolo della superstrada Fano-Grosseto), per il quale il relativo iter progettuale risulta in una fase piuttosto avanzata. Il nuovo svincolo permetterebbe di garantire un agevole accesso alla nuova area.

Si evidenzia che l'area di Santa Maria del Piano era oltretutto già stata individuata come area industriale di espansione già nel Piano di Fabbricazione degli atti '80 poi successivamente stralciata per una serie di ragioni in sede di formazione del P.R.G..

L'inserimento della zona permetterebbe quindi un ripristino delle vecchie previsioni ed una cucitura delle due attuali zone produttive. Tutto ciò senza un incremento della superficie territoriale impegnata ma attraverso la declassificazione a zona agricola E di aree produttive rimaste inattuate per tutti questi anni. La superficie territoriale delle aree produttive da declassare sarà infatti pari o superiore a quella della nuova zona produttiva rilocalizzata così come riportato nella Tabella 1.1:

Tabella 1.1 – Superfici in variazione per le aree a destinazione produttiva

ZONE PRODUTTIVE	SUPERFICIE TERRITORIALE in mq	
	In diminuzione	In aumento
D3 – Marecchia	3185	
D4 – Cà Ciccolino	22468	
D4 – La Casina	71208	
D10 – Cal Terrazzano	13735	
D4 – Santa Maria del Piano		110590
TOTALE	110596	110590

Sono inoltre previsti alcuni aggiornamenti riguardanti leggeri modifiche alla perimetrazione di alcune aree a destinazione diversa (ZONE PER ATTREZZATURE PRIVATE D'INTERESSE COLLETTIVO F3 e ZONE DESTINATE A VERDE PUBBLICO F4) per un completamento del disegno urbanistico:

Tabella 1.2 – Superfici in variazione per aree di tipo “F” in loc. Santa Maria del Piano

ZONE USO PUBBLICO/INTERESSE COLLETTIVO	SUPERFICI in mq	
	In diminuzione	In aumento
F3 – Santa Maria del Piano	0	5405
F4 – Santa Maria del Piano	8807	0
TOTALE	8807	5405

Si ritiene opportuno precisare che il presente studio è stato focalizzato sull’area di Santa Maria del Piano, dove è previsto l’insediamento della nuova Zona D4 e dove sono ipotizzate le modifiche alle Zone F3 e F4 (v. Figura 1.1).

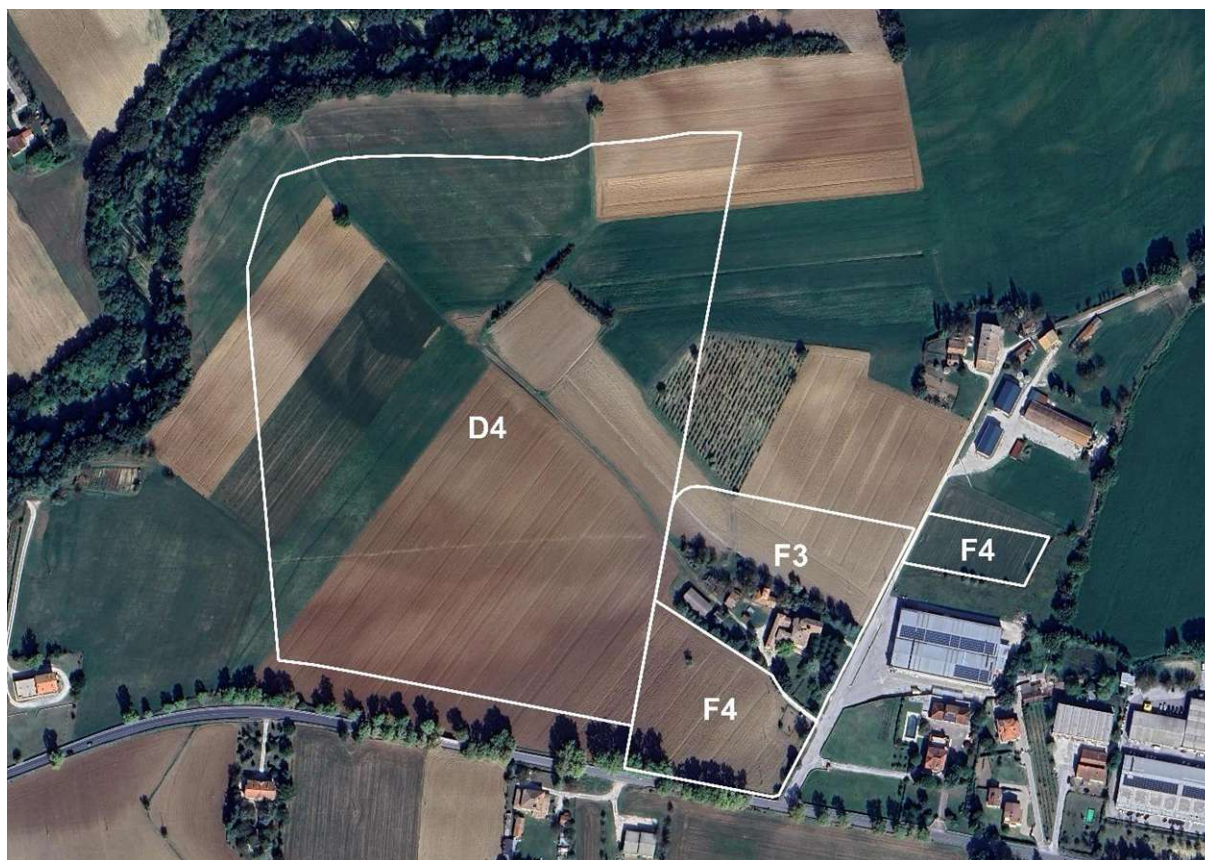


Figura 1.1 – Sovrapposizione con immagine aerea Google Earth (fuori scala)

Per contro, vengono caratterizzate solo sommariamente (nel Capitolo 5) le aree ubicate in località Cà Ciccolino, La Casina e Cal Terrazzano, attualmente a destinazione produttiva (Zone D), per le quali è invece previsto il ripristino della destinazione agricola (Zone E).

Gli studi di carattere geologico-geotecnico-geofisico sono stati eseguiti nel rispetto delle seguenti linee guida tecniche e norme di riferimento:

- Raccomandazioni Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) giugno 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.
- Legge Regionale 3 novembre 1984 n° 33 - Norme per la costruzione in zone sismiche nella Regione Marche.

- Legge Regionale 4 gennaio 1984 n° 1 - Nuove norme per le costruzioni in zone sismiche nella Regione Marche.
- Decreto Ministeriale 11 marzo 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare Ministeriale 24 settembre 1988 n° 30483 - 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Deliberazione amministrativa del Consiglio Regionale n° 197 del 3/11/1989 - Piano Paesistico Ambientale Regionale - Norme Tecniche di Attuazione.
- Circolare Regionale n° 14 del 28 agosto 1990 - Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR (art. 9 - Sottosistema geologico-geomorfologico) e alla Legge Regionale n° 33/84.
- Circolare regionale n° 15 del 28 agosto 1990 - Relazione tecnico illustrativa circolare ex L.R. 33/84 art. 10/11.
- Legge Regionale 5 agosto 1992 n° 34 - Norme in materia urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio.
- Eurocodice 7 Uni. Env. del 1997 - Progettazione geotecnica.
- D.P.R. 6 giugno 2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacini di Rilievo Regionale (P.A.I.) della Regione Marche, e relative Norme Tecniche di Attuazione, approvato con deliberazione del Consiglio Regionale n° 116 del 21/01/2004.
- D.G.R. Marche n. 982 del 08.08.2016 - Aggiornamento P.A.I. (Approvazione misure di salvaguardia);
- D.M. 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n° 7 del 21.01.2019 - Circolare esplicativa delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

Si precisa che le valutazioni riguardanti la compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali, sono state sviluppate in un elaborato distinto in riferimento alla seguente normativa:

- Legge Regionale n° 22 del 23/11/2011 – Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico e modifiche alle leggi regionali 5 agosto 1992 n° 34, e 8 ottobre 2009 n° 22.
- Deliberazione di Giunta Regionale n° 53 del 27/01/2014 – Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali (L.R. n° 22 del 23/11/2011, Art. 10).

2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA DI URBANIA

2.1. INQUADRAMENTO GENERALE

I confini territoriali del Comune di Urbania, che ha una superficie di 77.8 Km², si sviluppano per circa 60 km, ricalcando solo in parte elementi naturali rappresentati da crinali e corsi d'acqua.

Il territorio comunale ricade integralmente nel bacino idrografico del Metauro il cui asse principale scorre da Ovest verso Est, a monte del centro abitato di Urbania, e da NO verso SE, a valle di esso. Va comunque precisato che due parti del territorio, ubicate rispettivamente a SO e a Sud, ed incidenti per circa il 14% della superficie comunale, afferiscono al sottobacino del Fiume Candigliano, tributario di destra del Fiume Metauro, nel quale si immette in località Calmazzo.

La parte centrale dello spartiacque fra i due sottobacini coincide sostanzialmente con la dorsale calcareo-marnosa che unisce Monte del Picchio (m. 780 s.l.m.), Monte Caldare (m. 791 s.l.m.), Monte dei Torrini (m. 791 s.l.m.), Monte della Croce (m. 767 s.l.m.), Monte Le Cupe (m. 753 s.l.m.), Monte Montiego (m. 975 s.l.m.) e Cima Castiglioni (m. 821 s.l.m.).

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le formazioni geologiche che costituiscono l'ossatura dei rilievi e delle valli presenti nel territorio comunale di Urbania appartengono tutte alla successione sedimentaria Umbro-Marchigiana-Romagnola depositatasi durante un intervallo di oltre 130 milioni di anni a partire dal Giurassico.

I terreni presenti possono pertanto suddividersi principalmente nelle seguenti categorie:

- **terreni continentali di copertura**, costituiti da depositi secondari e di alterazione;
- **substrato geologico marino**, rappresentato da formazioni rocciose in situ.

Nel territorio comunale il substrato geologico, formatosi in ambiente di deposizione marino, è costituito dalle unità comprese fra la Scaglia Rossa e la Formazione a Colombacci.

Gran parte del territorio di Urbania è comunque costituito da rilievi collinari con prevalenza di affioramenti della Formazione Marnoso-Arenacea, Bisciaro e Schlier.

Le formazioni calcaree cretache interessano la porzione Sud del territorio, a cavallo fra Metauro e Candigliano mentre le formazioni sin- e post-evaporitiche affiorano nella parte Nord.

Come si vedrà meglio nei capitoli successivi della presente relazione, l'area di Santa Maria del Piano è interessata dalla **Formazione Marnoso-Arenacea** e, per quanto attiene ai terreni continentali, da **depositi alluvionali terrazzati**. Anche se non traspare dalla cartografia CARG (Carta Geologica Regionale), la parte più superficiale dei terreni di copertura deriva in minima parte anche dal dilavamento e dalla conseguente sedimentazione sub-aerea al piede dei versanti (**depositi eluvio-colluviali**).

- **Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (FAM)**

Questa formazione è caratterizzata da una potenza in affioramento di oltre 1000 m ed interessa una buona parte del territorio comunale di Urbania (PU).

Essa rappresenta la principale unità di origine torbiditica, ricca di apporti sabbiosi, dell'Appennino marchigiano settentrionale ed è stata suddivisa in 2 membri (FAM1, FAM2) e 4 litofacies (FAM1a, FAM1b, FAM1c, FAM2a).

Delle sottunità sopra elencate, il Membro di Sant'Angelo in Vado (FAM1) e la litofacies di Urbania (FAM1b) sono quelle che interessano direttamente il territorio comunale di Urbania.

Il membro di Sant'Angelo in Vado (FAM1) è costituito da peliti prevalenti e areniti (il rapporto a/p mostra una progressiva diminuzione da 1:5 a 1:6 verso l'alto); le areniti sono arenarie, in strati da sottili a medio spessi. A varie altezze stratigrafiche si intercalano orizzonti arenacei di spessore variabile da 3 a 6 m, aventi geometria tabulare alla scala dell'affioramento, lenticolare su scala chilometrica.

La litofacies di Urbania è costituita da arenarie massive a base netta ed erosiva e risulta molto evidente sul terreno.

• Depositi alluvionali terrazzati

Si tratta di sedimenti fluviali, prevalentemente ghiaiosi di corsi d'acqua a canali multipli, poggiati su di un substrato generalmente irregolare e caratterizzato da paleoalvei.

La granulometria dei depositi è molto varia, passando da ciottoli di 20-30 cm di diametro a materiali via via più fini sino ai limi.

- le percentuali dei vari componenti a diversa grana variano con l'ubicazione del deposito, la morfologia, la possibilità di apporti dai corsi d'acqua laterali, il regime idraulico esistente all'atto della sedimentazione, la natura dei terreni attraversati a monte. In genere la situazione esistente può essere i materiali più grossolani sono sempre distribuiti sulla parte più profonda delle alluvioni, in particolare ai margini dell'attuale corso fluviale e in corrispondenza dei paleoalvei;
- man mano che ci si allontana lateralmente la situazione si modifica passando ad una granulometria sempre più fine e che risente in particolare modo della morfologia dell'alveo fossile e degli apporti laterali;
- più in superficie la coltre è quasi sempre costituita da materiali sabbioso-limoso-argillosi il cui spessore aumenta man mano che ci si sposta verso i margini delle alluvioni;
- gli spessori complessivi delle coltri alluvionali comunque in genere abbastanza ridotti e raramente superano i 10 metri.

Per quanto riguarda la natura del materiale più grossolano (ghiaia), esso risulta essenzialmente arenaceo a cemento calcareo, derivando dalla disgregazione della parte più dura della Formazione Marnoso - Arenacea attraversata dal Metauro e dai suoi affluenti ubicati a monte di Urbania.

I fossi provenienti dalla dorsale calcareo - marnosa definita da Monte del Picchio, Monte dei Torrini e Monte Montiego, come accennato precedentemente, hanno sviluppato delle conoidi alluvionali allo sbocco nella valle principale, costituite essenzialmente da ghiaia calcarea lamellare molto addensata.

Nella Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000, i depositi alluvionali riconoscibili nell'ambito del territorio comunale di Urbania sono stati attribuiti a sintemi e supersintemi, denominati: *del Fiume Musone (MUSbn)*, *Matelica (MTIbn)*, *Colle Ulivo-Colonia Montani (ACbn)* e *Urbania (URbn)* tenendo conto delle località dove questi sono meglio rappresentati, anche con elementi di datazione.

L'area di Santa Maria del Piano è interessata prevalentemente dal sintema **MTIbn**, ricollegabile ai terrazzi del III ordine della letteratura tradizionale ed alle conoidi alluvionali. Molto più limitata è l'incidenza del sintema **MUSbn**, corrispondente al IV ordine dei terrazzi.

• Depositi eluvio-colluviali

I depositi eluvio-colluviali, identificati nel CARG con la sigla **MUSb2**, costituiscono generalmente il fondo di vallecicole secondarie e la base di scarpate o versanti più o meno acclivi e sono rappresentati da

sedimenti eterometrici prevalentemente limoso-argilloso-sabbiosi, con spessori variabili da pochi decimetri fino ad oltre 20 m.

Nella cartografia geologica ufficiale, sono cartografati con la stessa simbologia sia i colluvi veri e propri (prodotti del dilavamento/ruscellamento e di movimenti di massa pellicolari), sia tutti gli altri depositi di versante a granulometria prevalentemente fine (ma che spesso includono materiale clastico grossolano) e per i quali non si hanno indicatori genetici precisi o riconoscibili.

In questo tipo di depositi, in ogni caso, i materiali grossolani rappresentano quasi sempre molto meno del 50% del volume totale.

Come già precisato, nell'area di Santa Maria del Piano il contributo di questo tipo di terreni continentali è poco rilevante e in ogni caso limitato alla parte più a monte, a ridosso della Strada Statale n° 73 bis.

2.3. INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE

Lo stile tettonico che caratterizza il territorio del comune di Sant'Angelo in Vado è tipico dell'Appennino settentrionale, il quale si configura come una catena arcuata a pieghe e sovrascorrimenti vergenti a NE, costituita da unità tettoniche messe in posto a partire dall'Oligocene come risultato della convergenza e collisione tra i margini continentali del blocco Sardo-Corso di origine europea, ad ovest, ed il blocco Adriatico di affinità africana, ad est.

I principali tipi strutturali (che in superficie appaiono regolarmente distinti e che sono connessi con la composizione litologica e gli spessori delle serie stratigrafiche) presenti nell'area di studio ed in un intorno significativo, sono due: la tettonica dei rilievi mesozoici e quella della Formazione Marnoso-Arenacea.

I rilievi mesozoici affioranti nella regione e corrispondenti grosso modo a grandi anticlinali ad assi fra loro subparalleli e con un generale orientamento NO-SE, sono rappresentati nella zona dall'anticlinale di Montiego che assume la sua massima elevazione in prossimità del Gorgo di Cerbara dove l'erosione del Torrente Biscubio porta a fare affiorare le formazioni più antiche (Corniola e Calcare Massiccio).

La struttura di tale rilievo è stata essenzialmente determinata dal comportamento del Calcare Massiccio alle sollecitazioni tettoniche: questo complesso, di grande spessore, è dotato di una notevole rigidità determinata, oltre che dalla sua potenza, dall'assenza o quasi di netti piani di stratificazione per cui, assoggettato alle spinte tettoniche, si è comportato come un unico enorme strato calcareo a notevole coesione interna il quale, in un primo tempo, si è potuto curvare secondo pieghe ad ampio raggio e, in seguito, per il persistere o riprendere degli sforzi compressivi, si è rotto secondo numerose faglie a grande o piccolo rigetto, dirette o in-verse a seconda dei casi. La curvatura dell'anticlinale è sempre piuttosto dolce e la volta è pianeggiante, come dimostrano le ampie zone a strati sub-orizzontali osservabili lungo l'asse. La lunghezza dell'intera anticlinale supera i 25 km, anche se bisogna tenere presente che queste grandi pieghe presentano varie ondulazioni longitudinali, per cui spesso rappresentano in realtà dei rosari di pieghe allineate su uno stesso asse. La larghezza dell'anticlinale, massima a Gorgo a Cerbara dove supera i 4 km, si aggira su 1 km in territorio di Sant'Angelo in Vado, vale a dire nella estremità nord della struttura.

Le faglie, formatesi posteriormente al piegamento, si possono distinguere in tre gruppi a seconda della loro posizione e orientamento rispetto alle pieghe: faglie longitudinali marginali (cioè sui fianchi

dell'anticlinale), faglie pure longitudinali presso la cerniera delle pieghe, faglie trasversali od oblique presso le terminazioni delle pieghe o in zone di particolari sollecitazioni.

Le prime, pur non essendo sempre le più appariscenti, sono certamente le più cospicue e permettono l'interpretazione del motivo strutturale profondo. Esse sono infatti essenzialmente l'espressione di sollevamenti con una forte componente orizzontale, che hanno determinato l'incunearsi del rigido Calcare Massiccio entro le rocce sovrastanti più deformabili secondo lo schema di grandi embrici tettonici ver-genti verso NE.

Il secondo gruppo di faglie longitudinali, quello cioè della parte più alta della piega, ha generalmente un interesse minore e rappresenta la conseguenza delle forti sollecitazioni subite dalla cerniera della primitiva anticlinale; sono, infatti, ora di-rette, ora inverse, ora verticali a seconda dell'incunearsi dei blocchi di Calcare Massiccio.

Il terzo gruppo comprende faglie trasversali od oblique localizzate presso le terminazioni dei rilievi mesozoici o in zone di più intense sollecitazioni; vario ne è l'orientamento con tutte le direzioni intermedie da longitudinali a trasversali. I terreni sovrastanti il Calcare Massiccio, data la loro plasticità e la più o meno facile de-formabilità, si sono adattati in vario modo all'assetto strutturale profondo determinando strutture superficiali caratteristiche e spesso complesse.

La situazione strutturale sopradescritta, tratta dalla bibliografia ufficiale e non, pur riguardando la tettonica regionale (e quindi a grande raggio) perfettamente si adatta a quanto emerge da una attenta lettura della cartografia geologica di maggior dettaglio (scala 1:10000) relativa all'area di interesse.

Ciò a testimonianza del fatto che la tettonica della formazione Marnoso-Arenacea è il riflesso della tettonica che ha interessato i rilievi mesozoici.

In tal senso si rileva uno stile plicativo a pieghe concentriche, con asse di allungamento NW-SE e vergenza NE (avampaese Adriatico), associate a faglie dirette e soprattutto inverse con andamento subparallelo all'asse di allungamento delle pieghe.

Nel settore orientale del territorio, un fronte di sovrascorrimento principale, denominato di Calpulcio separa la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA) dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (FAM).

Quest'ultima è suddivisa, a sua volta, in due unità strutturali che, dall'interno verso l'esterno, vengono qui denominate: 1) Unità di Sant'Angelo in Vado, 2) Unità di Urbino.

L'Unità di Sant'Angelo in Vado è caratterizzata da pieghe e insiemi di pieghe asimmetriche, a vergenza nord-orientale, accavallate tra di loro lungo sovrascorrimenti diretti NW-SE.

Le unità strutturali della FMA e della FAM, che sovrascorrono le une sulle altre, sono ben inquadrabili in uno stile deformativo di tipo epidermico (conosciuto in letteratura come fault propagation folding) dovuto ad orizzonti di scollamento superficiali generalmente localizzabili in corrispondenza dello Schlier, ma non di rado anche nella Scaglia Cinerea, e localmente, nella parte sommitale della Scaglia Rossa. L'età delle unità coinvolte negli accavallamenti varia dall'interno verso l'esterno e va dal Miocene medio in poi. Questa graduale variazione cronologica permette, quindi, di ipotizzare, una migrazione dell'avanfossa appenninica verso l'avampaese.

Più in dettaglio si rileva che nel Serravalliano l'Unità di Borgo Pace, costituita dai membri di Corniolo (FMA2) e di Galeata (FMA4), sovrascorre sull'adiacente Unità di Monte Vicino, costituita dai membri di Galeata (FMA4), di Collina (FMA5), di Civitella (FMA9).

Con l'individuazione dell'Unità di Monte Vicino si verifica l'interruzione della sedimentazione serravalliana nell'avanfossa romagnola.

Nel Tortoniano la sedimentazione torbiditica si sposta più a est, dove si sviluppa il bacino della Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana; si tratta di una avanfossa complessa controllata dai processi di thrusting che coinvolgono probabilmente anche il substrato carbonatico.

Sempre nel Tortoniano il sovrascorrimento di Calpulcio determina l'accavallamento dell'elemento tettonico di Monte Vicino su quello di Sant'Angelo in Vado, mentre il più orientale accavallamento dell'Unità di Sant'Angelo sull'Unità di Urbino si sviluppa durante il Tortoniano-Messiniano.

2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

In precedenza è stato evidenziato che il Fiume Metauro ed il Fiume Candigliano costituiscono gli assi di drenaggio principali e che entrambi i corsi d'acqua fanno parte di un unico bacino idrografico, quello del Metauro.

Il Metauro rappresenta quindi l'elemento idrografico principale del territorio comunale di Urbania, interessando in maniera diretta anche le aree di variante.

Si tratta del principale fiume della regione Marche per lunghezza, con 121 km totali di corso, portata media di acqua (circa 21 m³/s) ed estensione di bacino (1325 km²); origina da un ampio ventaglio (50 km) di sorgenti e corsi d'acqua (molti caratterizzati da discreti deflussi idrici anche in estate) fra l'Alpe della Luna, il Monte Nerone (1526 m s.l.m.) e il Monte Catria (1702 m s.l.m.).

Nel territorio del comune oggetto di studio, e nei tratti a monte, il corso d'acqua incide formazioni di rocce tenere, facilmente erodibili e disaggregabili quali arenarie, molasse, marne, argille; ciò si ripercuote nella composizione granulometrica dei depositi alluvionali nei quali le ghiaie presentano comunque un buon tenore di matrice limoso-argilloso-sabbiosa.

L'andamento del Fiume Metauro (e del Fiume Candigliano), all'interno del confine comunale, è tendenzialmente meandri forme; la configurazione planimetrica è inoltre discordante rispetto all'assetto tettonico dell'edificio appenninico in quanto questi corsi d'acqua tagliano trasversalmente (andamento diaclinale) le relative strutture geologiche.

Il reticolo idrografico si completa con una serie fossi e torrenti, confluenti su ambo i lati orografici dei corsi d'acqua principali, impostati su impluvi naturali facenti capo a bacini idrografici di ordine inferiore.

In base al disegno, alla densità e al tipo di confluenza delle linee di impluvio il pattern risultante può definirsi di tipo dentritico, tipico di terreni omogenei, impermeabili e a limitata acclività.

Riguardo al sottobacino idrografico principale, direttamente afferente al Fiume Metauro, i corsi d'acqua secondari di maggior rilevanza, anche in termini di apporti idrici, sono quelli che traggono origine dalla dorsale calcareo - marnosa definita da Monte del Picchio, Monte dei Torrini e Monte Montiege: si tratta, in particolare, del Fosso Bottrine, del Fosso di Santa Maria in Campolongo e del Fosso dell'Orsaiola, il cui corso si sviluppa in direzione SSO-NNE, verso la piana alluvionale del Metauro; proprio allo sbocco di tali torrenti nella valle del Fiume Metauro sono localizzate alcune importanti ed estese conoidi alluvionali a granulometria ghiaiosa prevalente.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Nel presente capitolo sono descritte le metodologie di indagine messe in atto nell'area di Santa Maria del Piano, interessata dall'insediamento del nuovo comparto produttivo D4 e dalle modifiche ad aree F3 e F4, in parte già esistenti. Tali indagini sono rappresentate da penetrometrie dinamiche super-pesanti, prove sismiche attive MASW e prove sismiche passive HVSR.

Contestualmente sono state rianalizzati i risultati di carotaggi eseguiti in passato in aree contermini, al fine di "tarare" i dati penetrometrici di nuova acquisizione.

3.1. CAROTAGGI

Tra il 1996 e il 2008 sono state eseguite n° 5 perforazioni poco a Est della chiesa di Santa Maria del Piano. Questi sondaggi hanno interessato l'esistente area produttiva D3 e sono stati eseguiti in occasione degli interventi di nuova edificazione e di ampliamento di un opificio su terreno di proprietà della ditta IMER S.r.l.. Per queste campagne di indagine è stata a suo tempo utilizzata una sonda a rotazione con diametro da 220 mm.

3.2. PENETROMETRIE DINAMICHE SUPER-PESANTI

In relazione alla presente variante sono state eseguite n° 11 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH1...DPSH11) utilizzando un'apparecchiatura TG 63-200 PAGANI. Le Foto 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 mostrano l'attrezzatura in fase di esecuzione di alcune prove.



Foto 3.1 – Esecuzione prova penetrometrica DPSH1



Foto 3.2 – Esecuzione prova penetrometrica DPSH3



Foto 3.3 – Esecuzione prova penetrometrica DPSH5



Foto 3.4 – Esecuzione prova penetrometrica DPSH7



Foto 3.5 – Esecuzione prova penetrometrica DPSH10

La prova consiste nel diagrammare il numero di colpi necessari ad infiggere 20 cm di aste fino ad una profondità prefissata o fino a quando, come nel caso in oggetto, la resistenza all'infissione è tale da non consentire il proseguimento del test. Nella letteratura tecnica, sono reperibili numerose correlazioni fra numero di colpi necessari all'infissione di una certa altezza di aste e caratteristiche di resistenza del terreno. Le caratteristiche tecniche fondamentali dell'attrezzatura sono riassunte nella successiva Tabella 3.1:

Tabella 3.1 – Caratteristiche del penetrometro TG 63-200 PAGANI

Riferimento Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.50	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.63	Kg
Diametro punta conica	50.50	mm
Area di base punta	20.00	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6.31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.489	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90	°

Le penetrometrie dinamiche, ubicate come da planimetrie allegate, sono state finalizzate a verificare gli spessori e le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei materiali presenti fino ad una profondità significativa.

3.3. INDAGINI SISMICHE ATTIVE

La prova sismica attiva di tipo MASW è stata eseguita con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di studio (v. Foto 3.6).

Cenni teorici

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali e, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Nella Figura 3.1 sono riportate due distinte rappresentazioni del segnale.



Foto 3.6 – Stendimento sismico MASW

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un'artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità).

Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità

delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali delle curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

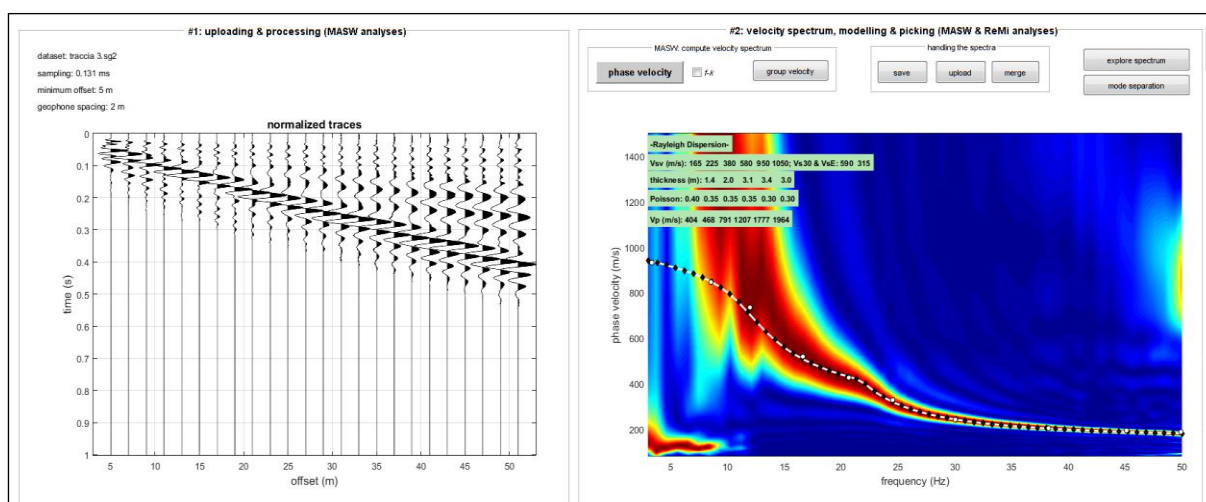


Figura 3.1 – Rappresentazione del segnale acquisito attraverso una generica prova sismica MASW

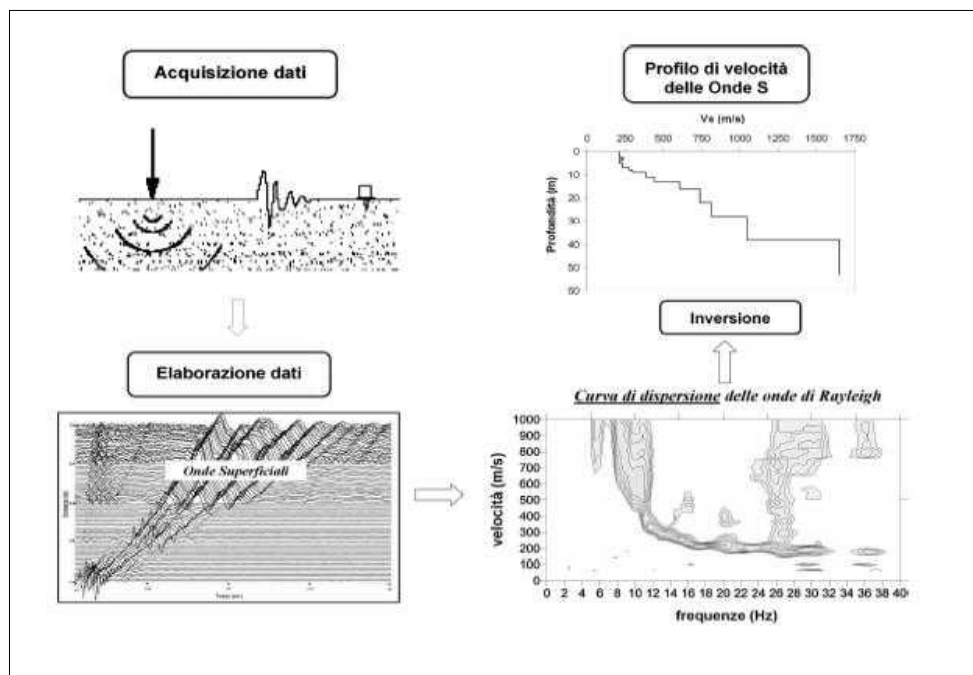


Figura 3.2 – Schematizzazione del metodo di indagine attivo MASW

3.4. INDAGINI SISMICHE PASSIVE

Le indagini sismiche passive HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o metodo di Nakamura) sono finalizzate all'individuazione delle frequenze di risonanza del terreno ed alla determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s) nei terreni.

La tecnica HVSR è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di alcun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

Le indagini geofisiche sono eseguite utilizzando un tromometro digitale *Tromino* (v. Figura 3.3) che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. La successiva fase di elaborazione dei dati, è stata invece eseguita con l'ausilio di apposito software di calcolo *Grilla*. Le note che seguono descrivono l'approccio metodologico seguito per l'analisi dei dati.



Figura 3.3 – Tromometro digitale utilizzato per la prova HVSR

Misura diretta delle frequenze di risonanza

In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze dipendono dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Per la misura delle frequenze di risonanza solitamente viene applicato al corpo una sollecitazione nota (un impulso), misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale (sismica attiva).

In alternativa si può utilizzare come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo (sismica passiva).

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche o vento) e dall'attività antropica. Viene detto anche "microtremore" perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Come già detto, il rumore sismico può essere misurato con il tromometro digitale *Tromino* ed analizzate con il software *Grilla*.

Metodo H/V

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSR o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice.

In un mezzo "semplice", per es. coltre alterazione + bedrock (o strato assimilabile al bedrock; ad es. argille su ghiaie), dove i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D), i due strati hanno rispettivamente diverse densità ρ_1 e ρ_2 e diverse velocità delle onde sismiche V_1 e V_2 . Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidenti (λ) è 4 volte (o i suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. Quindi la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f = V_{S1}/4H \quad [1]$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). E' necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) contenuto in frequenza
- b) risposta strumentale
- c) ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni.

Stima di $V_{s,eq}$ a partire da misure a stazione singola

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare un massimo nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle V_s è netta.

In base alla precedente equazione, il segnale, una volta pulito dagli effetti antropici ad alta frequenza (>30Hz), si può risolvere o conoscendo la V_s del materiale oppure, conoscendo gli spessori, si determina la V_s .

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie, carotaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V.

Nel caso semplice di strato omogeneo sopra un bedrock, se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock (o bedrock-like) si può calcolare il $V_{s,30}$ attraverso le misure di frequenza (fr). Se $H > 30$ m, il valore di $V_{s,30}$ viene calcolato direttamente dalla [1].

Se $H \leq 30$ m, allora:

$$V_{s,30} = \frac{30}{t_H + t_{30-H}} = \frac{30}{(1/fr) + (30-H)/V_B} \quad [2]$$

dove V_B è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Le N.T.C. 2018 hanno introdotto il concetto di velocità equivalente $V_{s,eq}$ al posto di $V_{s,30}$ riferendo questo valore alla profondità H del bed-rock sismico (per il quale $V_s \geq 800$ m/s). Nelle successive valutazioni si farà riferimento particolare a questo parametro.

Valori orientativi di velocità delle onde S nei vari tipi di suolo sono riportati nella seguente tabella (Borcherdt, 1994).

Tabella 3.2 – Valori orientativi di velocità delle onde S nei vari tipi di terreno

Tipi di suolo	V_s min. (m/s)	V_s media (m/s)	V_s max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
Argille compatte e suoli sabbiosi	200	290	375

(sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)			
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

Modi di vibrare

Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici presentano a loro volta delle frequenze di risonanza proprie.

E' indispensabile evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili o leggermente inferiori a quelle dell'edificio.

Condizione ideale sarebbe data da una risonanza dell'edificio a frequenze minori di quelle del sottosuolo. Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente problematica perché:

- gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza propria;
- il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

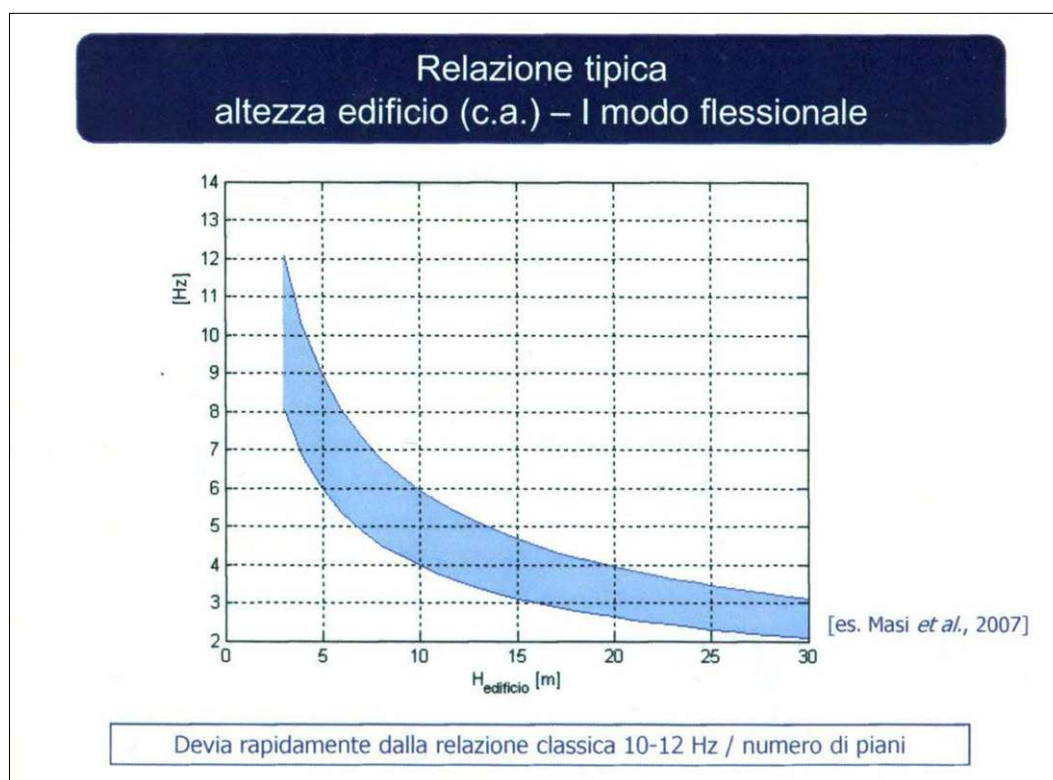


Figura 3.4 – Frequenza di risonanza di fabbricati in c.a. in funzione dell'altezza

Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

Il grafico semplificato sopra riportato, mette in relazione la frequenza di risonanza teorica degli edifici con la loro altezza, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da “Tecniche di sismica passiva e attiva”, Silvia Castellaro, 2010).

4. CARATTERIZZAZIONE DELL'AREA DI SANTA MARIA DEL PIANO

Come già evidenziato in premessa, il presente studio è stato focalizzato sull'area di Santa Maria del Piano, dove è previsto l'insediamento della nuova Zona D4 e dove sono ipotizzate le modifiche alle Zone F3 e F4 (v. Figura 1.1).

4.1. UBICAZIONE

L'area in esame è ubicata in località Santa Maria del Piano, alla distanza di circa 2 km in direzione WNW dal capoluogo, nella piana alluvionale compresa fra la S.S. n° 73 bis di Bocca Trabaria e il Fiume Metauro (v. Figura 4.1).

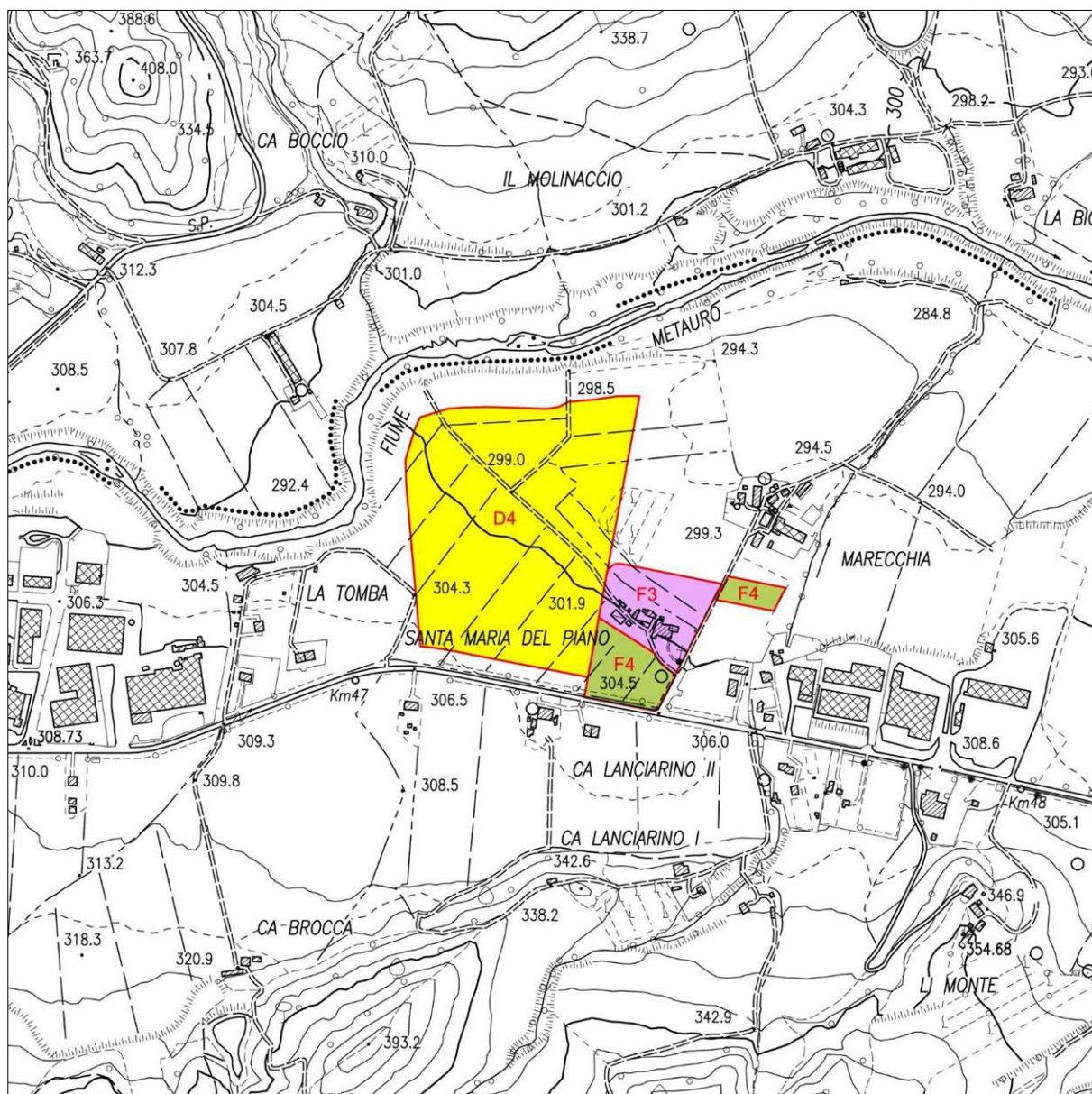


Figura 4.1 – Stralcio Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (scala 1:10000)

La Foto 4.1 fornisce una vista panoramica dell'area destinata ad ospitare la nuova zona produttiva D4.



Foto 4.1 – Panoramica del nuovo comparto D4 dalla Strada Statale n° 73 bis (da SW verso NE)

I riferimenti cartografici del sito sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.1 – Riferimenti cartografici area Santa Maria del Piano produttiva

Zone urbanistiche	Ubicazione	Sezione I.G.M.I. 1:25000	Sez. C.T.R. Marche 1:10000	Foglio di mappa 1:2000
D4-F3-F4	Santa Maria del Piano	279 III Sant'Angelo in Vado	279100 Peglio	6

In allegato sono riportati gli stralci della Carta Topografica d'Italia (Allegato 1), della Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (Allegato 2), della Carta Geologica Regionale (Allegato 3) e del Piano di Assetto Idrogeologico (Allegato 4). Sempre in allegato sono forniti gli stralci di documenti cartografici di carattere geologico, inclusi nel vigente P.R.G.:

- Carta Geologica (Tav. 8.b)
- Carta Geomorfologica (Tav. 8.c)
- Carta delle pericolosità geologiche e degli scenari sismici (Tav. 8.g).

4.2. GEOLOGIA

Litologicamente i terreni sono rappresentati, al di sotto della coltre di terreno agrario dello spessore massimo di circa 0.60 m, da limi sabbioso-argillosi con inclusioni clastiche, a consistenza variabile (v. Foto 4.2), sovrastanti a ghiaia in matrice limoso-sabbiosa. Trattasi di un deposito prevalentemente alluvionale di età Pleistocenica la cui potenza aumenta tendenzialmente da valle verso monte. Lo spessore è complessivamente modesto mantenendosi generalmente entro i 3 m e non superando mai i 4 m.

La Foto 4.3 riguarda la scarpata destra del Fiume Metauro, sulla curva ubicata appena a monte del nuovo comparto D4. E' evidente, in questo punto, la composizione nettamente ghiaiosa del deposito.



Foto 4.2 – Terreno agrario costituito da limo sabbioso-argilloso con inclusioni clastiche



Foto 4.3 – Scarpata fluviale con affioramento del deposito alluvionale ghiaioso



Foto 4.4 – Affioramento di strati arenaceo-marnosi sull'alveo del Fiume Metauro

La parte più superficiale della coltre deriva in minima parte anche dal dilavamento e dalla conseguente sedimentazione sub-aerea al piede del versante mentre la parte basale del deposito è stata generata dall'azione deposizionale del fiume Metauro.

Il substrato geologico è rappresentato dal Membro di Sant'Angelo in Vado e (FAM1) e dalla Litofacies di Urbania (FAM1b) della Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (v. Foto 4.4), di età Miocenica (Messiniano Inferiore e Tortoniano). La sottounità FAM1 è costituita da un'alternanza di peliti prevalenti ed areniti, con un rapporto A/P pari a circa 1:5-1:6 mentre la sottounità FAM1b è costituita da arenarie massive a base netta ed erosiva.

Alla scala dell'area oggetto di studio, i dati bibliografici e cartografici esistenti non permettono di individuare la presenza di strutture tettoniche (faglie) di rilievo.

4.3. GEOMORFOLOGIA

L'area si colloca in destra orografica del Fiume Metauro e presenta i caratteri tipici di un terrazzo alluvionale del III ordine (MTIbn), sub-pianeggiante. Nella parte Nord-Est del comparto D4, la Carta Geologica Regionale individua anche una fascia arcuata classificata come terrazzo alluvionale di IV ordine (MUSbn), probabilmente corrispondente al relitto di un vecchio alveo fluviale.

La quota altimetrica è compresa fra 292.60 e 303.80 m s.l.m. circa, con un'elevazione rispetto all'alveo fluviale di almeno 10 m. L'inclinazione naturale è generalmente orientata verso Nord-Est, con valori di pendenza inferiori al 3-4% in gran parte dell'area interessata dalla variante. Per ambiti molto ristretti, identificabili con una blanda scarpata che divide il terrazzo di III ordine da quello di IV ordine, l'acclività può raggiungere valori del 12-13% (v. Foto 4.5).

Non si osservano, ovviamente, forme riconducibili a passati movimenti gravitativi, tantomeno fenomeni franosi in atto (e/o potenziali) che possano far ritenere il sito non idoneo alla edificazione. Anche i fabbricati limitrofi, di passata e recente costruzione, non presentano alcun segno di dissesto statico.



Scarpata con pendenza 12-13%

Foto 4.5 – Scarpata di transizione fra terrazzi alluvionali di III e IV ordine, lievemente acclive (area D4)

Riguardo al Fiume Metauro, si rileva che in corrispondenza del ciglio superiore della scarpata di terrazzo alluvionale di questo corso d'acqua, il limite dell'area D4 è stato volutamente mantenuto alla distanza di circa 50 m. Nell'Allegato 9 sono riportati una serie di profili che mettono in evidenza la posizione di quest'area rispetto allo stesso Fiume Metauro.

Queste sezioni sono state sviluppate su un modello 3D a sua volta elaborato utilizzando i dati derivanti dal rilievo LIDAR con maglia 1x1 m eseguito dal Ministero dell'Ambiente (la densità dei punti del rilievo è superiore a 1.5 punti). Il DTM (Digital Terrain Model) presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a +/- 1s (scarto quadratico medio), corrispondente ad un errore inferiore ± 15 cm mentre l'accuratezza planimetrica è di +/- 2s con un errore contenuto entro ± 30 cm.

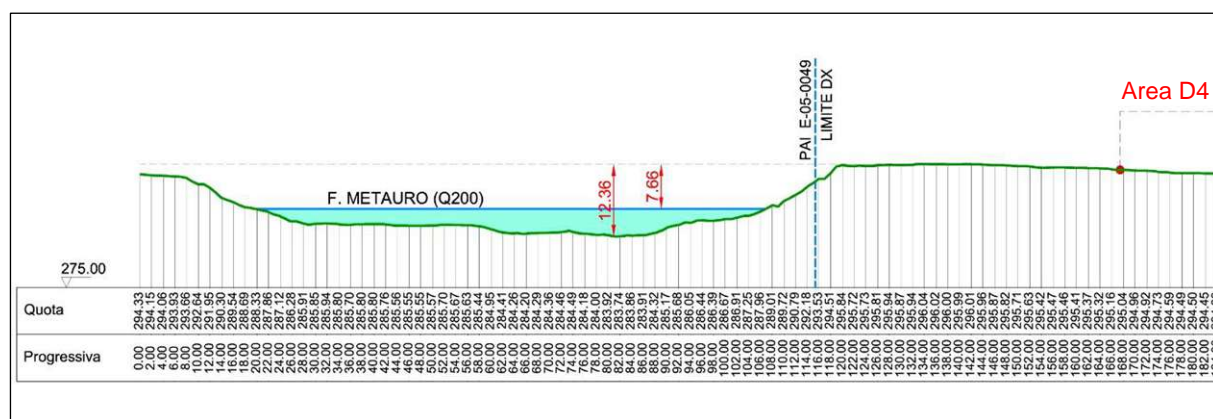


Figura 4.1 – Stralcio profilo P1

Dall'esame dei profili P1, P2 e P3 si nota, in particolare, che il dislivello altimetrico dell'area D4 rispetto al fondo-alveo è di circa 12-14 m. In Figura 4.2 è riportato, in particolare lo stralcio del profilo P1.

Si ritiene, in pratica, di poter sintetizzare quanto segue:

- 1) l'area è sub-orizzontale o comunque poco acclive e non è interessata da fenomeni gravitativi (attivi o quiescenti);
- 2) è presente un deposito detritico di non elevato spessore e buona consistenza, composto in prevalenza da ghiaie alluvionali;
- 3) i fabbricati limitrofi e le strade delimitanti l'area non presentano cedimenti e/o deformazioni e pertanto il sito risulta stabile ed idoneo alla edificazione.

Il punto successivo della presente relazione è dedicato all'analisi morfometrica dell'area.

4.4. ANALISI MORFOMETRICA DELL'AREA

Per l'analisi morfometrica dell'area di Santa Maria del Piano si è fatto riferimento ad un modello 3D a sua volta elaborato utilizzando i dati derivanti dal rilievo LIDAR con maglia 1x1 m eseguito dal Ministero dell'Ambiente (la densità dei punti del rilievo è superiore a 1.5 punti). Il DTM (Digital Terrain Model) presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a $\pm 1s$ (scarto quadratico medio), corrispondente ad un errore inferiore ± 15 cm mentre l'accuratezza planimetrica è di $\pm 2s$ con un errore contenuto entro ± 30 cm.

Le elaborazioni sono state effettuate con il software QGIS ver. 3.28.3-Firenze, analizzando quattro parametri: elevazione, pendenza, indice di asperità ed esposizione.

Dati geometrici generali

I dati geometrici generali della perimetrazione inglobante l'area D4, l'area F3 e le due aree F4 sono riassunti nella tabella che segue:

Tabella 4.2 – Dati geometrici generali dell'area

Perimetrazione inglobante l'area D4, l'area F3 e le due aree F4	
Numero di vertici	54
Superficie (mq)	141755.597
Perimetro (m)	1909.149
Indice di regolarità geometrica	0.6991
Xcentroide (m)	2317549.9
Ycentroide (m)	4839485.4

Nella precedente tabella le coordinate del centroide (baricentro della perimetrazione) sono riferite al sistema EPSG:3004 - Monte Mario / Italy zone 2.

Elevazione area

In Figura 4.3 è riportata la distribuzione dei valori di elevazione delle celle nel file raster contenente i dati altimetrici del terreno.

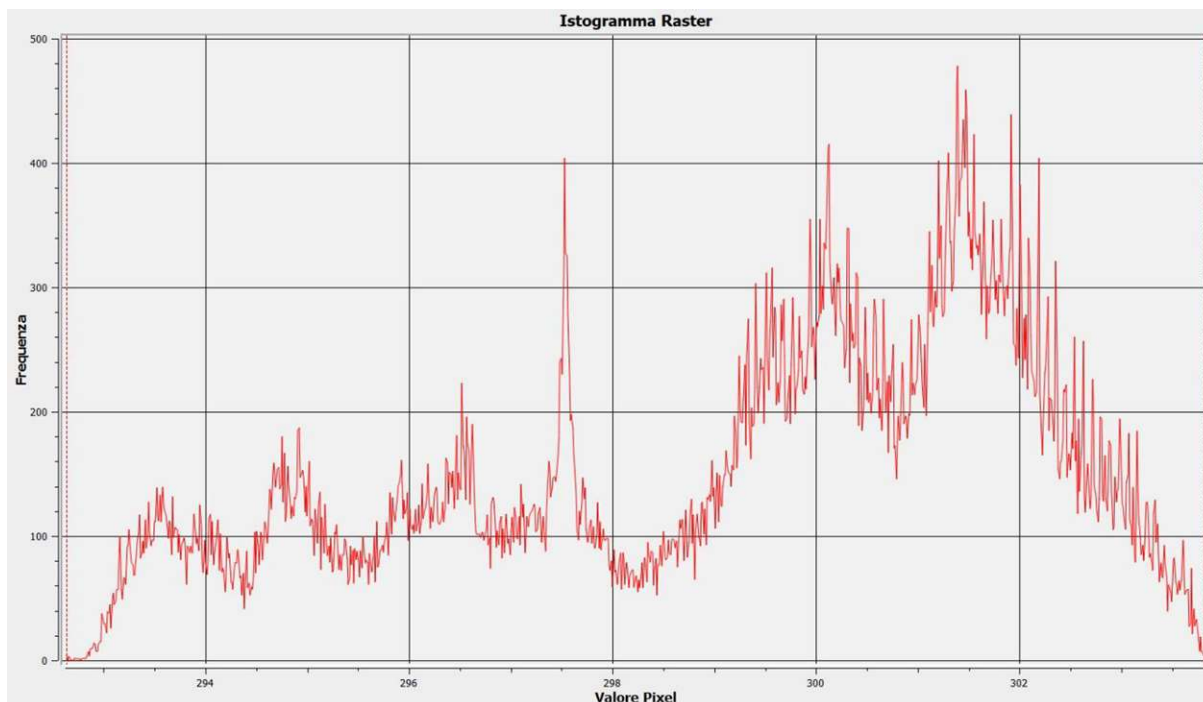


Figura 4.3 – Distribuzione valori di elevazione

I dati corrispondenti alla distribuzione di Figura 4.3 sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.3 – Dati di elevazione

Quota minima (m)	292.630
Quota massima (m)	303.828
Intervallo (m)	11.198
Quota media (m)	299.216

Le quote più frequenti (valori modali) si attestano invece tra 300 e 302 m, ad un livello quindi superiore al valore medio calcolato pari a 299.216.

Pendenza

In Figura 4.4 è riportata la distribuzione dei valori di pendenza (in percentuale) delle celle nel file raster derivante dall'elaborazione dei dati di elevazione del terreno.

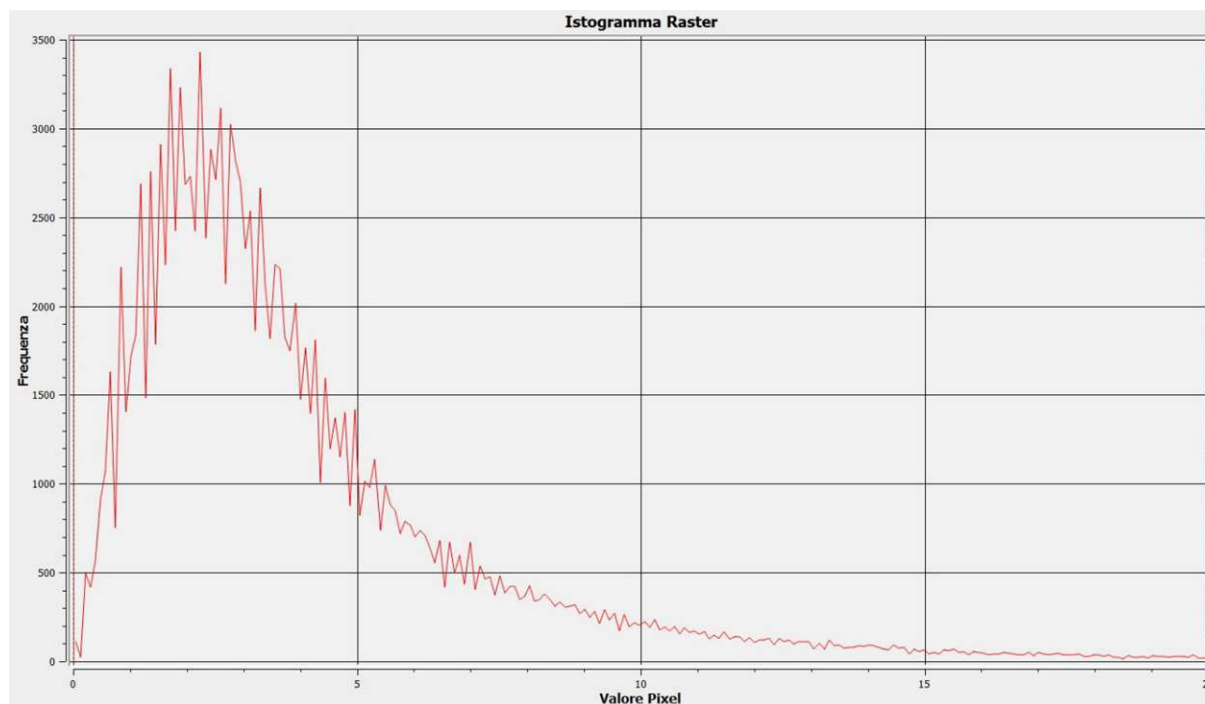


Figura 4.4 – Distribuzione valori di pendenza (in percentuale)

I dati corrispondenti alla distribuzione di Figura 4.4 sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.4 – Dati di pendenza

Pendenza minima (%)	0.000
Pendenza massima (%)	87.912
Intervallo (%)	87.912
Pendenza media (%)	4.393

I valori più alti si registrano in corrispondenza di piccole scarpate di strade e fossi, per ambiti planimetrici non significativi e per altezze sostanzialmente irrilevanti.

I valori di pendenza più frequenti (valori modali) si attestano invece tra il 2% e il 3%, ad un livello quindi inferiore al valore medio calcolato pari al 4.393%.

Indice di asperità

L'indice topografico di asperità TRI (Terrain Ruggedness Index), viene definito come la media delle differenze di elevazione tra ogni singola cella di un DEM e le otto celle ad essa circostanti (Riley et al., 1999): tale dato fornisce indicazioni sul grado di eterogeneità della superficie topografica analizzata. In tal modo una superficie poco variabile sarà rappresentata da un output composto da celle caratterizzate da valori simili dell'indice TRI, mentre una topografia accidentata fornirà un dato più variabile.

In Figura 4.5 è riportata la distribuzione dei valori dell'indice di asperità delle celle nel file raster derivante dall'elaborazione dei dati di elevazione del terreno.

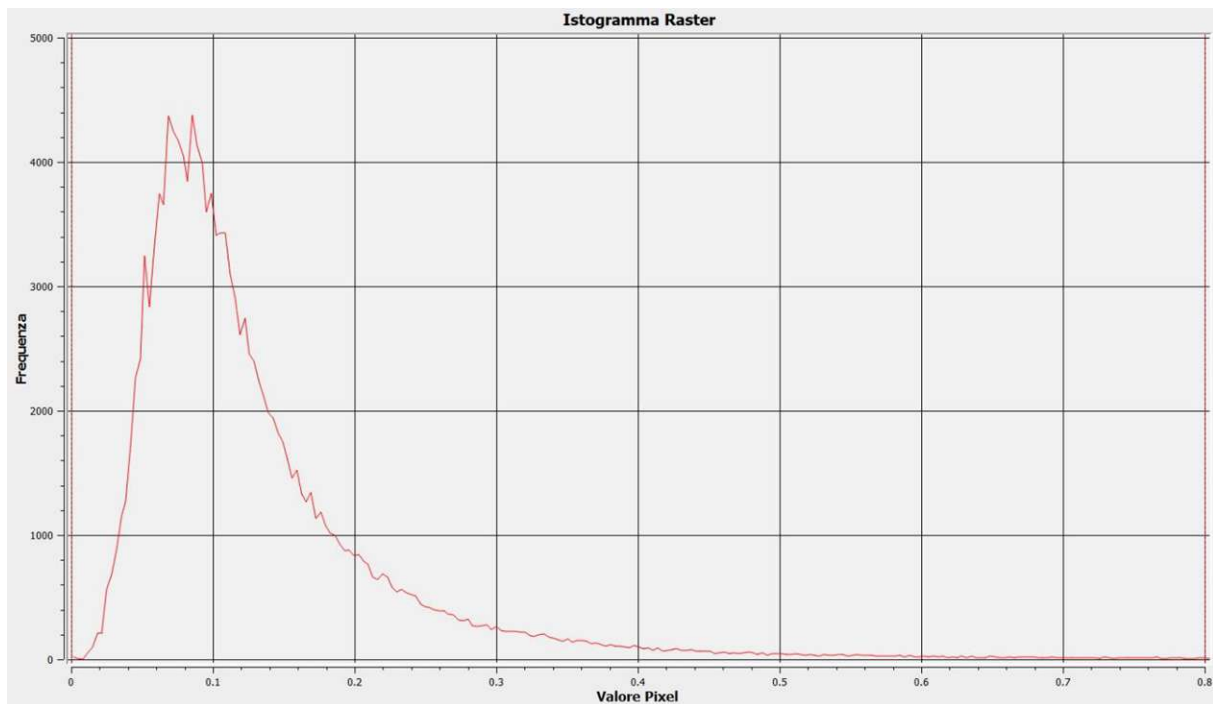


Figura 4.5 – Distribuzione valori dell'indice di asperità

I dati corrispondenti alla distribuzione di Figura 4.5 sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.5 – Dati relativi all'indice di asperità

Indice di asperità minimo	0.000
Indice di asperità massimo	0.353
Intervallo	0.353
Indice di asperità medio	0.137

I valori dell'indice di asperità più frequenti (valori modali) si collocano fra 0.06 e 0.10, ad un livello quindi inferiore al valore medio calcolato pari a 0.137.

Esposizione

L'esposizione è la direzione della pendenza (o dell'acclività) del terreno in corrispondenza di ogni cella del DEM. Convenzionalmente, un'esposizione di 0° significa che la pendenza è rivolta verso Nord, di 90° è rivolta verso Est, di 180° verso Sud e di 270° verso Ovest.

In Figura 4.6 è riportata la distribuzione dei valori dell'esposizione delle celle nel file raster derivante dall'elaborazione dei dati di elevazione del terreno.

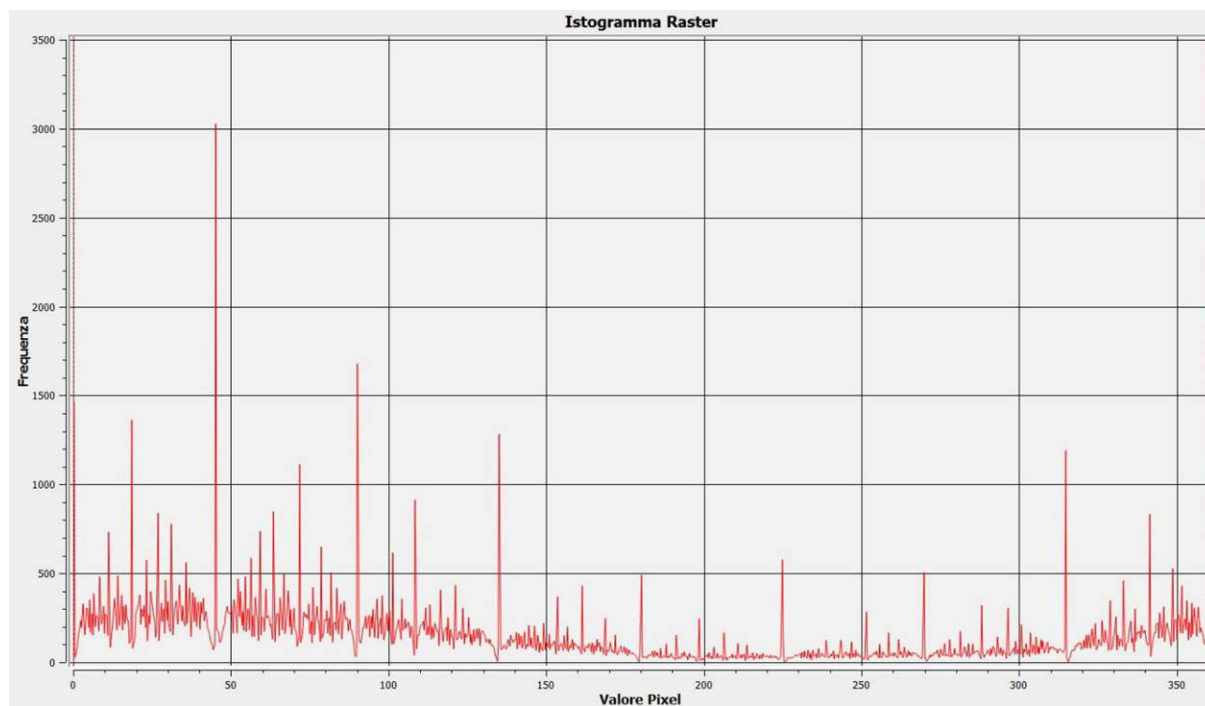


Figura 4.6 – Distribuzione valori di esposizione

I dati corrispondenti alla distribuzione di Figura 4.6 sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 4.6 – Dati di esposizione

Angolo di esposizione minimo (°)	0.00
Angolo di esposizione massimo (°)	360.00
Intervallo (°)	360.00
Angolo di esposizione medio (°)	135.41

Trattandosi di angoli azimutali, il valore medio non ha particolare significato. Esaminando la distribuzione dell'esposizione, si nota comunque che l'andamento generale è abbastanza piatto con una lieve prevalenza delle esposizioni verso Nord e verso Nord-Est.

4.5. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA

La rete di deflusso è rappresentata da cunette, chiavicotti stradali e sistemazioni idraulico-agrarie che recapitano le acque al Fiume Metauro. Per tutti gli aspetti legati alla compatibilità idraulica delle trasformazioni territoriali (L.R. n° 22/2011 e D.G.R. n° 53/2014) si rimanda all'apposita relazione.

Dal punto di vista idrogeologico il comportamento del substrato, costituito da marne ed arenarie, è diverso dal comportamento dei sedimenti eluvio-colluviali ed alluvionali sciolti.

Le marne e le arenarie intercalate a materiale pelitico risultano in generale poco permeabili favorendo il ruscellamento superficiale a scapito delle infiltrazioni anche se la fratturazione e la presenza di materiale sabbioso poco cementato possono creare condizioni favorevoli alla circolazione di falde profonde con portata limitata e d'interesse esclusivamente locale.

I sedimenti alluvionali di fondovalle in base al loro spessore ed in rapporto alla loro granulometria costituiscono la struttura di acquiferi caratterizzati da permeabilità primaria (per porosità). In particolare

le ghiaie in matrice limoso sabbiosa sono dotate di notevole permeabilità ed esercitano anche nei confronti dei livelli più superficiali del deposito una notevole azione drenante. La falda idrica è stata riscontrata in tutti i carotaggi eseguiti nel 1996 e nel 2008 mentre le penetrometrie dinamiche eseguite a Marzo 2024 in corrispondenza della nuova area D4, ne hanno evidenziato la presenza solo in due casi, a testimonianza di una scarsa continuità areale dell'acquifero.

In ogni caso, la presenza generalizzata di sedimenti ghiaiosi nella parte medio-basale del deposito alluvionale, evidenziata nel punto successivo della presente relazione, implica che le acque raccolte dai fossi (cunette, chiavicotti stradali e sistemazioni idraulico-agrarie) siano progressivamente perse per infiltrazione sul fondo, lungo tutto il loro corso prima del raggiungimento del recapito finale. Le conseguenze di tutto questo sono fondamentalmente due:

- a) le portate di questi piccoli corsi d'acqua che solcano la piana alluvionale tendono paradossalmente a diminuire da monte verso valle, senza raggiungere valori che possano provocare danni neanche in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati;
- b) la comunicazione di questi fossi con il materasso alluvionale ghiaioso consente a quest'ultimo di immagazzinare temporaneamente le acque di precipitazione, con effetti benefici sulla modulazione delle portate di piena anche dei corsi d'acqua maggiori.

4.5. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DELL'AREA

Le perforazioni eseguite in passato e le penetrometrie dinamiche eseguite nella presente fase geognostica, hanno evidenziato una situazione molto semplice dal punto di vista stratigrafico. alluvionale. La successione è schematizzabile come segue:

Tabella 4.2 – Successione litostratigrafica caratterizzante l'area

Litotipo	Descrizione
0	Terreno agrario
1	Limo sabbioso-argilloso con inclusioni clastiche, a consistenza variabile
2	Ghiaia alluvionale in matrice limoso-sabbiosa
3	Arenarie e marne del substrato

Nella Tabella 4.3 sono riportate le profondità rilevate attraverso sondaggi e penetrometrie dinamiche.

Tabella 4.3 – Colonne litostratigrafiche relative ai vari punti di indagine

Livello	S1	S2	S3	S4	S5	DPSH1	DPSH2	DPSH3
0	0.0-0.6	0.0-0.6	0.0-0.6	0.0-0.6	0.0-0.6	-----	-----	-----
1	0.6-1.5	0.6-1.4	0.6-1.1	0.6-1.8	0.6-1.2	0.0-1.0	0.0-0.6	0.0-0.4
2	1.5-3.2	1.4-3.0	1.1-2.5	1.8-3.5	1.2-2.7	1.0-2.0	0.6-3.2	0.4-0.6
3	3.2-3.5...	3.0-3.3	2.5-2.8...	3.5-3.8...	2.7-3.0...	2.0-2.4...	3.2-3.6...	0.6-1.0...
Falda	3.0	2.7	2.2	3.2	2.5	-----	-----	-----

Livello	DPSH4	DPSH5	DPSH6	DPSH7	DPSH8	DPSH9	DPSH10	DPSH11
0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	0.0-0.8	0.0-2.0	0.0-0.4	0.0-0.4	0.0-0.8	0.0-0.2	0.0-0.8	0.0-1.6
2	0.8-1.2	2.0-3.2	0.4-2.8	0.4-2.4	0.8-3.8	0.2-0.6	0.8-3.0	1.6-2.8
3	1.2-2.2...	3.2-3.6...	2.8-3.0...	2.4-2.8...	3.8-4.2...	0.6-0.8...	3.0-3.4...	2.8-3.2...
Falda	-----	1.6	-----	-----	3.2	-----	-----	-----

A commento dei dati sopra riportati, è possibile evidenziare quanto segue:

- il limo sabbioso-argilloso (Litotipo 1) occupa in maniera generalizzata la parte superiore del deposito;
- nelle colonne stratigrafiche relative alle penetrometrie il Litotipo 0 è stato inglobato direttamente nel Litotipo 1;
- la ghiaia alluvionale (Livello 2) occupa la parte medio-basale della coltre ed è presente ovunque;
- la falda idrica è arealmente molto discontinua.

4.6. PARAMETRI GEOTECNICI

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica, varato con il D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) prevede, per la definizione del grado di sicurezza di una struttura, un approccio di tipo semiprobabilistico, adottando il concetto di stato limite. Per stato limite si intende una particolare condizione raggiunta la quale l'opera non è più in grado di svolgere la funzione per la quale è stata progettata.

Nei calcoli geotecnici sviluppati con il criterio dello stato limite, i parametri del terreno da utilizzare nei procedimenti analitici e/o numerici devono essere quelli caratteristici. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende quel valore al quale è associato una prefissata probabilità di non superamento (l'Eurocodice 7 fissa una probabilità di non superamento del 5%).

Più in generale il valore caratteristico di un terreno o di una roccia deve essere scelto in base ad una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite.

La seguente tabella riassume i valori dei principali parametri geotecnici caratteristici dei litotipi costituenti la locale colonna stratigrafica:

Tabella 4.4 – Parametri geotecnici caratteristici

Livello		1	2	3
Peso di volume	γ (kN/m ³)	19.0	19.5	22.0
Angolo di attrito efficace	ϕ' (°)	24	34	20
Coesione efficace	c' (kPa)	15	0	150
Coesione non drenata	C_u (kPa)	60	-----	400

Coefficiente di spinta a riposo	k_0	0.59	0.44	0.25
Modulo elastico normale	E (kPa)	6000	15000	60000
Modulo elastico tangenziale	G (kPa)	2190	5740	25000
Coefficiente di Poisson	μ	0.37	0.31	0.20

A commento dei dati sopra riportati, si ritiene di precisare quanto segue:

- non è stato preso in considerazione il Livello 0 (terreno agrario) in quanto non significativo dal punto di vista geotecnico;
- i parametri geotecnici relativi agli altri livelli litologici derivano da un'interpretazione critica dei dati penetrometrici grezzi e dei valori derivanti dalle più comuni correlazioni riportate nella letteratura tecnica; si è inoltre tenuto conto dei risultati di prove di laboratorio eseguite in passato su litotipi delle medesime caratteristiche;
- per la formazione di base (Livello 3) la resistenza al taglio è stata definita in riferimento ad un ammasso roccioso di bassa qualità ($RMR=30$, $\varphi=5+0.5 \cdot RMR$, $c=5 \cdot RMR$) e, in alternativa, in termini di coesione non drenata C_u , attribuendo al substrato i caratteri di un terreno coesivo molto sovraconsolidato anziché le peculiarità di un vero e proprio materiale lapideo.

4.7. PARAMETRI SISMICI N.T.C. 2018

Le N.T.C. 2018 definiscono la **Categoria di sottosuolo** e la **Categoria topografica** rispettivamente sulla base della Tabella 3.2.II e della Tabella 3.2.IV sotto riportate.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$

T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base dei risultati delle prove sismiche HVSR e MASW tutta l'area di Santa Maria del Piano è classificabile in **Categoria di Sottosuolo B**.

Tabella 4.5 – Velocità media onde S e categoria di sottosuolo

Indagine sismica	$V_{s,30}$ (m/s)	$V_{s,eq}$ (m/s)
HVSR1	379	379
HVSR2	370	370
MASW1	633	379
Media	461	376
Categoria sottosuolo = B		

Al riguardo si ricorda che le N.T.C. 2018 hanno introdotto il concetto di velocità equivalente $V_{s,eq}$ al posto di $V_{s,30}$ riferendo questo valore alla profondità H del bed-rock sismico (per il quale $V_s \geq 800$ m/s). Nel caso della prova MASW, poiché è risultato $H < 30$ m, $V_{s,eq}$ e $V_{s,30}$ assumono valori distinti. Dal punto di vista geomorfologico l'area è ubicata in un terrazzo alluvionale ed è pertanto classificabile in **categoria topografica T1**.

Tabella 4.6 – Collocazione geomorfologica e categoria topografica

Caratteristiche sito	Inclinazione media (°)
Terrazzo alluvionale	<15
Categoria Topografica = T1	

L'applicazione delle NTC 2018 comporta inoltre la determinazione di una serie di parametri necessari alla definizione della "pericolosità sismica" del sito. Per questi aspetti si rimanda ad una specifica relazione (**Pericolosità sismica**) prodotta attraverso il software Geostru PS Advanced e riportata in allegato.

Con le prove HVSR è stato possibile determinare anche le frequenze di risonanza del terreno. La prova HVSR1, in particolare, è quella che ha permesso di ottenere un picco molto "nitido" in corrispondenza di:

$$f_0 = 16.44 \text{ Hz}$$

Nel caso specifico si può ipotizzare che il contrasto di impedenza si verifichi in corrispondenza del passaggio fra il livello di limo sabbioso-argilloso e la ghiaia e comunque a profondità molto limitate (1-3 m).

Nel sottocapitolo 3.4 (Indagini sismiche passive), è stato rilevato come sia consigliabile evitare i fenomeni di "doppia risonanza" che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

In generale, è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

minor spessore dei sedimenti di origine alluvionale, sia verosimilmente interessata dalla microzona 01 (Zona 2001).

In Figura 4.8 e in Figura 4.9 sono riportati gli schemi litostatigrafici delle microzone sopra citate. Si tratta, in entrambi i casi, di una “zona stabile suscettibile di amplificazione sismica” mentre non si rilevano interferenze delle aree di variante con “zone di attenzione per liquefazione” o con “zone di attenzione per instabilità di versante”. In definitiva, la classificazione dell’area di Santa Maria del Piano, risulta sostanzialmente coerente con i risultati dei sondaggi diretti e indiretti eseguiti nella zona.

ZONA 2001	DESCRIZIONE
	<p>Area caratterizzata da argille inorganiche di media plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose di origine alluvionale e colluviale – ghiaia limose , miscela di ghiaia , sabbia limo di origine alluvionale e colluviale - substrato alterato/geologico appartenente alla Formazione della Marnoso Arenacea (SFALS-SFGR) con velocità $V_s < 800$ m/s. Copertura caratterizzata da velocità V_s 260-320 m/s . I settori nei quali è affiorante il substrato geologico i valori della copertura assumo valori V_s compresi tra 450/650 m/s.</p> <p>Spessore compreso tra 3-4 metri dal p.c. poggianti su un substrato rigido ALS-GR con velocità $V_s > 800$ m/s</p>

Figura 4.8– Schema litostratigrafico della microzona 01 (Zona 2001)

ZONA 2002	DESCRIZIONE
	<p>Zona caratterizzata da limi inorganici, sabbie fine limose o argillose di media plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose di origine alluvionale e colluviale – ghiaia limose, miscela di ghiaia, sabbia limo di origine alluvionale e colluviale - sporadica presenza del substrato alterato/geologico appartenente alla Formazione della Marnoso Arenacea (SFALS-SFGR) con velocità $V_s < 800$ m/s. Copertura caratterizzata da velocità V_s 250-420 m/s</p> <p>Spessore compreso tra 3-8 metri dal p.c. poggianti su un substrato rigido ALS-GR con velocità $V_s > 800$ m/s</p>

Figura 4.9 – Schema litostratigrafico della microzona 02 (Zona 2002)

Topographic map showing the area around Santa Maria del Piano. The map includes the Fiume Metauro and several land parcels. A red line indicates a boundary, and a pink line outlines a specific area labeled D4. Other labels include LA TOMBA, CA LANCIARINO I, CA LANCIARINO II, and CA BROCCA. Elevation points are marked throughout the map.

36

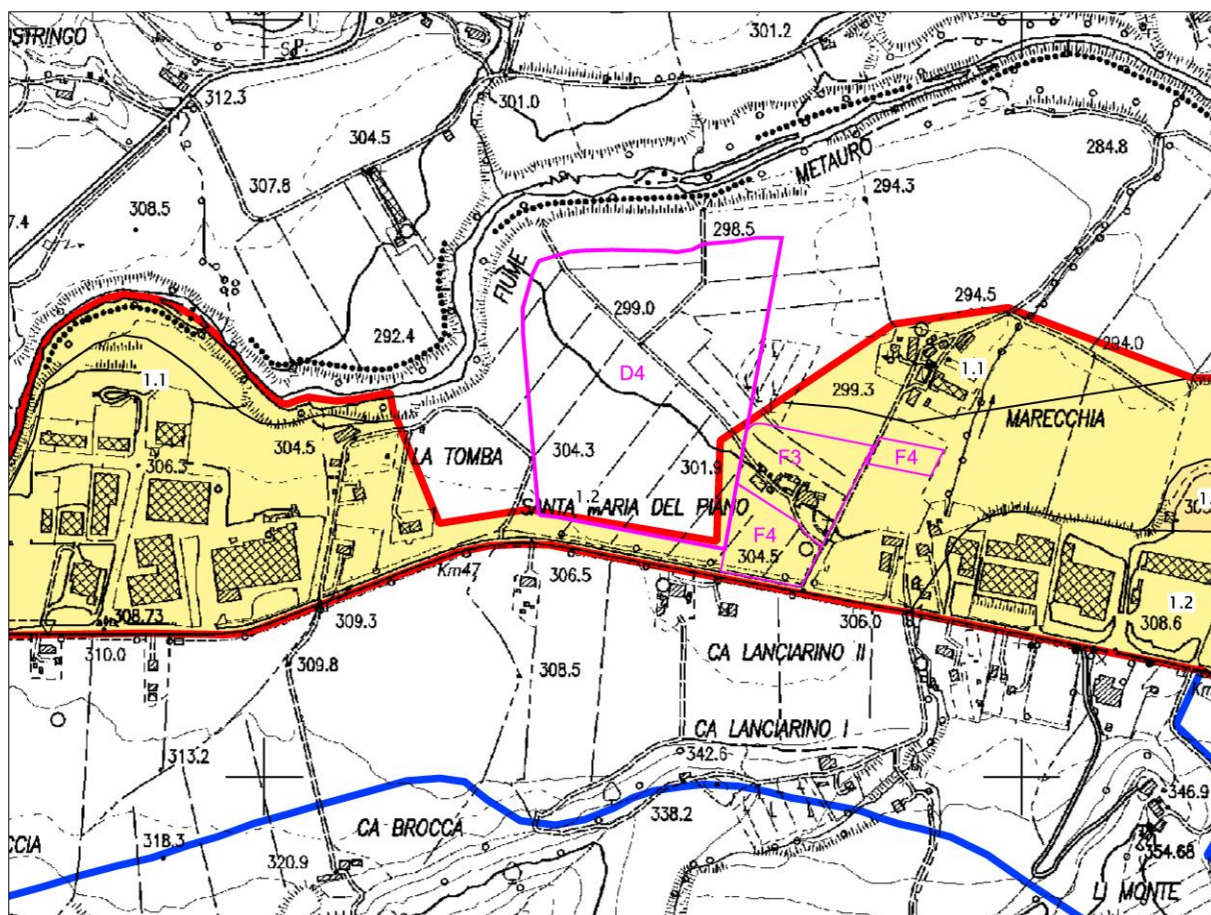


Figura 4.12 – Mappa dei fattori di amplificazione per T compreso fra 0.7 e 1.1 s

Sempre in riferimento allo studio di microzonazione di livello 2, nelle Figure 4.10, 4.11 e 4.12 sono riportati gli stralci delle mappe dei fattori di amplificazione per tre diversi intervalli del periodo di vibrazione T (0.1 - 0.5 s, 0.4 - 0.8 s e 0.7 - 1.1 s).

Nella Tabella 4.7, sono infine riassunti i fattori di amplificazione relativi ai tre intervalli di periodo di vibrazione, per ciascuna microzona presente nell'area di Santa Maria del Piano.

Tabella 4.7 – Coefficienti di amplificazione delle microzone 01 e 02

Microzona	FA (0.1-0.5 s)	FA (0.4-0.8 s)	FA (0.7-1.1 s)
01 (2001)	1.5	1.2	1.1
02 (2002)	1.9	1.4	1.2

4.9. FUTURI APPROFONDIMENTI

Gli approfondimenti da eseguire in fase di predisposizione degli strumenti urbanistici attuativi e/o di progettazione dei singoli interventi di edificazione, riguarderanno fundamentalmente i seguenti aspetti:

- studi di risposta sismica locale;
- eventuali ulteriori indagini introspettive (sondaggi diretti o indiretti) in corrispondenza di fabbricati e opifici;

- c) valutazioni di tipo geotecnico riguardanti le opere di fondazione degli stessi edifici, la stabilità delle pareti di scavo e dei rilevati, ecc..

5. AREE DECLASSATE A ZONA AGRICOLA “E”

Come già puntualizzato in premessa, la presente variante prevede che le aree ubicate in località Cà Ciccolino, La Casina e Cal Terrazzano, attualmente a destinazione produttiva (Zone D), siano declassate a Zona Agricola “E”.

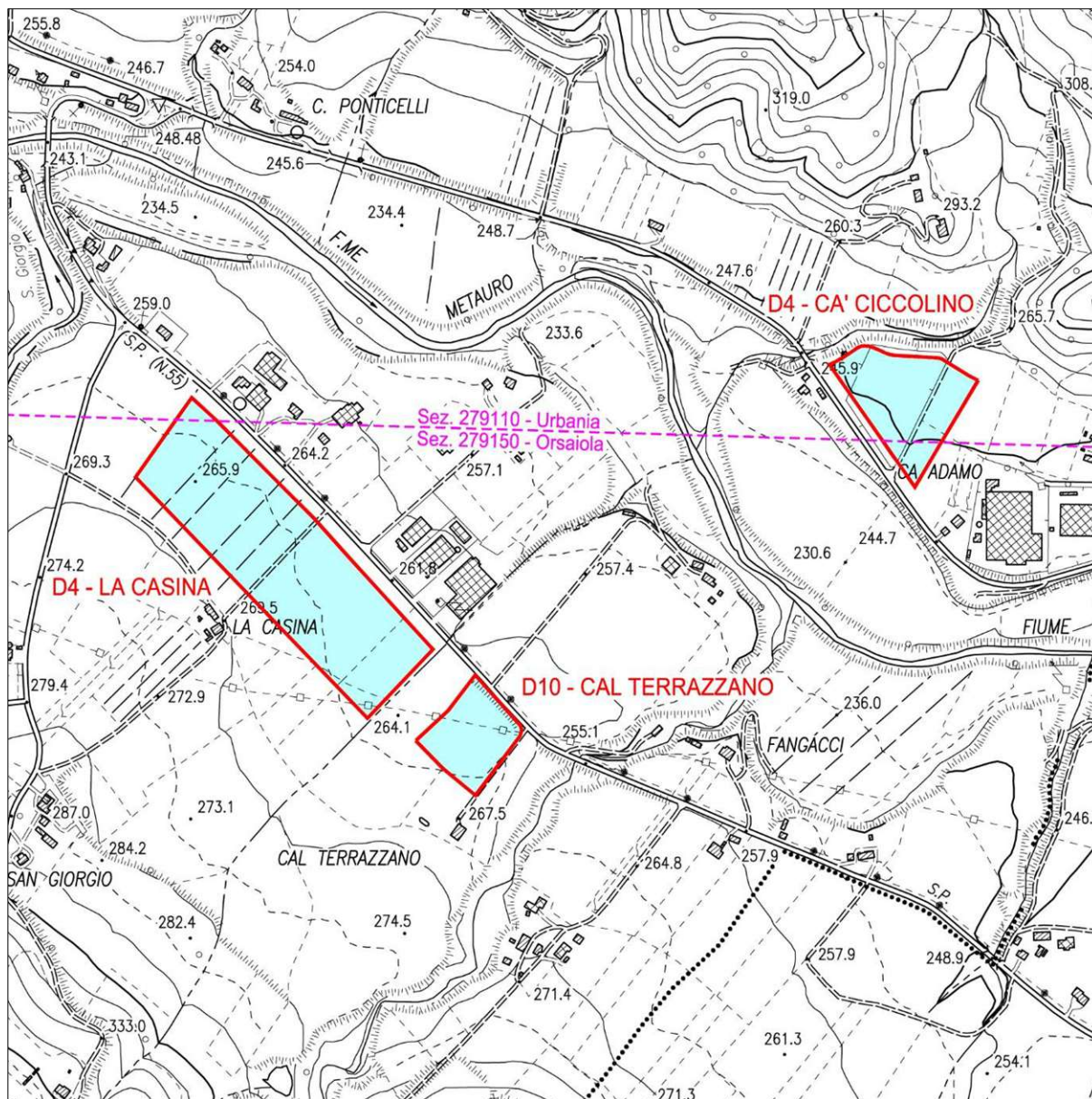


Figura 5.1 – Stralcio Carta Tecnica Numerica della Regione Marche (scala 1:10000)

L'area di “Cà Ciccolino” è ubicata circa 3700 a WSW del capoluogo, lungo la Strada Statale n° 745 Metaurense che collega Urbania a Fermignano (Figura 5.1).

Le aree di “La Casina” e “Cal Terrazzano” sono invece situate circa 3000-3500 m a SW del centro abitato, lungo la Strada Provinciale n° 55 dei Fangacci che collega Urbania ad Acqualagna.

Pur ritenendo che il ripristino dell'originaria destinazione agricola non comporti la necessità di caratterizzare queste aree dal punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico e geofisico, nel seguito sono comunque riportate alcune note descrittive sufficienti a confrontare sommariamente questi siti con quello di Santa Maria del Piano.

I riferimenti cartografici dei tre siti sono riportati nella tabella che segue:

Tabella 5.1 – Riferimenti cartografici area Santa Maria del Piano produttiva

Zone urbanistiche	Ubicazione	Sezione I.G.M.I. 1:25000	Sez. C.T.R. Marche 1:10000	Foglio di mappa 1:2000
da D4 a E	Cà Ciccolino	279 II Urbania	279110 (Urbania) 279150 (Orsaiola)	54
da D4 a E	La Casina	279 II Urbania	279110 (Urbania) 279150 (Orsaiola)	52-53
da D10 a E	Cal Terrazzano	279 II Urbania	279150 (Orsaiola)	53

5.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

La Figura 5.2 riporta uno stralcio della Carta Geologica Regionale dal quale si evince come in tutte e tre le aree il substrato geologico sia rappresentato dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (FAM) ed in particolare dal Membro di Sant'Angelo in Vado (FAM1), unità già descritta nel corso della presente relazione.

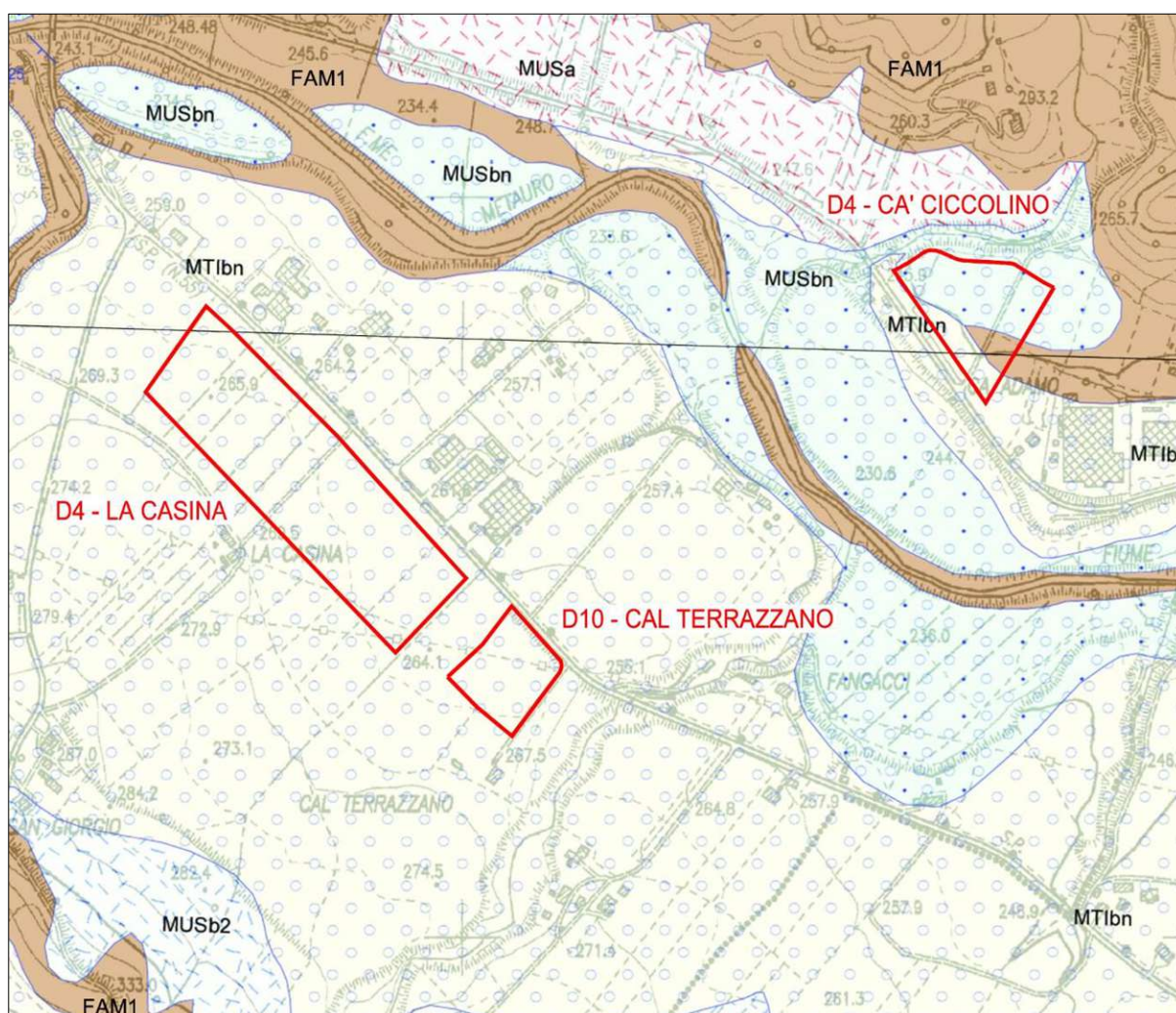


Figura 5.2 – Stralcio Carta Geologica Regionale (scala 1:10000)

Dal punto di vista geomorfologico, tutte e tre le aree da riportare a destinazione agricola si collocano su terrazzi alluvionali. Le aree ubicate in località “La Casina” e in località “Cal Terrazzano” sono ubicate sul lato destro mentre l’area di Cà Ciccolino è ubicata sul lato sinistro del Fiume Metauro.

Tutti e tre i siti ricadono su terrazzi alluvionali di III ordine (MTIbn). Al riguardo, si evidenzia l’esistenza di una palese incongruenza nella delimitazione dei depositi che la Carta Geologica Regionale riporta nella zona di Cà Ciccolino. Nello stralcio di Figura 5.2 si nota come siano mappati depositi MTIbn, depositi MUSbn (terrazzi di IV ordine) ed affioramenti diretti della Formazione Marnoso-Arenacea. In realtà la posizione altimetrica rispetto al Fiume Metauro, e i dati stratigrafici raccolti attraverso sondaggi diretti, inducono a collocare pienamente quest’area in ambito di terrazzo alluvionale del III ordine (MTIbn), eventualmente sormontati da (o interdigitati con) depositi eluvio-colluviali.

Riguardo all’area ubicata in località “La Casina”, il terrazzo alluvionale è in gran parte identificabile con la vasta conoide depositata a suo tempo dal Fosso di San Giorgio, il cui corso ha ora re-inciso sia il deposito continentale che il substrato.

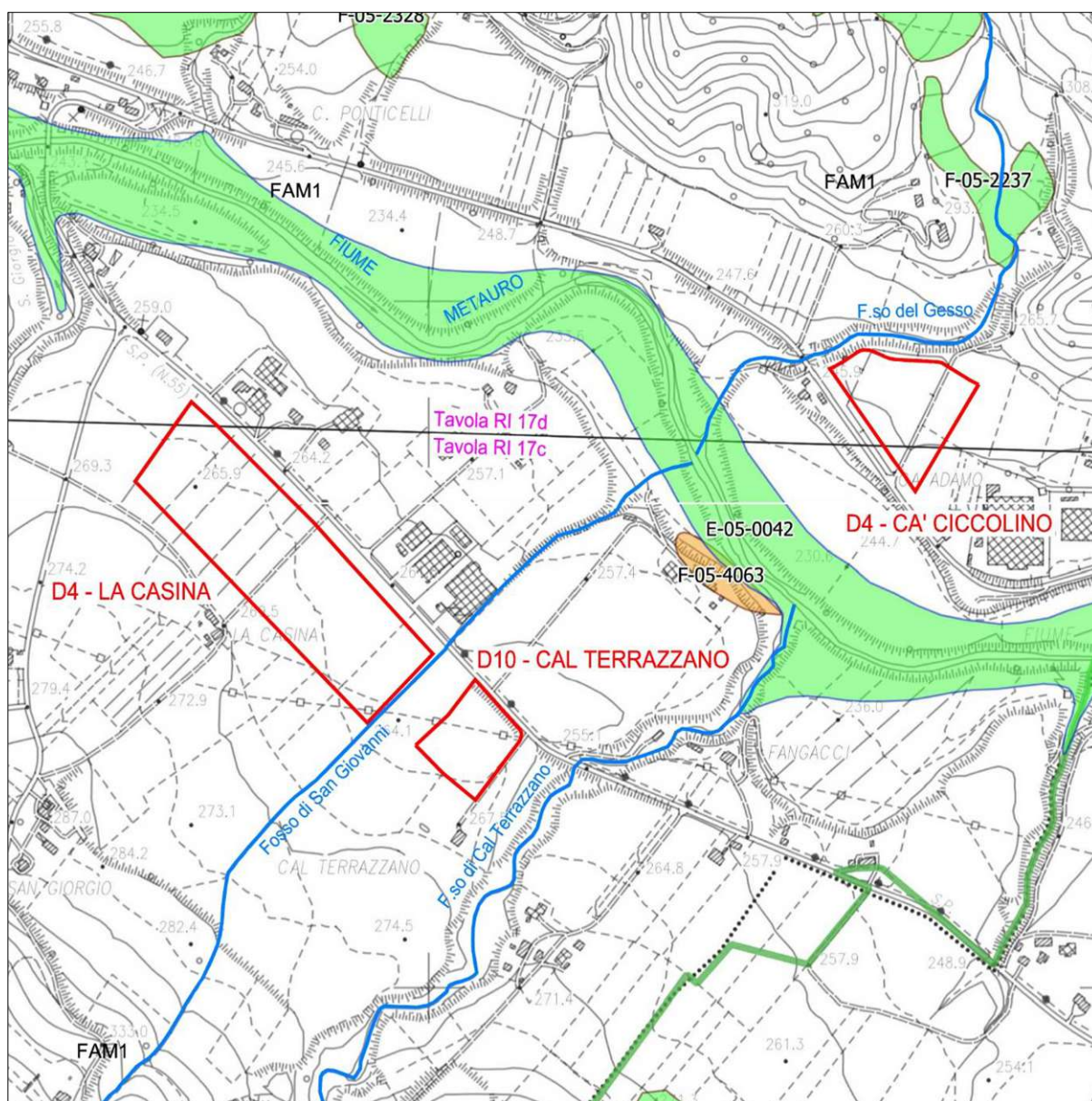


Figura 5.3 – Stralcio Piano di Assetto Idrogeologico (scala 1:10000)

Per quanto attiene alle pendenze, l'area di Cà Ciccolino degrada in direzione SSW con un'acclività media del 5% circa. L'area denominata "La Casina", ubicata immediatamente a monte della Strada Provinciale n° 55 dei Fangacci, ha pendenza del 2-3% orientata verso NE e in misura più limitata verso Est. L'area di "Cal Terrazzano", infine, è caratterizzata da una pendenza media del 3% orientata verso NNE.

Infine, in Figura 5.3 è riportato uno stralcio della cartografia P.A.I. dal quale si evince l'assenza di qualsiasi interferenza delle tre aree con perimetrazioni a rischio frana o a rischio esondazione.

5.2. CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

I lineamenti litostratigrafici dei tre siti sono stati ricostruiti attraverso l'analisi di dati raccolti con sondaggi diretti e indiretti eseguiti nel corso del tempo. La caratteristica comune alle tre aree è quella di presentare dei depositi detritici superficiali di origine alluvionale di notevole spessore.

D4 – Cà Ciccolino

I dati derivano da n° 2 carotaggi eseguiti nel 1998 e nel 2003 nell'ambito delle attività propedeutiche al progetto della S.G.C E78 Grosseto-Fano. Il deposito superficiale, di origine alluvionale e in parte eluvio-colluviale, è composto quasi totalmente da limi argilloso-sabbiosi con presenza di sabbia e ghiaia solo nella parte basale ed in misura molto limitata. Gli spessori complessivi si attestano su 8-10 m circa.

D4 – La Casina

Nel 2014, in fase di esecuzione della Microzonazione Sismica di I Livello per il comune di Urbania sono state raccolte numerose colonne stratigrafiche relative a sondaggi eseguiti negli anni precedenti. Due di questi sono ubicati appena a valle della Strada Provinciale dei Fangacci e rappresentano molto bene la situazione litostratigrafica dell'area denominata "La Casina", ricadente a monte della stessa strada. In questo caso lo spessore del deposito alluvionale è di circa 10 m con presenza di ghiaia nella parte basale e medio-basale e presenza di limo sabbioso debolmente argilloso nella parte superiore.

D10 – Cal Terrazzano

In questo caso si dispone dei risultati di n° 5 penetrometrie statiche eseguite nel 2017. La coltre di origine alluvionale, di spessore pari a circa 12-13 m, è caratterizzata da un'alternanza di limi sabbioso-argillosi, limi argillosi e ghiaie in matrice limoso-sabbiosa. Le ghiaie sono presenti solo oltre i 4 m di profondità.

5.3. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA

In tutti e tre i casi la rete di deflusso è rappresentata da cunette, chiavicotti stradali e sistemazioni idraulico-agrarie che recapitano le acque al Fiume Metauro attraverso corsi d'acqua minori, demaniali e non demaniali.

Dal punto di vista idrogeologico il comportamento del substrato, costituito da marne ed arenarie, è diverso dal comportamento dei sedimenti eluvio-colluviali ed alluvionali sciolti. Le marne e le arenarie intercalate a materiale pelitico risultano in generale poco permeabili favorendo il ruscellamento superficiale a scapito delle infiltrazioni anche se la fratturazione e la presenza di materiale sabbioso

poco cementato possono creare condizioni favorevoli alla circolazione di falde profonde con portata limitata e d'interesse esclusivamente locale.

I sedimenti alluvionali di fondovalle in base al loro spessore ed in rapporto alla loro granulometria costituiscono la struttura di acquiferi caratterizzati da permeabilità primaria (per porosità). In particolare le ghiaie in matrice limoso sabbiosa, ove presenti, sono dotate di notevole permeabilità ed esercitano anche nei confronti dei livelli più superficiali del deposito una notevole azione drenante.

D4 – Cà Ciccolino

Il corso d'acqua demaniale più vicino è rappresentato dal "Fosso il Gesso" che scorre alla distanza di circa 30 m dal limite Nord dell'attuale area D4. Il fosso risulta ben inciso e presenta quindi un alveo che può assorbire molto bene gli eventi di piena senza produrre fenomeni di esondazione.

Riguardo alla falda, si evidenzia che nel corso del sondaggio del 2003, eseguito a limitata distanza dal corso d'acqua, sul lato destro, è stata misurata una profondità della superficie piezometrica pari a 5.20 m.

D4 – La Casina

Il corso d'acqua demaniale più vicino è rappresentato dal "Fosso di San Giovanni" che scorre a soli 5 m dal limite SE dell'attuale area D4. L'analisi idraulica di questo fosso, eseguita nel 2017-2018 in occasione dell'inserimento nel P.R.G. della vicina area D10 di "Cal Terrazzano", mise in evidenza il possibile coinvolgimento dell'area di "La Casina", ubicata sul lato sinistro del corso d'acqua. Per questa ragione, il ripristino della destinazione agricola è da ritenere sicuramente opportuno.

Riguardo alla falda, i sondaggi eseguiti in passato sul lato a valle della Strada Provinciale dei Fangacci, hanno consentito di collocare la superficie piezometrica a profondità di 8.70-9.00 m.

D10 – Cal Terrazzano

Il deflusso delle acque superficiali è principalmente favorito dalla presenza del Fosso di Cal Terrazzano il cui alveo è ubicato circa 75 m a SE dell'area di interesse a quote più basse di circa 15 m. Essendo caratterizzato da un bacino idrografico decisamente ridotto e da un alveo fortemente inciso, tale corso d'acqua non è in grado di esondare in caso di eventi meteorici intensi e persistenti.

Sul lato NW, alla distanza di circa 60 m è invece presente il già citato Fosso di San Giovanni. In questo caso, l'analisi idraulica del 2017-2018 ha evidenziato la possibile esondazione del corso d'acqua anche sul lato destro, senza tuttavia coinvolgere l'area D10 di "Cal Terrazzano", anche in considerazione della distanza.

La falda freatica non è stata intercettata in modo distinto nel corso delle penetrometrie statiche eseguite nel 2017. Si ritiene, tuttavia, che sul lato del Fosso di Cal Terrazzano possa collocarsi alla base del deposito alluvionale, oltre i 10 m di profondità. Sul lato opposto, in direzione del Fosso di San Giovanni, la superficie piezometrica dovrebbe invece attestarsi su profondità minori rispetto al piano di campagna.

6. CONCLUSIONI

Nel corso della presente relazione sono stati esposti i risultati degli studi geologici, geomorfologici, geotecnici e geofisici sviluppati a corredo della proposta di variante al vigente Piano Regolatore Generale del comune di Urbania (PU).

Lo studio è stato focalizzato in particolare sull'area di Santa Maria del Piano, dove è previsto l'insediamento di una nuova Zona Produttiva D4 e dove sono ipotizzati lievi aggiornamenti a Zone F3 e F4. Per contro, sono state caratterizzate solo sommariamente le aree ubicate in località Cà Ciccolino, La Casina e Cal Terrazzano, attualmente a destinazione produttiva (Zone D), per le quali è invece previsto il ripristino della destinazione agricola (Zone E).

In estrema sintesi, il sito di Santa Maria del Piano presenta condizioni molto favorevoli all'urbanizzazione, condizioni che possono essere riassunte nel modo che segue:

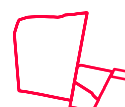
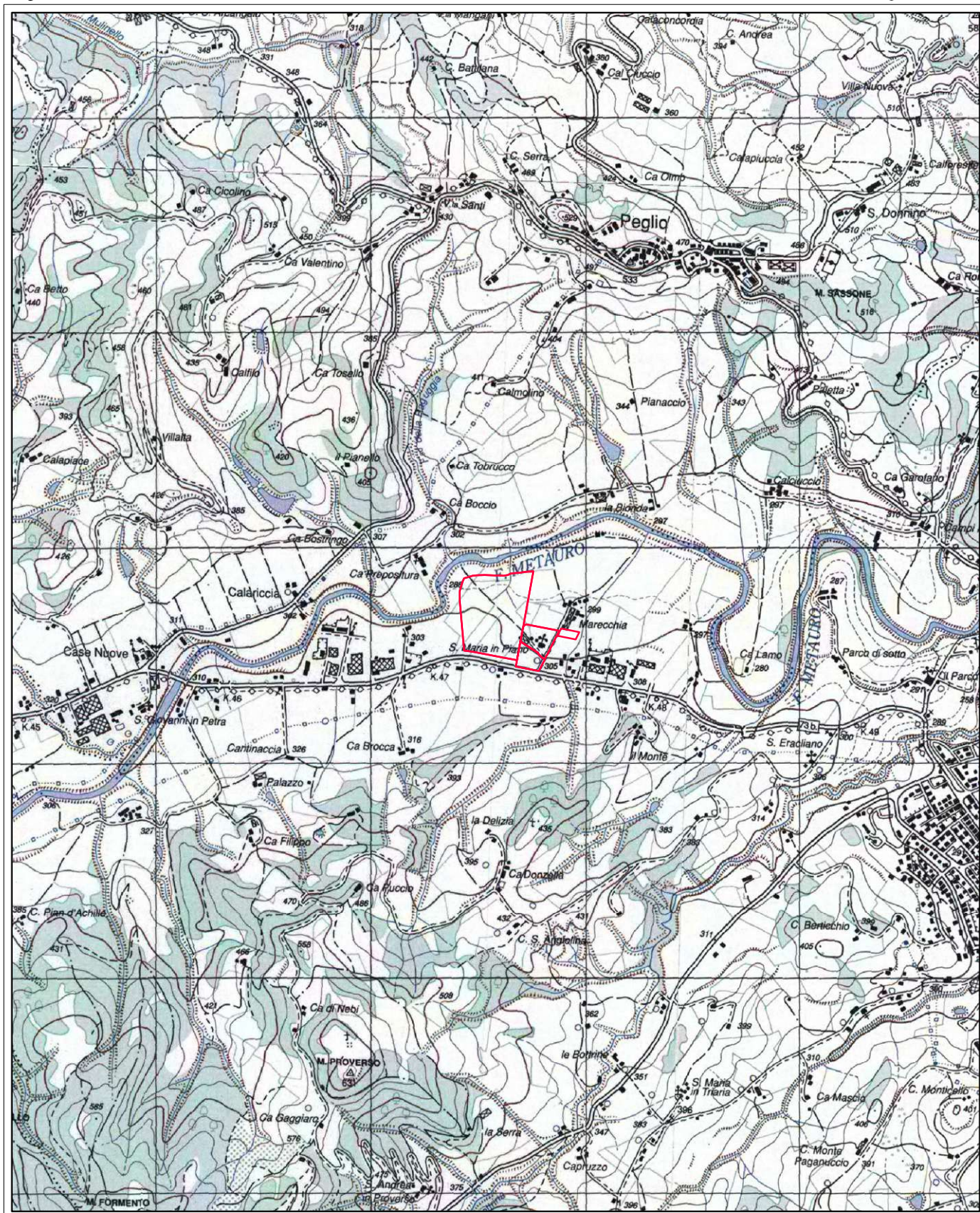
- a) ubicazione su un terrazzo alluvionale a morfologia sub-pianeggiante;
- b) limitato spessore della coltre detritica superficiale (generalmente non superiore a 3 m);
- c) composizione prevalentemente ghiaiosa del deposito alluvionale, quantomeno nella sua parte medio-basale;
- d) elevata capacità di infiltrazione del terreno che consente di modulare molto bene portate del reticolo idrografico locale costituito da cunette, scoline, fossi, ecc;
- e) notevole elevazione dell'area rispetto all'alveo del Fiume Metauro (circa 12-14 m).

CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

scala 1:25000

Foglio 279 - Urbino

Sezione III - Sant'Angelo in Vado



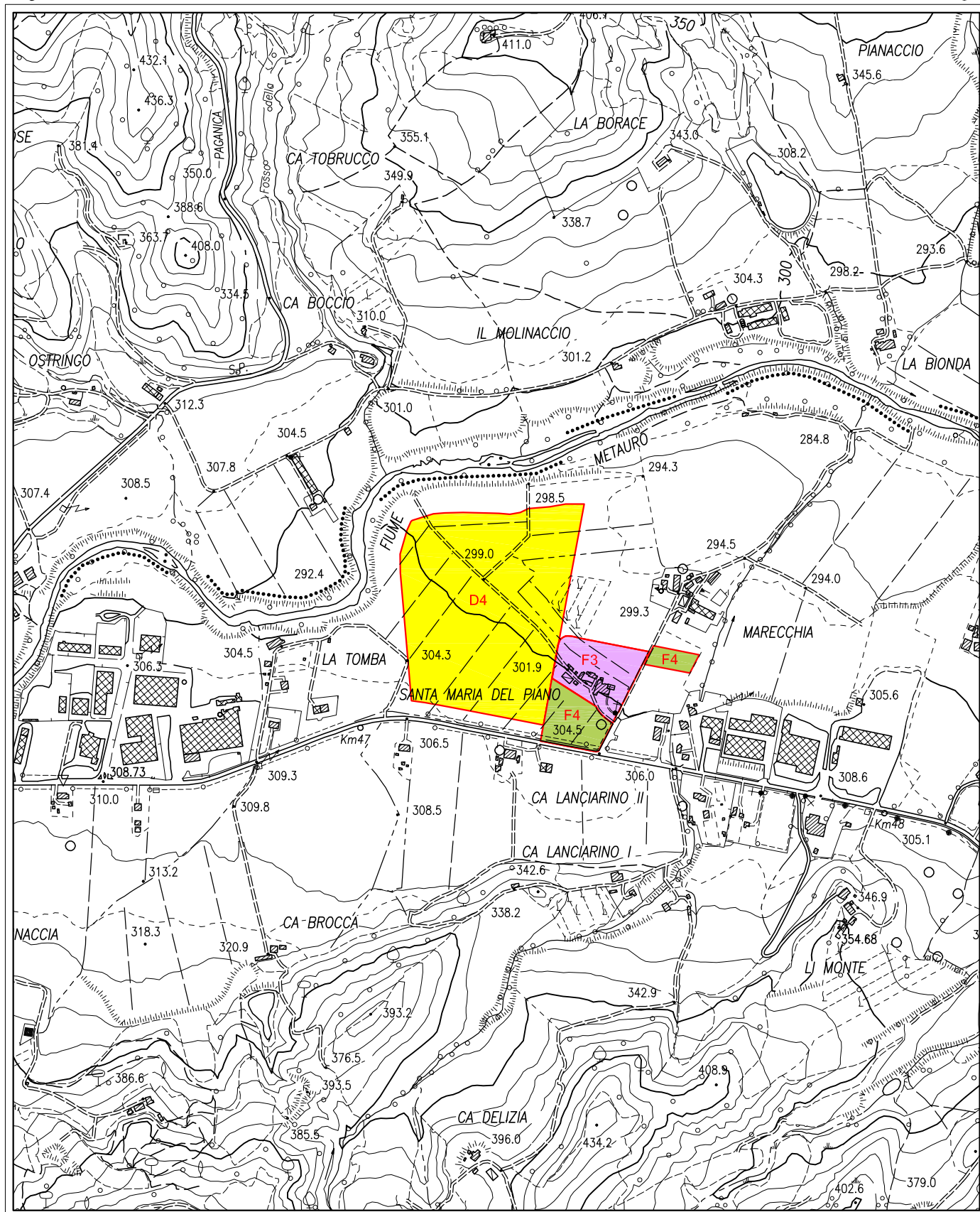
AREA IN STUDIO

CARTA TECNICA NUMERICA REGIONE MARCHE

scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sezione 279100 - Peglio



ZONA D4



ZONA F3



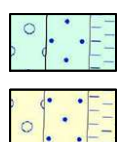
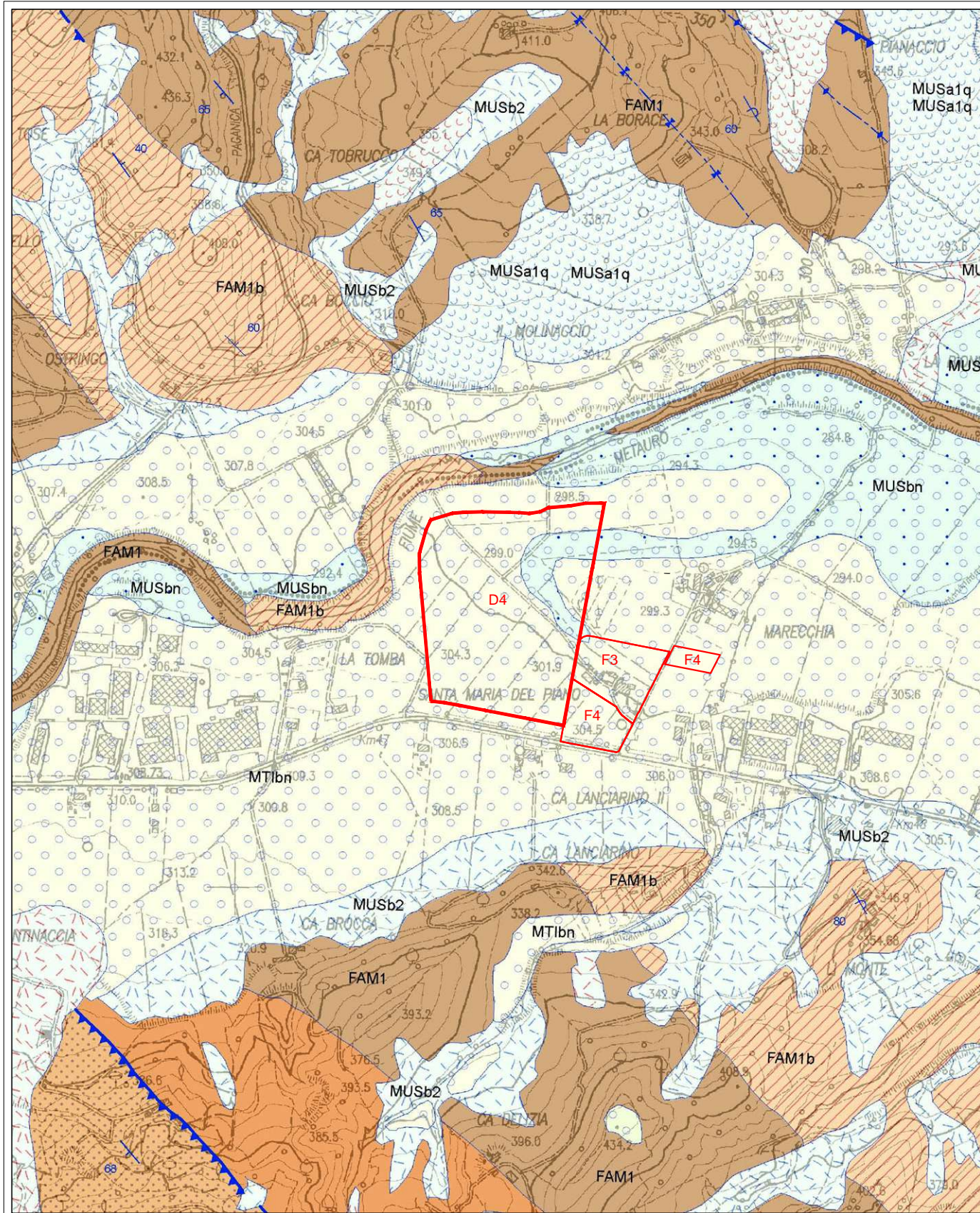
ZONA F4

CARTA GEOLOGICA REGIONE MARCHE

scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sezione 279100 - Peglio



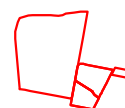
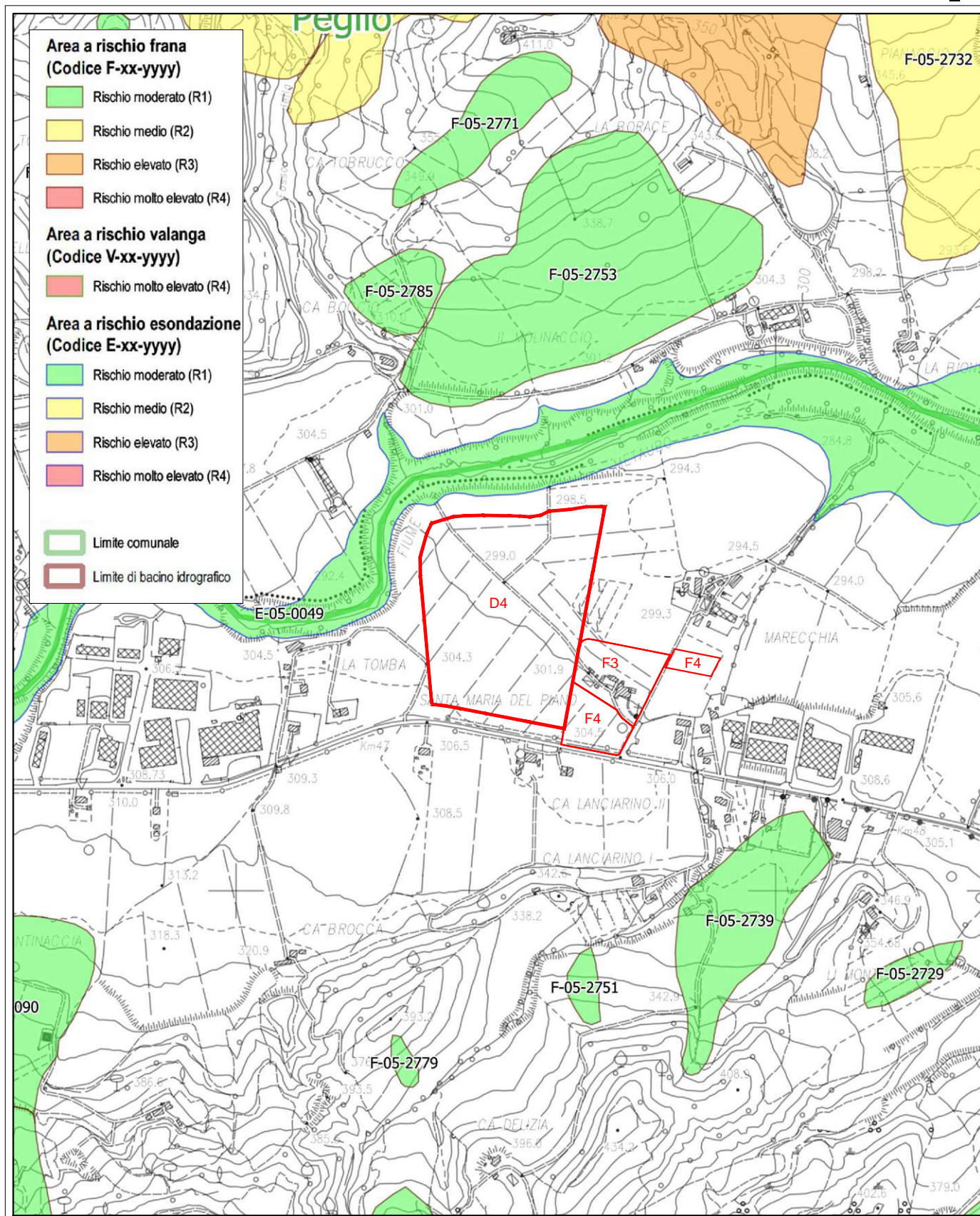
MUSbn: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

MTlbn: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI



FAM1: FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA MARCHIGIANA
MEMBRO DI SANT'ANGELO IN VADO

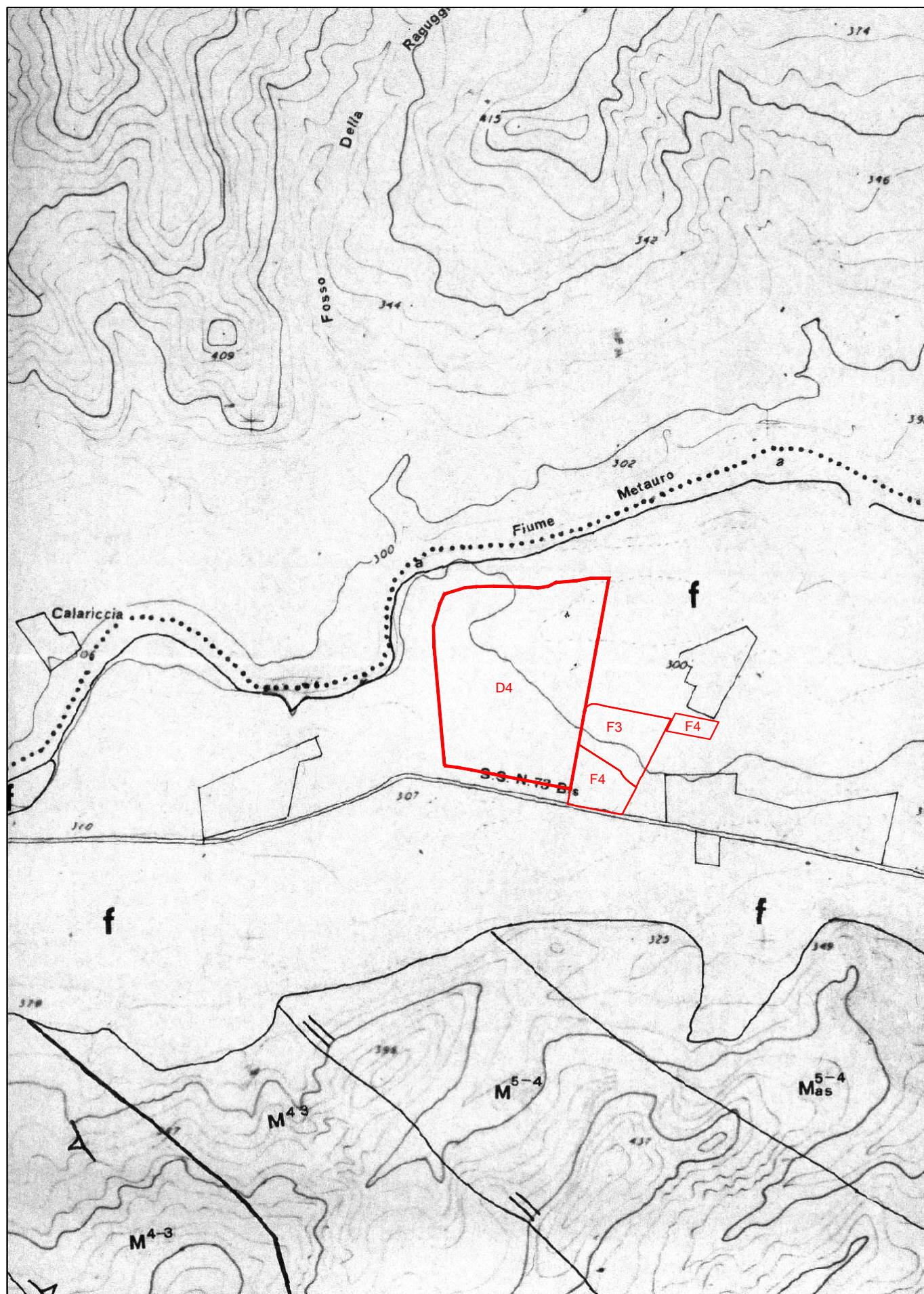
FAM1b: FORM. MARNOSO ARENACEA MARCHIGIANA
LITOFACIES DI URBANIA



AREA D'INTERVENTO

PIANO REGOLATORE GENERALE












SCALA 1:10000



TAV. 8.b - CARTA GEOLOGICA E SEZIONI

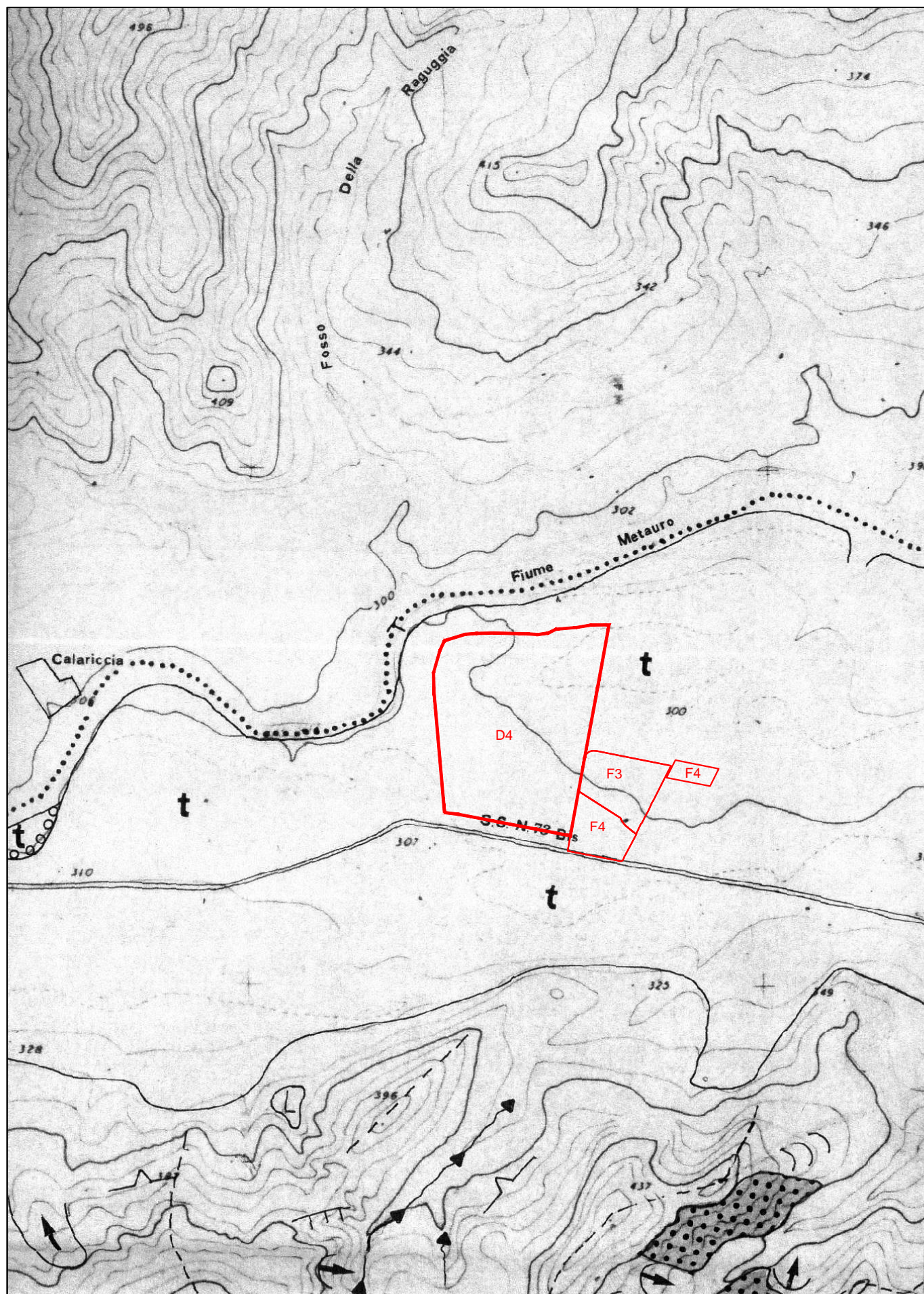
LEGENDA TAVOLA 8.b

d_t	DETRITO DI FALDA
a	ALVEO FLUVIALE
f	ALLUVIONI TERRAZZATE DEL IV E III ORDINE
f^2	ALLUVIONI TERRAZZATE DEL II ORDINE
F	FRANOSITA' DIFFUSA E/O MORFOLOGIA CALANCHIVA
M_{3a}^5	FORMAZIONE A COLOMBACCI. MESSINIANO SUPERIORE
M_2^5	FORMAZIONE GESSOSO SOLFIFERA. MESSINIANO MEDIO
M_{2g}^5	"GESSO NODULARE". MESSINIANO MEDIO
M_1^5	FORMAZIONE DEI GHIOLI DI LETTO. MESSINIANO INF. - TORTONIANO SUP.
M^{5-4}	FORMAZIONE MARNOSO ARENACEA. TORTONIANO - SERRAVALLIANO - LANGHIANO
M_{as}^{5-4}	"ARENARIE DI URBANIA" - ARENARIE GROSSOLANE CON BLOCCHI SILTOSI E MARI MESSINIANO - TORTONIANO
M_{sc}^{5-4}	"ARENARIE GROSSOLANE E CIOTTOLOSE. MESSINIANO - TORTONIANO
M_f^{5-4}	ARENARIE GROSSOLANE E FINI IN FACIES TORBIDITICA
M_{ap}^{5-4}	ARENARIE PELITICHE. MESSINIANO - TORTONIANO
M^{4-3}	FORMAZIONE DELLO SCHLIER. TORTONIANO - SERRAVALLIANO
M^2	FORMAZIONE DEL BISCIARO. LANGHIANO - AQUITANIANO
$M^1 - E^3$	FORMAZIONE DELLA SCAGLIA GRIGIA. MIOCENE AQUITANIANO - EOCENE PRIABONI
E^{3-2}	FORMAZIONE DELLA SCAGLIA VARIEGATA. PRIABONIANO - LUTEZIANO
$E^2 - C^6$	FORMAZIONE DELLA SCAGLIA ROSSA. LUTEZIANO - TURONIANO
C^{5-3}	FORMAZIONE DELLE MARNE A FUCOIDI. CENOMANIANO - APTIANO
$C^3 - G^{11}$	FORMAZIONE DELLA MAIOLICA. APTIANO - TITONIANO
G^{11-8}	"CALCARI DIASPRINI UMBRO-MARCHIGIANI". TITONICO - CALLOVIANO
$G_1 - 2$	FORMAZIONE DEL BOSSO. LIAS TOARCIANO - DOGER BATONIANO
G_1	FORMAZIONE DELLA CORNIOLA. LIAS MEDIO - DOMERIANO - SINEMURIANO

	LIMITE DI FORMAZIONE
	FAGLIA
	ASSE DI ANTICLINALE
	ASSE DI SINCLINALE
	STRATI DA ORIZZONTALI A LEGGERMENTE INCLINATI (0° - 20°)
	STRATI INCLINATI (20° - 45°)
	STRATI A FORTE INCLINAZIONE (45° - 80°)
	STRATI VERTICALI E SUBVERTICALI
	STRATI RIBALTATI
	STRATI ONDULATI
	TRACCIA DI SEZIONE

PIANO REGOLATORE GENERALE




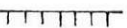
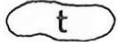
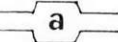
SCALA 1:10000










TAV. 8.c - CARTA GEOMORFOLOGICA

LEGENDA TAVOLA 8.c







MORFOMETRIA

	SPARTIACQUE PRINCIPALE
	PENDIO IRREGOLARE
	LIMITE DI TERRAZZO FLUVIALE (ORLO SUPERIORE)
	SCARPATA ROCCIOSA IN EVOLUZIONE
	TERRAZZO FLUVIALE
	LETTO FLUVIALE

FORME DI EROSIONE IDRICA

	EROSIONE DIFFUSA SUL VERSANTE PER RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE
	EROSIONE A RIGAGNOLI
	EROSIONE A FOSSI
	EROSIONE FLUVIALE LATERALE
	EROSIONE DI FONDO
	AREE A MORFOLOGIA CALANCHIVA
	AREE SOGGETTE A PROCESSO EROSIVO ACCELERATO

FORME DI MOVIMENTO DI MASSE

	FRANE ANTICHE A DIVERSO GRADO DI CONSOLIDAMENTO E DI ESTESE DIMENSIONI
	FRANE RECENTI PER SCIVOLAMENTO O SCOSCENDIMENTO
	FRANE DI DIMENSIONI RIDOTTE
	SMOTTAMENTI, SCOLLAMENTI SUPERFICIALI
	CREEP
	AREA IN FORTE EROSIONE E FRANOSITA' DIFFUSA

FORME DI ANTROPIZZAZIONE



PONTI



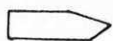
BRIGLIE



SPECCHI D'ACQUA



CAVE



AREE EDIFICATE E/O URBANE



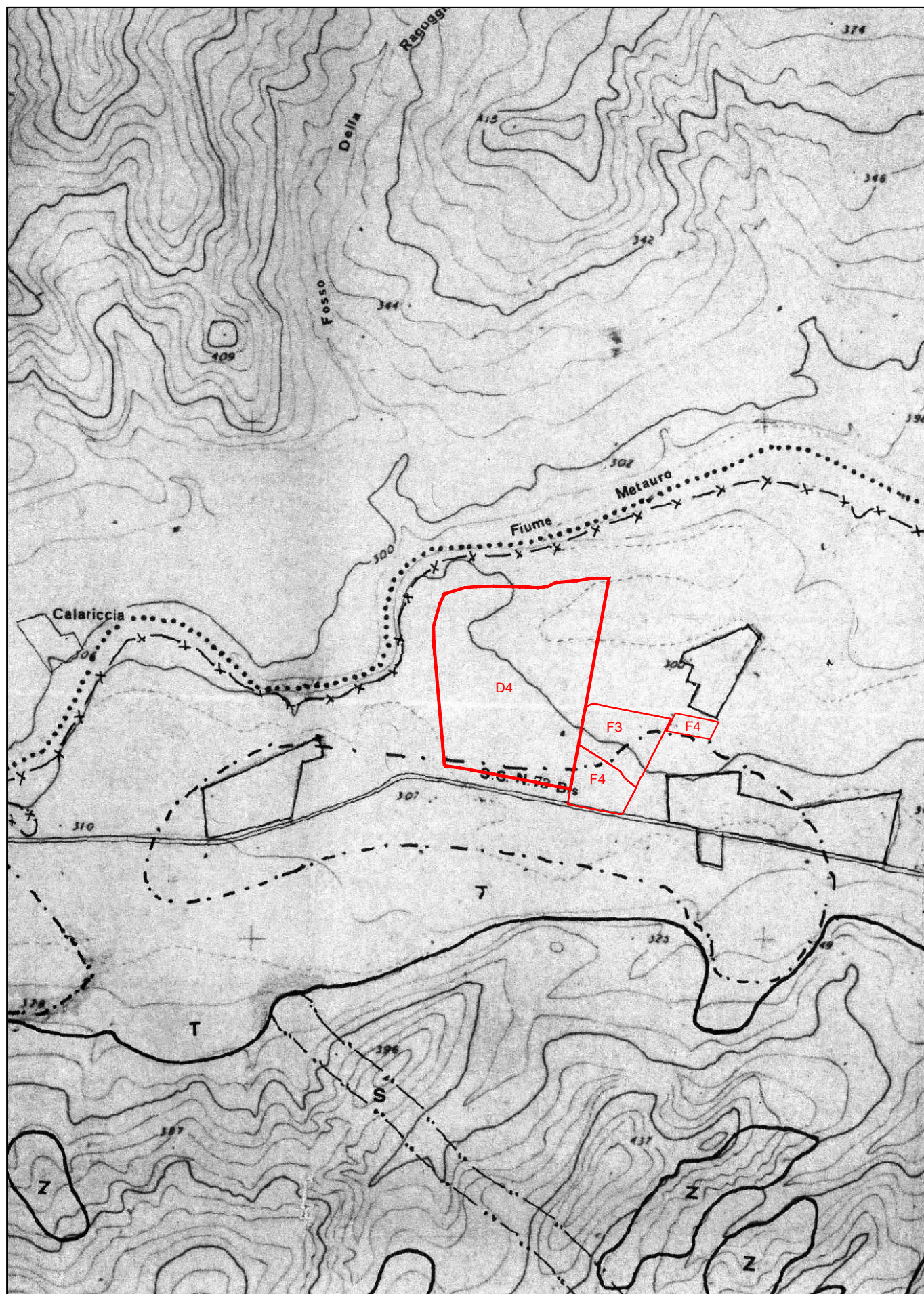
DISCARICHE DI RIFIUTI SOLIDI

CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E DEGLI SCENARI SISMICI

Allegato 7

PIANO REGOLATORE GENERALE

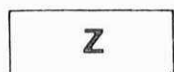
SCALA 1:10000



TAV. 8.g - CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E DEGLI EVENTI SISMICI

LEGENDA TAVOLA 8.g

Carta delle Pericolosità Geologiche



AREE INTERESSATE DA FRANE RECENTI O ANTICHE, CALANCHI, EROSIONE ACCELERATA, FRANOSITA' DIFFUSA, EROSIONE FLUVIALE DI FONDO E LATERALE, ECC.



AREE INTERESSATE DA VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO

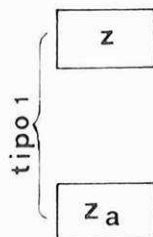


AREE DI EMERGENZA GEOLOGICA (SERIE STRATIGRAFICA DALLA FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA ALLA FORMAZIONE A COLOMBACCI)



AREA DI EMERGENZA GEOMORFOLOGICA (GOLA CANDIGLIANO)

Carta degli Scenari Sismici piu' problematici



AREE CARATTERIZZATE DA FRANE RECENTI E QUIESCENTI, CALANCHI

AREE POTENZIALMENTE FRANOSE:

- AREE CARATTERIZZATE DA INDIZI DI INSTABILITA' SUPERFICIALE E DA CIRCOLAZIONE IDRICA DIFFUSA;
- AREE CON COPERTURA DETRITICA E INTERESSATA DA EROSIONE AL PIEDE;
- AREE ECCESSIVAMENTE ACCLIVI IN RAPPORTO AL SUBSTRATO ROCCIOSO, AL SUO STATO FISICO E ALLE CONDIZIONI DI GIACITURA DEGLI STRATI

tipo 2

Y

AREE CARATTERIZZATE DA DEPOSITI SUPERFICIALI DI CARATTERISTICHE MECCANICHE PARTICOLARMENTE SCADENTI

tipo 3

U

AREE DI CRESTA ROCCIOSA, CUCUZZOLO E DORSALE, DI BORDO E CIGLIO SCARPATA

tipo 4

T

AREE DI FONDOVALLE, PEDEMONTANE DI FALDA DI DETRITO

tipo 5

S

AREE DI BRUSCA VARIAZIONE LITOLOGICA E DI CONTATTO TRA LITOTIPI AVENTI CARATTERISTICHE MECCANICHE MOLTO DIVERSE

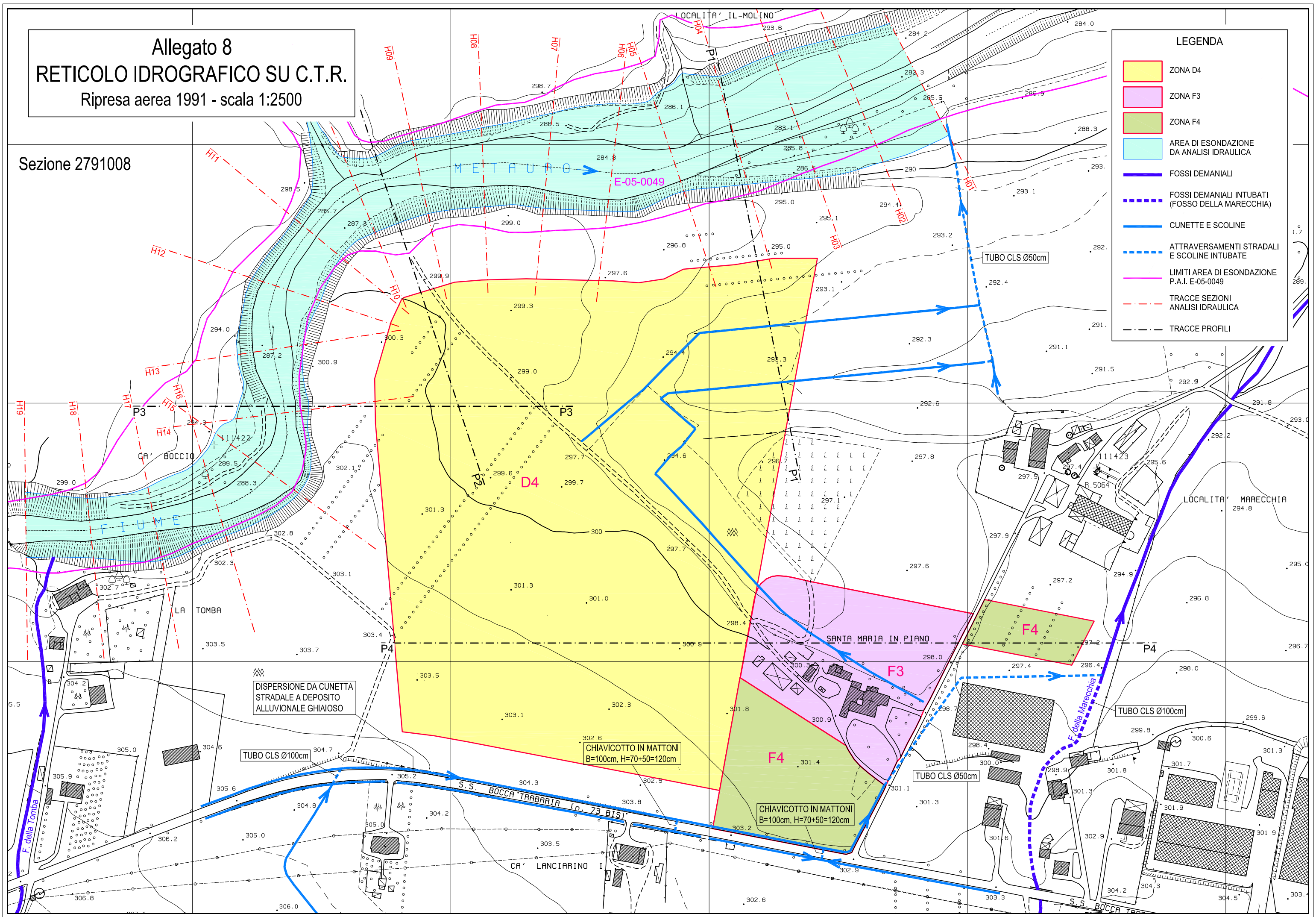
tipo 6

R

AREE CON PRESENZA NEGLI STRATI SUPERFICIALI DI DEPOSITI SABBIOSI SCIOLTI, INTERESSATI DA FALDA ACQUIFERA SUPERFICIALE

Allegato 8
RETICOLO IDROGRAFICO SU C.T.R.
Ripresa aerea 1991 - scala 1:2500

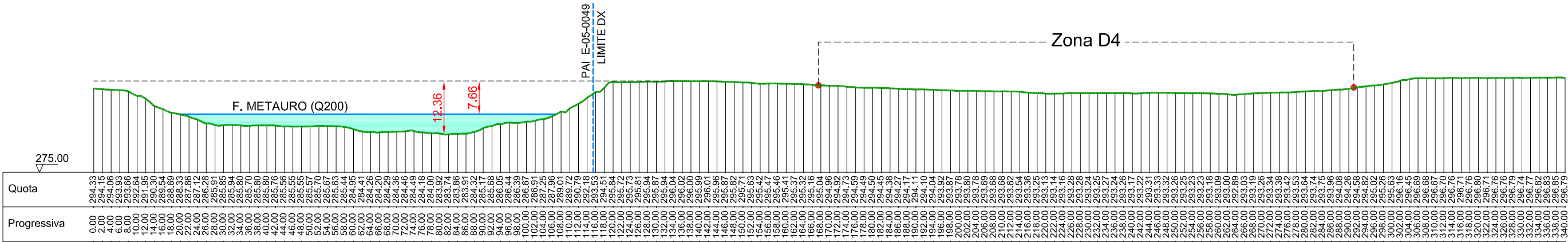
Sezione 2791008



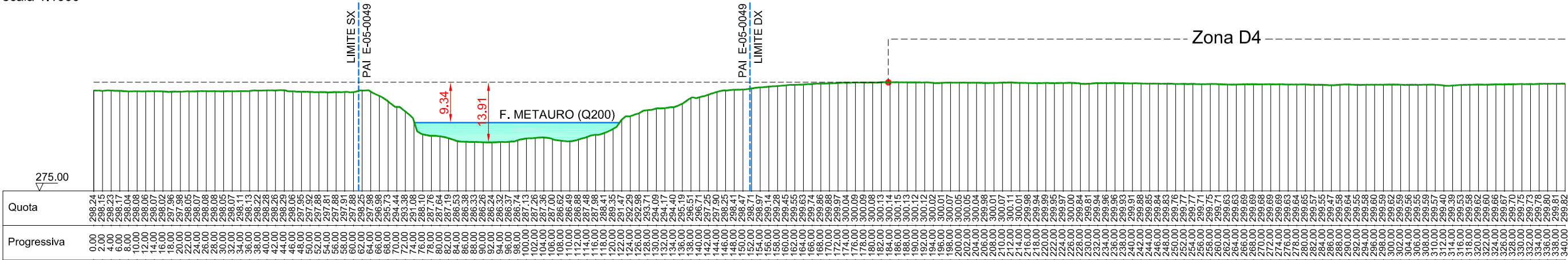
LEGENDA

- ZONA D4
- ZONA F3
- ZONA F4
- AREA DI ESONDAZIONE DA ANALISI IDRAULICA
- FOSSI DEMANIALI
- FOSSI DEMANIALI INTUBATI (FOSSO DELLA MARECCHIA)
- CUNETTE E SCOLINE
- ATTRAVERSAMENTI STRADALI E SCOLINE INTUBATE
- LIMITI AREA DI ESONDAZIONE P.A.I. E-05-0049
- TRACCE SEZIONI ANALISI IDRAULICA
- TRACCE PROFILI

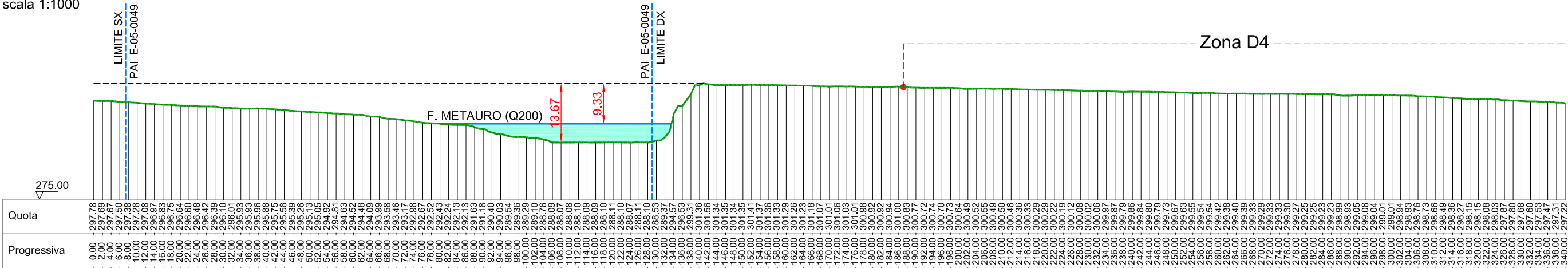
PROFILO P1
scala 1:1000



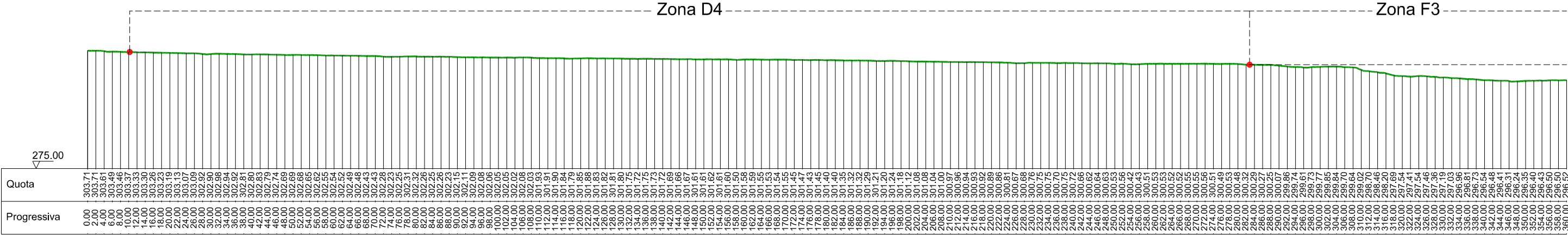
PROFILO P2
scala 1:1000



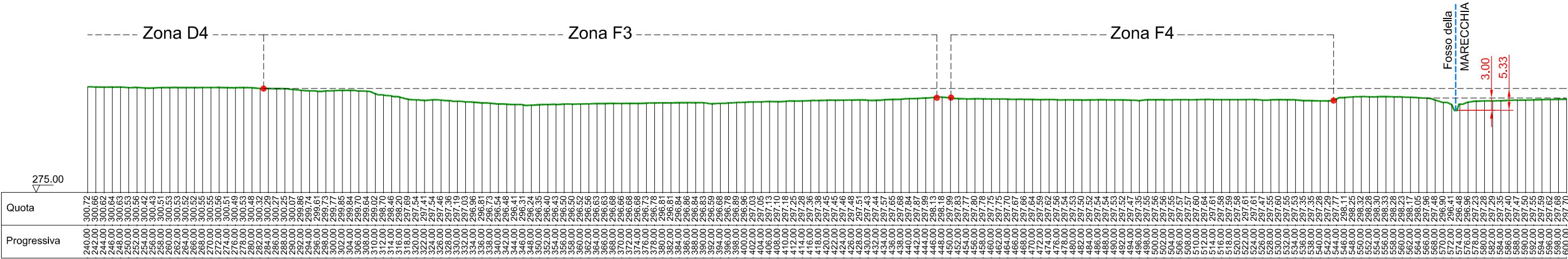
PROFILO P3
scala 1:1000



PROFILO P4 (da 0 a 360 m)
scala 1:1000



PROFILO P4 (da 240 a 600 m)
scala 1:1000



Allegato 10
CARTA DELLE INDAGINI
scala 1:2000

LEGENDA

- ZONA D4
- ZONA F3
- ZONA F4
- SONDAGGIO A ROTAZIONE (CON ANNO DI ESECUZIONE)
- PENETROMETRIA DINAMICA
- PROVA SISMICA PASSIVA HVSR
- PROVA SISMICA ATTIVA MASW

The map shows the following features:

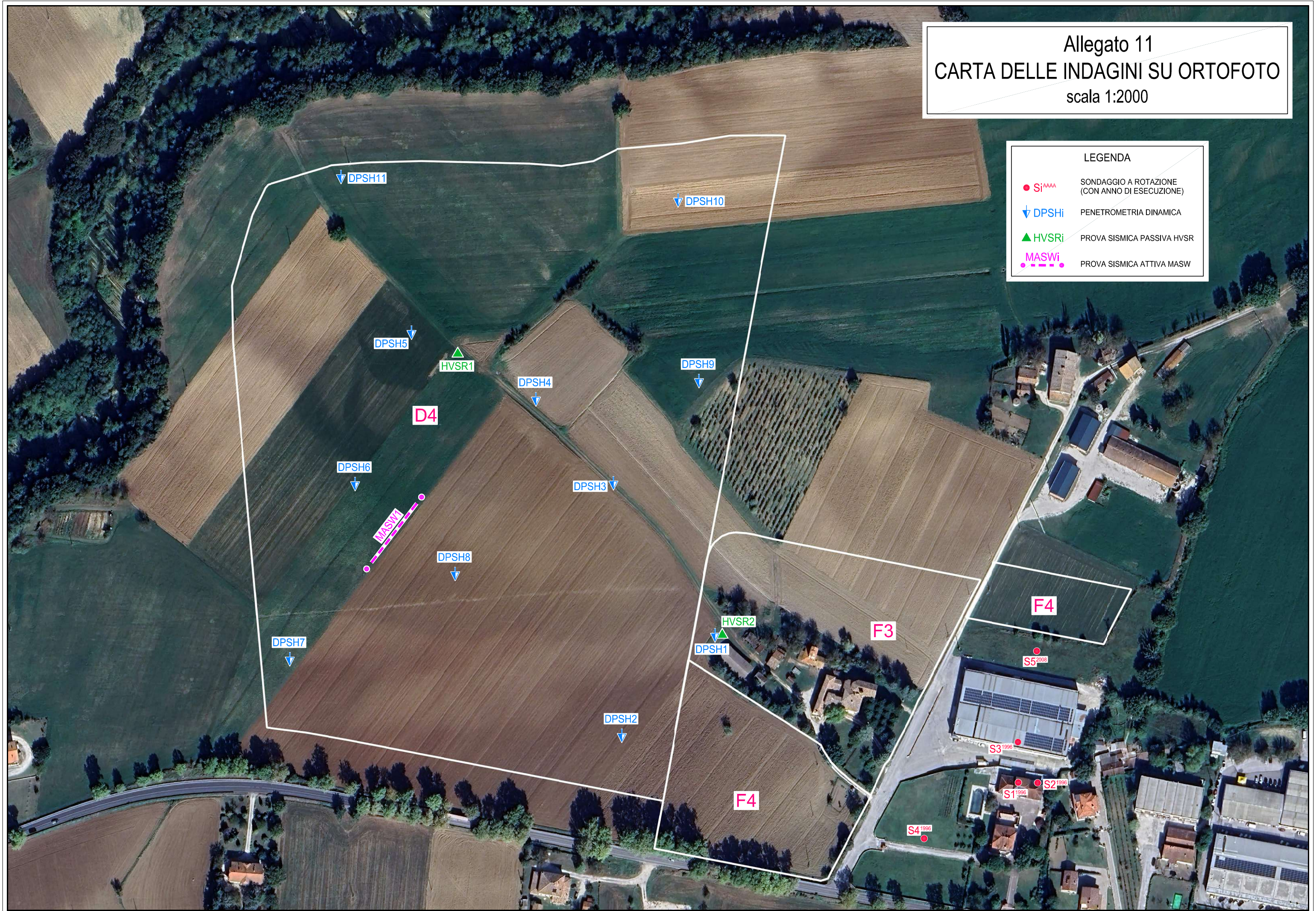
- ZONA D4** (Yellow): A large area in the center-left, bounded by a red line.
- ZONA F3** (Pink): An area in the center-right, bounded by a red line.
- ZONA F4** (Green): An area in the bottom-right, bounded by a red line.
- Topographic Contours**: Lines with elevations ranging from 284.8 to 305.2.
- Grid**: A coordinate grid with letters A through S and numbers 1 through 30.
- Survey Points**:
 - DPSH** (Dynamic Penetration): Indicated by blue arrows and labels (DPSH1, DPSH2, DPSH3, DPSH4, DPSH5, DPSH6, DPSH7, DPSH8, DPSH9, DPSH10, DPSH11).
 - HVSR** (Passive Seismic): Indicated by green triangles and labels (HVSR1, HVSR2).
 - MASW** (Active Seismic): Indicated by a pink dashed line and label (MASW1).
 - Rotational Drilling**: Indicated by red dots and labels (S1¹⁹⁹⁶, S2¹⁹⁹⁶, S3¹⁹⁹⁶, S4¹⁹⁹⁶, S5²⁰⁰⁸).
- Other Features**:
 - Localities**: METAURO (top), SANTA MARIA IN PIANO (center-right), LOCALITA' MARECCO (far right).
 - Infrastructure**: A road labeled 'S.S. BOCCA TRABARIA (n. 73 BIS)' at the bottom.
 - Buildings**: Several building footprints are shown, particularly in the center-right and bottom-right.

PROVA SISMICA ATTIVA MASW

Allegato 11
CARTA DELLE INDAGINI SU ORTOFOTO
scala 1:2000

LEGENDA

● S ⁱ AAAA	SONDAGGIO A ROTAZIONE (CON ANNO DI ESECUZIONE)
↓ DPSHi	PENETROMETRIA DINAMICA
▲ HVSRi	PROVA SISMICA PASSIVA HVSR
● --- MASWi	PROVA SISMICA ATTIVA MASW



Allegato 12

COLONNE STRATIGRAFICHE SONDAGGI A ROTAZIONE

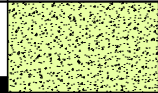

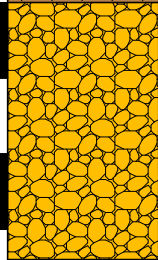
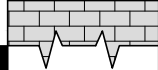

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI
VIA ALDO MORO , 7/9 - 61049 URBANIA (PU)
TEL. 0722 318800 - FAX 0722 311553
C.F. CCCPLA64B22L498B - P.IVA: 01197920414
E-MAIL: paolo.ceccarini@studiogenia.com

COMUNE DI URBANIA (PU)
Loc. SANTA MARIA DEL PIANO

DATA: FEBBRAIO 1996

SONDAGGIO S1

Committente: IMER S.r.l.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H ₂ O	T.V. Kg/cm ²	P.P. Kg/cm ²	CAMP. N.
		0 - TERRENO AGRARIO				
1		1 - LIMO SABBIOSO-ARGILLOSO CON INCLUSIONI CLASTICHE A CONSISTENZA VARIABILE				
2		2 - GHIAIA ALLUVIONALE IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3		3 - ARENARIE E MARNE DEL SUBSTRATO SUPERFICIALMENTE ALTERATE	-3.00 			
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

NOTE:

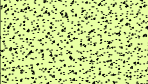
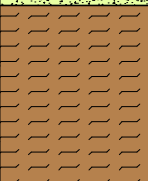
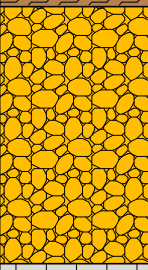
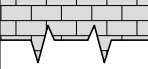
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI
VIA ALDO MORO , 7/9 - 61049 URBANIA (PU)
TEL. 0722 318800 - FAX 0722 311553
C.F. CCCPLA64B22L498B - P.IVA: 01197920414
E-MAIL: paolo.ceccarini@studiogenia.com

COMUNE DI URBANIA (PU)
Loc. SANTA MARIA DEL PIANO

DATA: FEBBRAIO 1996

SONDAGGIO S4

Committente: IMER S.r.l.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H ₂ O	T.V. Kg/cm ²	P.P. Kg/cm ²	CAMP. N.
		0 - TERRENO AGRARIO				
1		1 - LIMO SABBIOSO-ARGILLOSO CON INCLUSIONI CLASTICHE A CONSISTENZA VARIABILE				
2		2 - GHIAIA ALLUVIONALE IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3						
4		3 - ARENARIE E MARNE DEL SUBSTRATO SUPERFICIALMENTE ALTERATE				
5						
6						
7						
8						
9						
10						

-3.20

NOTE:

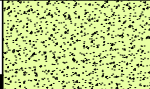

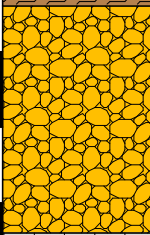





















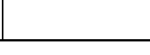


STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA
DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI
VIA ALDO MORO , 7/9 - 61049 URBANIA (PU)
TEL. 0722 318800 - FAX 0722 311553
C.F. CCCPLA64B22L498B - P.IVA: 01197920414
E-MAIL: paolo.ceccarini@studiogenia.com

COMUNE DI URBANIA (PU)
Loc. SANTA MARIA DEL PIANO

DATA: GENNAIO 2008

SONDAGGIO S5

Committente: IMER S.r.l.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H ₂ O	T.V. Kg/cm ²	P.P. Kg/cm ²	CAMP. N.
		0 - TERRENO AGRARIO				
1		1 - LIMO SABBIOSO-ARGILLOSO CON INCLUSIONI CLASTICHE A CONSISTENZA VARIABILE				
2		2 - GHIAIA ALLUVIONALE IN MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3		3 - ARENARIE E MARNE DEL SUBSTRATO SUPERFICIALMENTE ALTERATE				
4						
5						
6						
7						
8						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						
						

Allegato 13

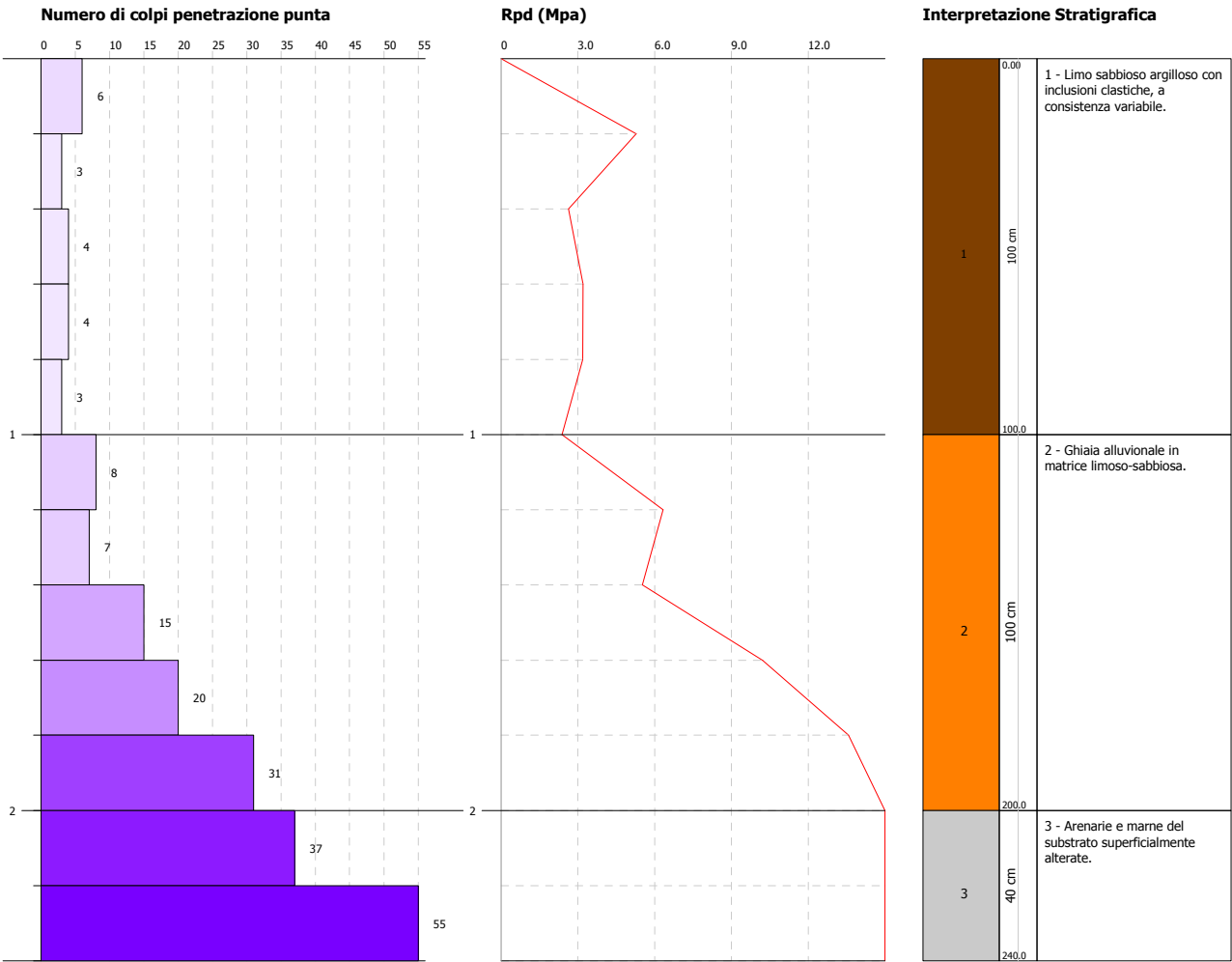
PENETROMETRIE DINAMICHE SUPER-PESANTI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

Scala 1:20

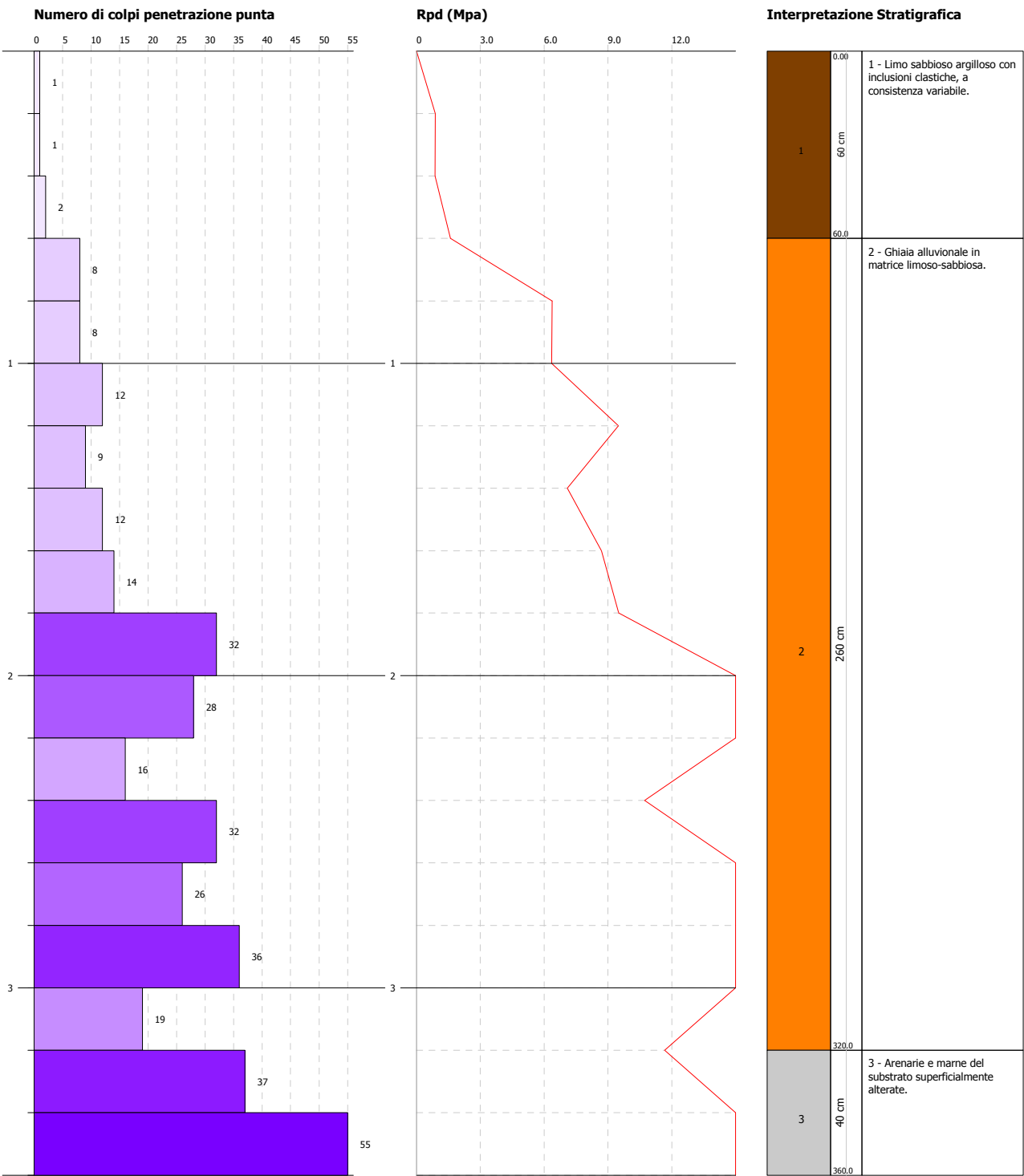


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

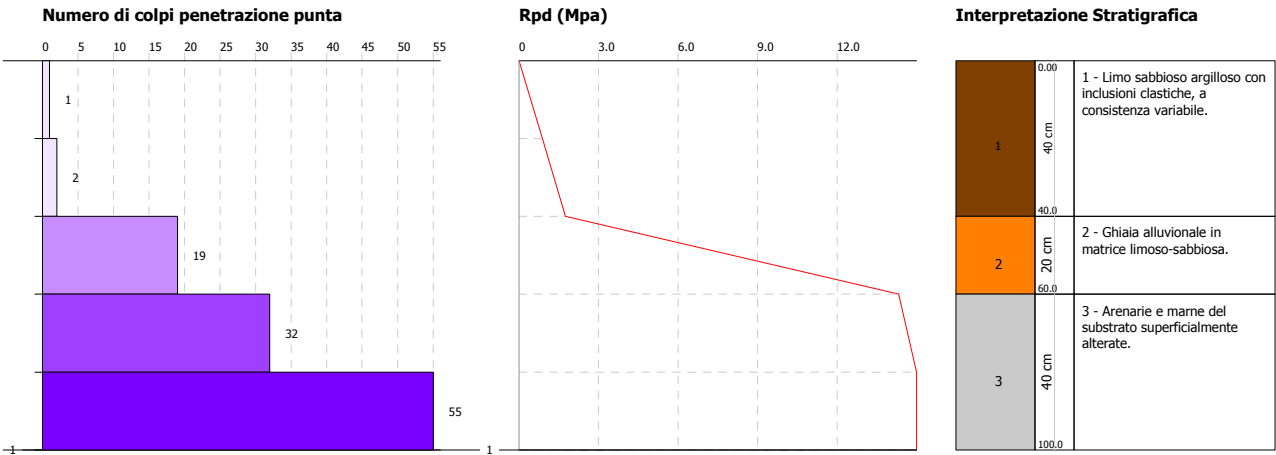
Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :	Amministrazione Comunale di Urbania	Data :18/03/2024
Cantiere :	Santa Maria del Piano	
Località :	Urbania (PU)	

Scala 1:20

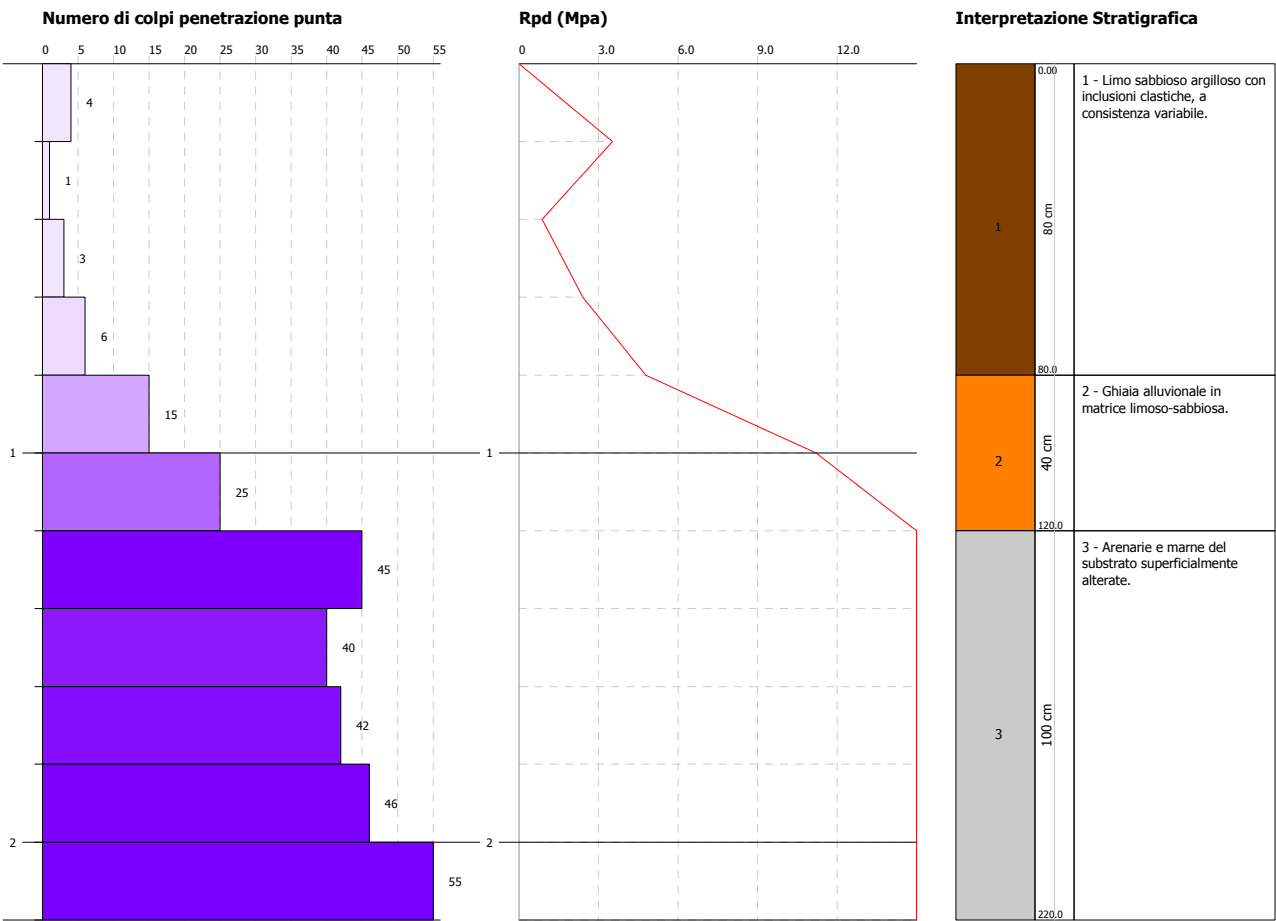


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

Scala 1:20

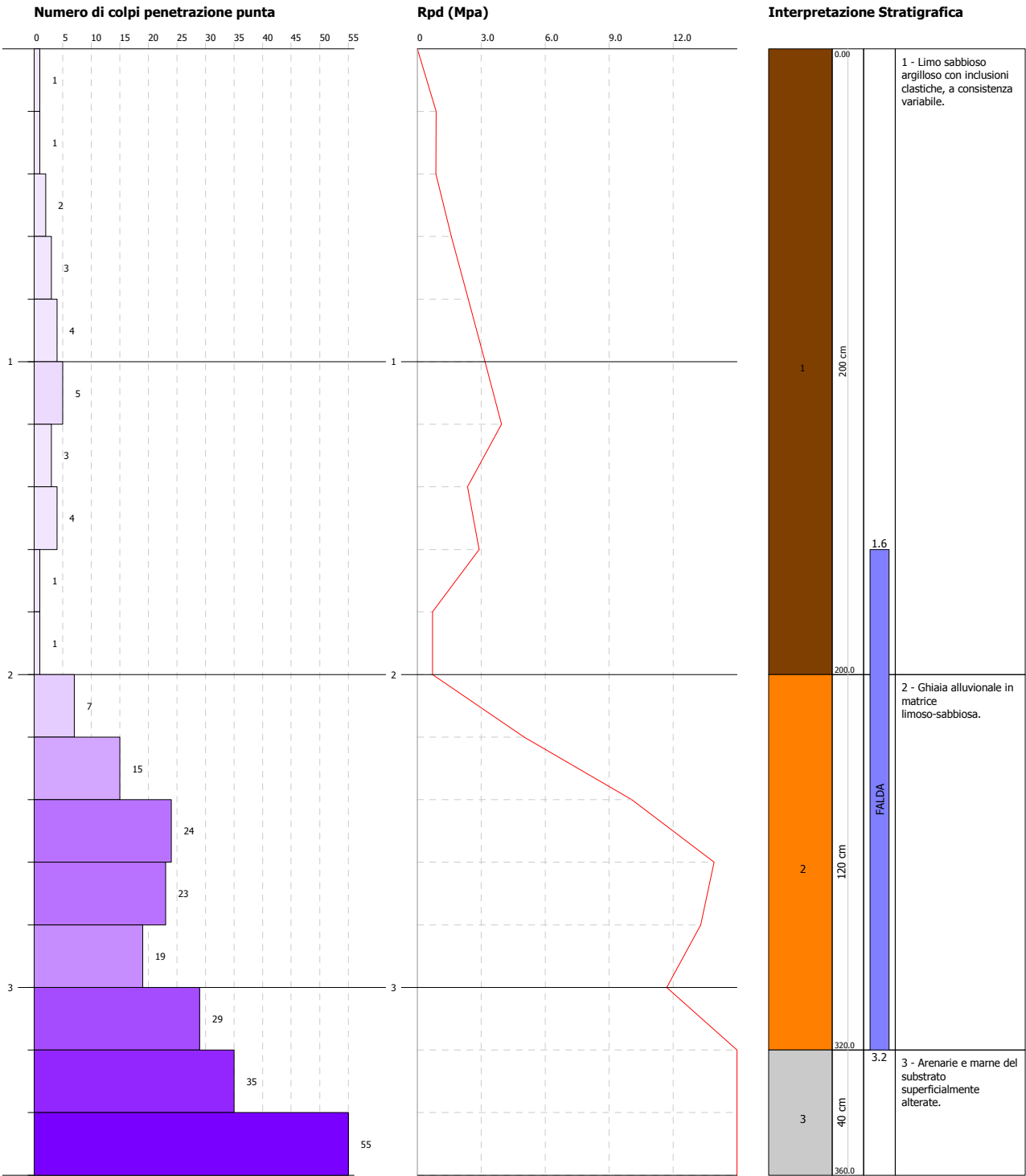


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

Scala 1:20

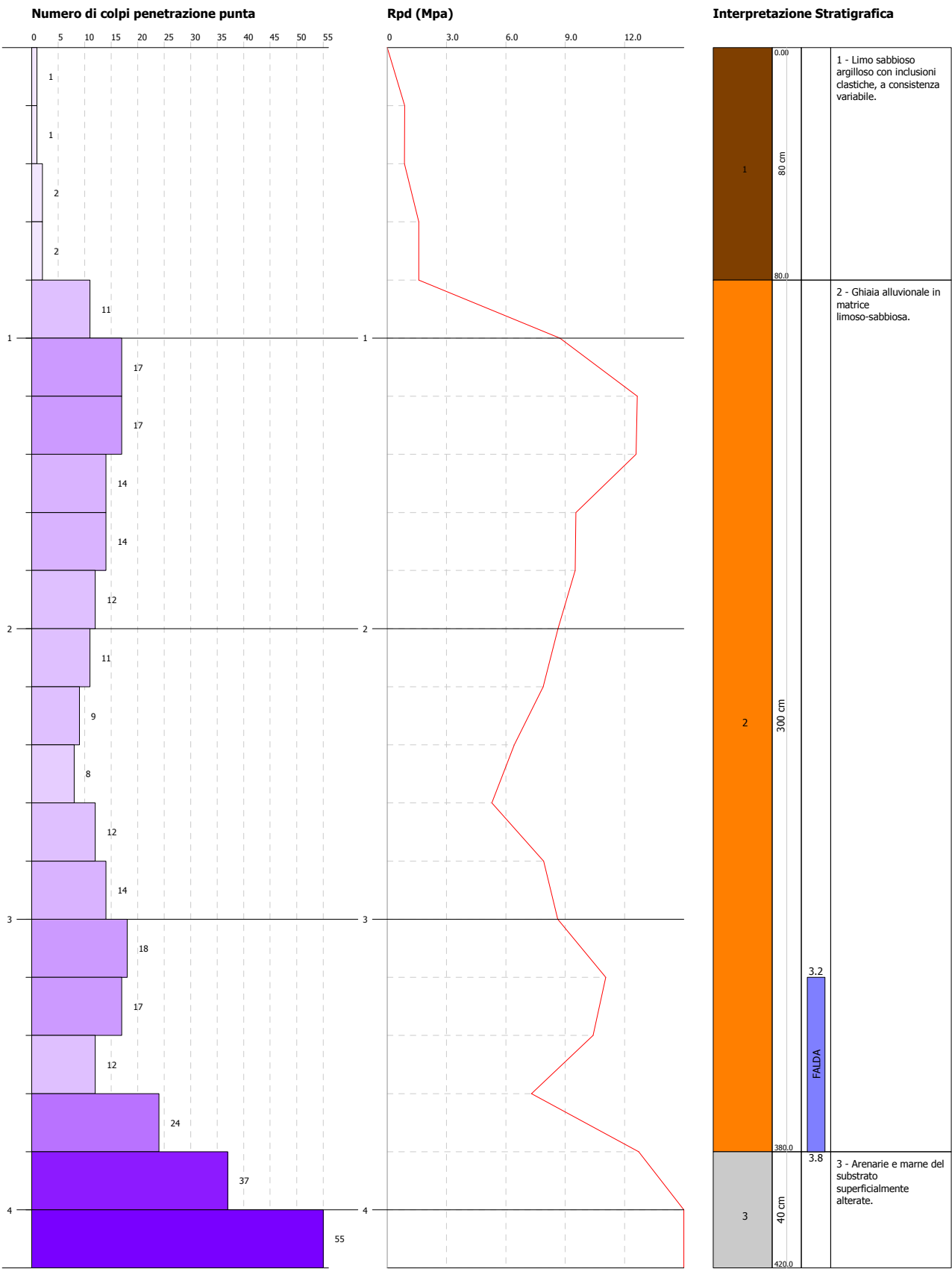


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH8
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

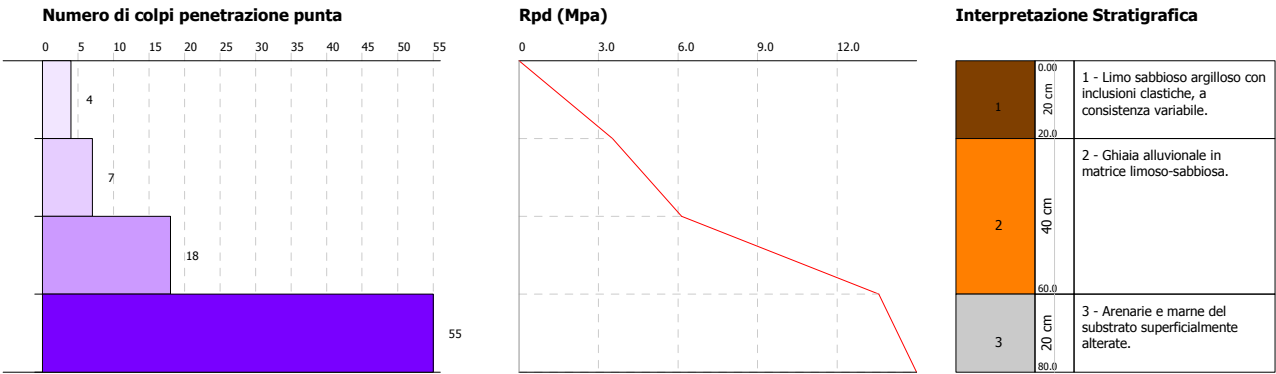
Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH9
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :	Amministrazione Comunale di Urbania	Data :18/03/2024
Cantiere :	Santa Maria del Piano	
Località :	Urbania (PU)	

Scala 1:20

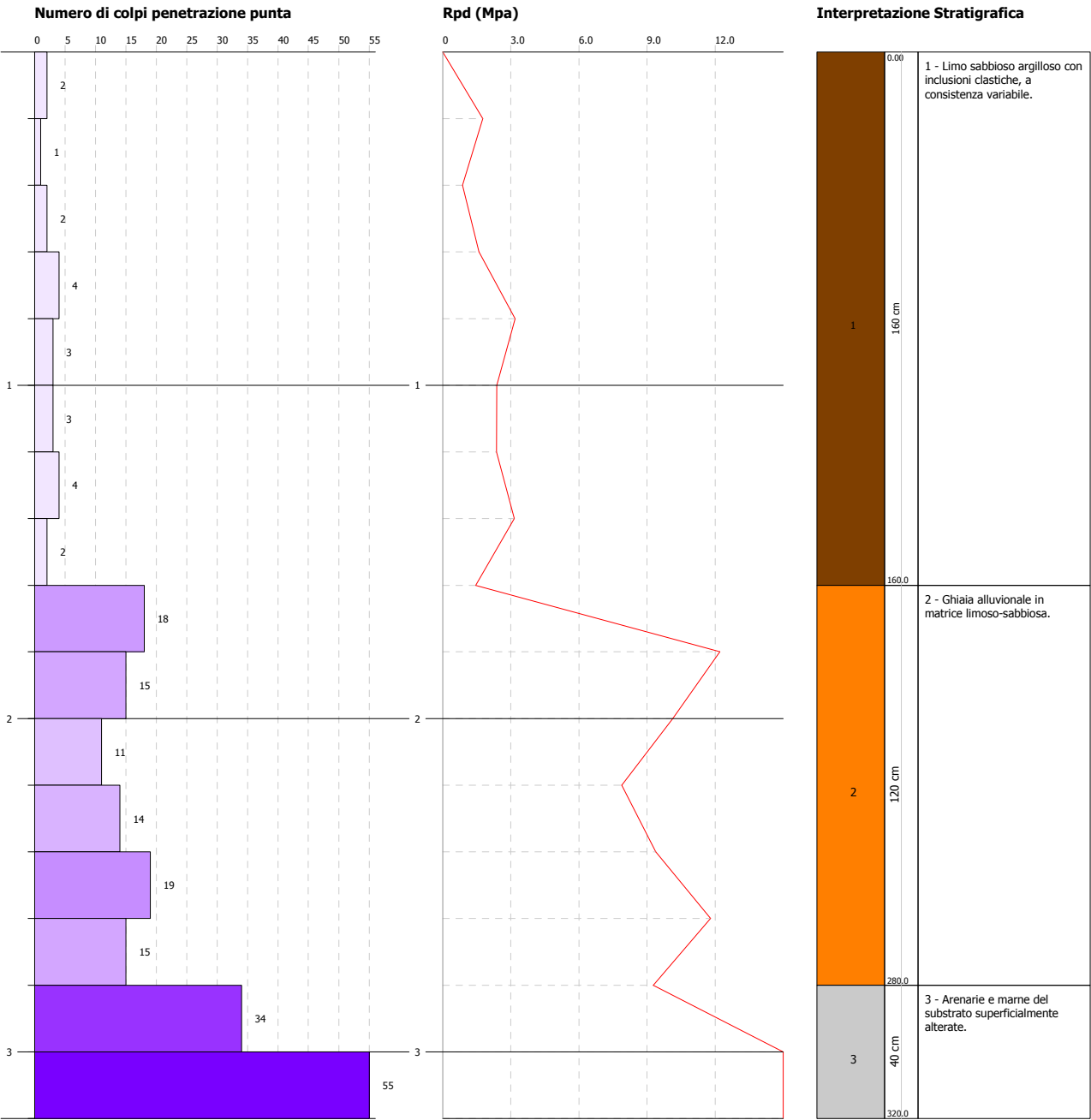


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH11
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere : Santa Maria del Piano
Località : Urbania (PU)

Data :18/03/2024

Scala 1:20



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI

Committente: Amministrazione Comunale di Urbania
Cantiere: Santa Maria del Piano
Località: Urbania (PU)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE
Marco Rossi

RESPONSABILE
Dott. Geol. Paolo Ceccarini

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... spt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10 \text{ cm}^2$ rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$),
diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27 \text{ cm}^2$ rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20 \text{ cm}^2$, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);
 M = peso massa battente (altezza caduta H);
 P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$N_{spt} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). Cu min-max.

- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROVA ...DPSH1

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

18/03/2024

Profondità prova

2.40 mt

Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	6	0.855	5.28	6.18	264.19	309.12
0.40	3	0.851	2.63	3.09	131.50	154.56
0.60	4	0.847	3.20	3.78	160.20	189.14
0.80	4	0.843	3.19	3.78	159.51	189.14
1.00	3	0.840	2.38	2.84	119.12	141.85
1.20	8	0.836	6.33	7.57	316.34	378.28
1.40	7	0.833	5.51	6.62	275.67	330.99
1.60	15	0.780	10.22	13.11	510.91	655.39
1.80	20	0.776	13.57	17.48	678.40	873.85
2.00	31	0.673	18.24	27.09	911.81	1354.47
2.20	37	0.670	21.67	32.33	1083.34	1616.63
2.40	60	0.617	32.36	52.43	1617.88	2621.56

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	5.96	1.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	117.88
Strato 2	24.12	2.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	431.10
Strato 3	72.22	2.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1271.43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	Robertson (1983)	1.17
Strato 2	24.12	2.00	Robertson (1983)	4.73
Strato 3	72.22	2.40	Robertson (1983)	14.16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	Buisman-Sanglerat	7.31
Strato 2	24.12	2.00	Buisman-Sanglerat	23.65
Strato 3	72.22	2.40	Buisman-Sanglerat	70.82

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	Apollonia	5.84
Strato 2	24.12	2.00	Apollonia	23.65
Strato 3	72.22	2.40	Apollonia	70.82

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	5.96	1.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	24.12	2.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	72.22	2.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	5.96	1.00	Meyerhof ed altri	17.75
Strato 2	24.12	2.00	Meyerhof ed altri	20.69
Strato 3	72.22	2.40	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	5.96	1.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.53
Strato 2	24.12	2.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	21.57
Strato 3	72.22	2.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Gibbs & Holtz 1957	28.47
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Gibbs & Holtz 1957	55.55
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Gibbs & Holtz 1957	83.11

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.46
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	34.02
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.91

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Bowles (1982) Sabbia Media	19.18
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Bowles (1982) Sabbia Media	42.77

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	6.33
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	14.28
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	35.31

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Meyerhof ed altri	15.49
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Meyerhof ed altri	20.20
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Meyerhof ed altri	23.93

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.53
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5.96	1.00	5.96	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	24.12	2.00	24.12	(A.G.I.)	0.31
Strato 3	72.22	2.40	72.22	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Ohsaki (Sabbie pulite)	34.13
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Ohsaki (Sabbie pulite)	127.02
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Ohsaki (Sabbie pulite)	356.10

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Ohta & Goto (1978) Limi	81.497
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Ohta & Goto (1978) Limi	128.309
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Ohta & Goto (1978) Limi	167.015

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Navfac 1971-1982	1.21
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Navfac 1971-1982	4.74
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.96	1.00	5.96	Robertson 1983	1.17
Strato 2	24.12	2.00	24.12	Robertson 1983	4.73
Strato 3	72.22	2.40	72.22	Robertson 1983	14.16

PROVA ... DPSH2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 3.60 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	8	0.843	6.38	7.57	319.02	378.28
1.00	8	0.840	6.35	7.57	317.66	378.28
1.20	12	0.836	9.49	11.35	474.51	567.42
1.40	9	0.833	7.09	8.51	354.44	425.56
1.60	12	0.830	8.70	10.49	434.95	524.31
1.80	14	0.776	9.50	12.23	474.88	611.70
2.00	32	0.673	18.82	27.96	941.22	1398.17
2.20	28	0.720	17.62	24.47	881.00	1223.40
2.40	16	0.767	10.73	13.98	536.30	699.08
2.60	32	0.664	17.26	25.99	863.15	1299.45
2.80	26	0.711	15.02	21.12	751.12	1055.80
3.00	36	0.659	19.26	29.24	962.90	1461.88
3.20	19	0.756	11.67	15.43	583.29	771.55
3.40	37	0.653	19.63	30.05	981.73	1502.49
3.60	60	0.601	27.35	45.52	1367.46	2275.78

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.98	0.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	39.62
Strato 2	28.86	3.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	498.28
Strato 3	72.22	3.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1133.35

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	Robertson (1983)	0.39
Strato 2	28.86	3.20	Robertson (1983)	5.66
Strato 3	72.22	3.60	Robertson (1983)	14.16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	Buisman-Sanglerat	2.43

Strato 2	28.86	3.20	Buisman-Sanglerat	28.30
Strato 3	72.22	3.60	Buisman-Sanglerat	70.82

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	Apollonia	1.94
Strato 2	28.86	3.20	Apollonia	28.30
Strato 3	72.22	3.60	Apollonia	70.82

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1.98	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	28.86	3.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	72.22	3.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.98	0.60	Meyerhof ed altri	15.30
Strato 2	28.86	3.20	Meyerhof ed altri	21.08
Strato 3	72.22	3.60	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.98	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.14
Strato 2	28.86	3.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	22.95
Strato 3	72.22	3.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Gibbs & Holtz 1957	10.02
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Gibbs & Holtz 1957	58.23
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Gibbs & Holtz 1957	77.13

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.45

)	
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	35.81
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.91

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Bowles (1982) Sabbia Media	21.51
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Bowles (1982) Sabbia Media	42.77

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	4.59
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	16.35
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	35.31

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Meyerhof ed altri	13.73
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Meyerhof ed altri	20.79
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Meyerhof ed altri	23.93

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Terzaghi-Peck	---

				1948-1967	
--	--	--	--	-----------	--

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1.98	0.60	1.98	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	28.86	3.20	28.86	(A.G.I.)	0.3
Strato 3	72.22	3.60	72.22	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Ohsaki (Sabbie pulite)	12.11
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Ohsaki (Sabbie pulite)	150.35
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Ohsaki (Sabbie pulite)	356.10

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Ohta & Goto (1978) Limi	61.028
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Ohta & Goto (1978) Limi	138.533
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Ohta & Goto (1978) Limi	181.654

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Navfac 1971-1982	0.26
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Navfac 1971-1982	5.45
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	1.98	0.60	1.98	Robertson 1983	0.39
Strato 2	28.86	3.20	28.86	Robertson 1983	5.66
Strato 3	72.22	3.60	72.22	Robertson 1983	14.16

PROVA ...DPSH3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 1.00 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	2	0.851	1.75	2.06	87.66	103.04
0.60	19	0.797	14.32	17.97	716.04	898.41
0.80	32	0.693	20.98	30.26	1049.10	1513.12
1.00	60	0.640	36.30	56.74	1815.05	2837.10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH3**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	2.23	0.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	46.19
Strato 2	28.29	0.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	539.07
Strato 3	68.49	1.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1304.97

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	Robertson (1983)	0.44
Strato 2	28.29	0.60	Robertson (1983)	5.55
Strato 3	68.49	1.00	Robertson (1983)	13.43

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	Buisman-Sanglerat	2.73
Strato 2	28.29	0.60	Buisman-Sanglerat	27.74
Strato 3	68.49	1.00	Buisman-Sanglerat	67.17

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	Apollonia	2.19
Strato 2	28.29	0.60	Apollonia	27.74
Strato 3	68.49	1.00	Apollonia	67.17

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
--	------	------------------	--------------	-----------------

Strato 1	2.23	0.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	28.29	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	68.49	1.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.40	Meyerhof ed altri	15.49
Strato 2	28.29	0.60	Meyerhof ed altri	20.99
Strato 3	68.49	1.00	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.14
Strato 2	28.29	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	22.75
Strato 3	68.49	1.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Gibbs & Holtz 1957	12.17
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Gibbs & Holtz 1957	65.19
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Gibbs & Holtz 1957	89.8

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.78
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	35.6
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.05

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Bowles (1982) Sabbia Media	21.23
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Bowles (1982) Sabbia Media	40.94

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	4.70
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	16.10
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	33.68

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Meyerhof ed altri	13.83
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Meyerhof ed altri	20.79
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Meyerhof ed altri	23.34

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2.23	0.40	2.23	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	28.29	0.60	28.29	(A.G.I.)	0.3
Strato 3	68.49	1.00	68.49	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Ohsaki (Sabbie pulite)	13.55
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Ohsaki (Sabbie pulite)	147.56
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Ohsaki (Sabbie pulite)	338.78

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Ohta & Goto (1978) Limi	57.607
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Ohta & Goto (1978) Limi	106.698
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Ohta & Goto (1978) Limi	136.139

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Navfac 1971-1982	0.33
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Navfac 1971-1982	5.37
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.23	0.40	2.23	Robertson 1983	0.44
Strato 2	28.29	0.60	28.29	Robertson 1983	5.55
Strato 3	68.49	1.00	68.49	Robertson 1983	13.43

PROVA ...DPSH4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 2.20 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	4	0.855	3.52	4.12	176.13	206.08
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	3	0.847	2.40	2.84	120.15	141.85
0.80	6	0.843	4.79	5.67	239.26	283.71
1.00	15	0.790	11.20	14.19	560.15	709.27
1.20	25	0.736	17.41	23.64	870.36	1182.12
1.40	45	0.633	26.93	42.56	1346.63	2127.82
1.60	40	0.630	22.01	34.95	1100.28	1747.71
1.80	42	0.626	22.99	36.70	1149.37	1835.09
2.00	46	0.623	25.05	40.20	1252.52	2009.87
2.20	60	0.620	32.51	52.43	1625.69	2621.56

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH4**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	5.21	0.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	102.58
Strato 2	29.78	1.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	567.31
Strato 3	69.39	2.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1241.13

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	Robertson (1983)	1.02
Strato 2	29.78	1.20	Robertson (1983)	5.84
Strato 3	69.39	2.20	Robertson (1983)	13.61

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	Buisman-Sanglerat	6.39
Strato 2	29.78	1.20	Buisman-Sanglerat	29.20
Strato 3	69.39	2.20	Buisman-Sanglerat	68.05

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	Apollonia	5.11

Strato 2	29.78	1.20	Apollonia	29.20
Strato 3	69.39	2.20	Apollonia	68.05

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	5.21	0.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	29.78	1.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	69.39	2.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	5.21	0.80	Meyerhof ed altri	17.36
Strato 2	29.78	1.20	Meyerhof ed altri	21.18
Strato 3	69.39	2.20	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	5.21	0.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.44
Strato 2	29.78	1.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	23.24
Strato 3	69.39	2.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Gibbs & Holtz 1957	26.28
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Gibbs & Holtz 1957	63.72
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Gibbs & Holtz 1957	84.2

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	23.84
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	36.14
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.26

				SPECIFICATION	
--	--	--	--	---------------	--

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Bowles (1982) Sabbia Media	21.96
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Bowles (1982) Sabbia Media	41.38

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	6.01
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	16.75
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	34.08

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Meyerhof ed altri	15.20
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Meyerhof ed altri	20.89
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Meyerhof ed altri	23.44

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.53
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5.21	0.80	5.21	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	29.78	1.20	29.78	(A.G.I.)	0.3

Strato 3	69.39	2.20	69.39	(A.G.I.)	0.21
----------	-------	------	-------	----------	------

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Ohsaki (Sabbie pulite)	30.08
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Ohsaki (Sabbie pulite)	154.85
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Ohsaki (Sabbie pulite)	342.97

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Ohta & Goto (1978) Limi	76.266
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Ohta & Goto (1978) Limi	123.058
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Ohta & Goto (1978) Limi	157.813

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Navfac 1971-1982	1.04
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Navfac 1971-1982	5.58
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.21	0.80	5.21	Robertson 1983	1.02
Strato 2	29.78	1.20	29.78	Robertson 1983	5.84
Strato 3	69.39	2.20	69.39	Robertson 1983	13.61

PROVA ...DPSH5

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 3.60 mt
 Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	3	0.843	2.39	2.84	119.63	141.85
1.00	4	0.840	3.18	3.78	158.83	189.14
1.20	5	0.836	3.95	4.73	197.71	236.42
1.40	3	0.833	2.36	2.84	118.15	141.85
1.60	4	0.830	2.90	3.50	144.98	174.77
1.80	1	0.826	0.72	0.87	36.10	43.69
2.00	1	0.823	0.72	0.87	35.97	43.69
2.20	7	0.820	5.02	6.12	250.83	305.85
2.40	15	0.767	10.06	13.11	502.78	655.39
2.60	24	0.714	13.92	19.49	696.09	974.59
2.80	23	0.711	13.29	18.68	664.45	933.98
3.00	19	0.759	11.71	15.43	585.35	771.55
3.20	29	0.706	16.63	23.55	831.41	1177.63
3.40	35	0.653	18.57	28.43	928.66	1421.27
3.60	60	0.601	27.35	45.52	1367.46	2275.78

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH5**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	3.72	2.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	70.22
Strato 2	29.04	3.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	481.80
Strato 3	70.73	3.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1109.13

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	Robertson (1983)	0.73
Strato 2	29.04	3.20	Robertson (1983)	5.70
Strato 3	70.73	3.60	Robertson (1983)	13.87

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	Buisman-Sanglerat	4.56

Strato 2	29.04	3.20	Buisman-Sanglerat	28.48
Strato 3	70.73	3.60	Buisman-Sanglerat	69.36

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	Apollonia	3.65
Strato 2	29.04	3.20	Apollonia	28.48
Strato 3	70.73	3.60	Apollonia	69.36

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	3.72	2.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	29.04	3.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	70.73	3.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	3.72	2.00	Meyerhof ed altri	16.48
Strato 2	29.04	3.20	Meyerhof ed altri	21.08
Strato 3	70.73	3.60	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	3.72	2.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.34
Strato 2	29.04	3.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	22.95
Strato 3	70.73	3.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Gibbs & Holtz 1957	18.25
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Gibbs & Holtz 1957	56.43
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Gibbs & Holtz 1957	77.73

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.47

)	
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33.17
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.57

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Bowles (1982) Sabbia Media	18.15
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Bowles (1982) Sabbia Media	42.04

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	5.35
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	13.36
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	34.66

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Meyerhof ed altri	14.51
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Meyerhof ed altri	19.91
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Meyerhof ed altri	23.63

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.44
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Terzaghi-Peck	---

				1948-1967	
--	--	--	--	-----------	--

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	3.72	2.00	3.72	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	29.04	3.20	22.02	(A.G.I.)	0.31
Strato 3	70.73	3.60	70.73	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Ohsaki (Sabbie pulite)	21.91
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Ohsaki (Sabbie pulite)	116.60
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Ohsaki (Sabbie pulite)	349.19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Ohta & Goto (1978) Limi	85.867
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Ohta & Goto (1978) Limi	140.449
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Ohta & Goto (1978) Limi	181

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Navfac 1971-1982	0.69
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Navfac 1971-1982	4.39
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	3.72	2.00	3.72	Robertson 1983	0.73
Strato 2	29.04	3.20	22.02	Robertson 1983	4.32
Strato 3	70.73	3.60	70.73	Robertson 1983	13.87

PROVA ...DPSH6

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/03/2024
 Profondità prova 3.00 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	3	0.855	2.64	3.09	132.09	154.56
0.40	7	0.851	6.14	7.21	306.83	360.64
0.60	17	0.797	12.81	16.08	640.67	803.84
0.80	13	0.793	9.75	12.29	487.67	614.70
1.00	14	0.790	10.46	13.24	522.81	661.99
1.20	20	0.786	14.87	18.91	743.57	945.70
1.40	25	0.733	17.33	23.64	866.34	1182.12
1.60	25	0.730	15.94	21.85	796.90	1092.32
1.80	30	0.726	19.04	26.22	952.06	1310.78
2.00	20	0.773	13.51	17.48	675.65	873.85
2.20	25	0.720	15.73	21.85	786.60	1092.32
2.40	18	0.767	12.07	15.73	603.34	786.47
2.60	41	0.614	20.45	33.30	1022.67	1664.92
2.80	19	0.761	11.75	15.43	587.47	771.55
3.00	60	0.609	29.66	48.73	1483.02	2436.47

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH6**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	7.44	0.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	154.45
Strato 2	33.13	2.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	590.07
Strato 3	89.34	3.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1461.88

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	Robertson (1983)	1.46
Strato 2	33.13	2.80	Robertson (1983)	6.50
Strato 3	89.34	3.00	Robertson (1983)	17.52

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	Buisman-Sanglerat	9.12
Strato 2	33.13	2.80	Buisman-Sanglerat	32.49
Strato 3	89.34	3.00	Buisman-Sanglerat	87.61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	Apollonia	7.30
Strato 2	33.13	2.80	Apollonia	32.49
Strato 3	89.34	3.00	Apollonia	87.61

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	7.44	0.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	33.13	2.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato 3	89.34	3.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	7.44	0.40	Meyerhof ed altri	18.44
Strato 2	33.13	2.80	Meyerhof ed altri	21.87
Strato 3	89.34	3.00	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	7.44	0.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.63
Strato 2	33.13	2.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.32
Strato 3	89.34	3.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Gibbs & Holtz 1957	34.16
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Gibbs & Holtz 1957	62.62
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Gibbs & Holtz 1957	85.25

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25.56
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	37.29

				SPECIFICATION)	
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	51.61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Bowles (1982) Sabbia Media	23.60
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Bowles (1982) Sabbia Media	51.16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	6.98
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	18.22
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	42.80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Meyerhof ed altri	16.08
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Meyerhof ed altri	21.18
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.63
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Poisson
--	------	--------------	-------------------	--------------	---------

		(m)	presenza falda		
Strato 1	7.44	0.40	7.44	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	33.13	2.80	33.13	(A.G.I.)	0.29
Strato 3	89.34	3.00	89.34	(A.G.I.)	0.17

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Ohsaki (Sabbie pulite)	42.05
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Ohsaki (Sabbie pulite)	171.18
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Ohsaki (Sabbie pulite)	434.93

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Ohta & Goto (1978) Limi	70.958
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Ohta & Goto (1978) Limi	137.251
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Ohta & Goto (1978) Limi	182.766

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Navfac 1971-1982	1.54
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Navfac 1971-1982	6.03
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	7.44	0.40	7.44	Robertson 1983	1.46
Strato 2	33.13	2.80	33.13	Robertson 1983	6.50
Strato 3	89.34	3.00	89.34	Robertson 1983	17.52

PROVA ...DPSH7

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 2.80 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	2	0.855	1.76	2.06	88.06	103.04
0.40	2	0.851	1.75	2.06	87.66	103.04
0.60	13	0.797	9.80	12.29	489.92	614.70
0.80	10	0.843	7.98	9.46	398.77	472.85
1.00	14	0.790	10.46	13.24	522.81	661.99
1.20	14	0.786	10.41	13.24	520.50	661.99
1.40	11	0.833	8.66	10.40	433.20	520.13
1.60	11	0.830	7.97	9.61	398.70	480.62
1.80	14	0.776	9.50	12.23	474.88	611.70
2.00	10	0.823	7.19	8.74	359.67	436.93
2.20	14	0.770	9.42	12.23	471.08	611.70
2.40	23	0.717	14.41	20.10	720.68	1004.93
2.60	32	0.664	17.26	25.99	863.15	1299.45
2.80	60	0.611	29.79	48.73	1489.71	2436.47

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH7**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	2.98	0.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	61.78
Strato 2	19.95	2.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	364.51
Strato 3	68.49	2.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1120.80

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	Robertson (1983)	0.58
Strato 2	19.95	2.40	Robertson (1983)	3.91
Strato 3	68.49	2.80	Robertson (1983)	13.43

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	Buisman-Sanglerat	3.65
Strato 2	19.95	2.40	Buisman-Sanglerat	19.56
Strato 3	68.49	2.80	Buisman-Sanglerat	67.17

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	Apollonia	2.92
Strato 2	19.95	2.40	Apollonia	19.56
Strato 3	68.49	2.80	Apollonia	67.17

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	2.98	0.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	19.95	2.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	68.49	2.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	2.98	0.40	Meyerhof ed altri	15.98
Strato 2	19.95	2.40	Meyerhof ed altri	20.59
Strato 3	68.49	2.80	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	2.98	0.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.24
Strato 2	19.95	2.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 3	68.49	2.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Gibbs & Holtz 1957	16.95
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Gibbs & Holtz 1957	51.04
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Gibbs & Holtz 1957	79.18

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	21.69
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE)	32.3

				SPECIFICATION)	
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.05

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Bowles (1982) Sabbia Media	17.14
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Bowles (1982) Sabbia Media	40.94

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	5.03
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	12.45
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	33.68

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Meyerhof ed altri	14.22
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Meyerhof ed altri	19.52
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Meyerhof ed altri	23.34

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2.98	0.40	2.98	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	19.95	2.40	19.95	(A.G.I.)	0.31
Strato 3	68.49	2.80	68.49	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Ohsaki (Sabbie pulite)	17.79
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Ohsaki (Sabbie pulite)	106.26
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Ohsaki (Sabbie pulite)	338.78

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Ohta & Goto (1978) Limi	60.57
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Ohta & Goto (1978) Limi	122.522
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Ohta & Goto (1978) Limi	170.913

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Navfac 1971-1982	0.51
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Navfac 1971-1982	4.04
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.98	0.40	2.98	Robertson 1983	0.58
Strato 2	19.95	2.40	19.95	Robertson 1983	3.91
Strato 3	68.49	2.80	68.49	Robertson 1983	13.43

PROVA ...DPSH8

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 4.20 mt
 Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	2	0.843	1.60	1.89	79.75	94.57
1.00	11	0.840	8.74	10.40	436.78	520.13
1.20	17	0.786	12.64	16.08	632.03	803.84
1.40	17	0.783	12.59	16.08	629.30	803.84
1.60	14	0.780	9.54	12.23	476.85	611.70
1.80	14	0.776	9.50	12.23	474.88	611.70
2.00	12	0.823	8.63	10.49	431.61	524.31
2.20	11	0.820	7.88	9.61	394.17	480.62
2.40	9	0.817	6.43	7.86	321.33	393.23
2.60	8	0.814	5.29	6.50	264.52	324.86
2.80	12	0.811	7.91	9.75	395.40	487.29
3.00	14	0.759	8.63	11.37	431.31	568.51
3.20	18	0.756	11.05	14.62	552.59	730.94
3.40	17	0.753	10.40	13.81	520.10	690.33
3.60	12	0.801	7.29	9.10	364.52	455.16
3.80	24	0.698	12.72	18.21	635.78	910.31
4.00	37	0.646	18.13	28.07	906.63	1403.40
4.20	60	0.594	27.02	45.52	1351.13	2275.78

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH8**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	2.23	0.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	43.84
Strato 2	20.85	3.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	356.67
Strato 3	72.22	4.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1103.74

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	Robertson (1983)	0.44
Strato 2	20.85	3.80	Robertson (1983)	4.09
Strato 3	72.22	4.20	Robertson (1983)	14.16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	Buisman-Sanglerat	2.73
Strato 2	20.85	3.80	Buisman-Sanglerat	20.45
Strato 3	72.22	4.20	Buisman-Sanglerat	70.82

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	Apollonia	2.19
Strato 2	20.85	3.80	Apollonia	20.45
Strato 3	72.22	4.20	Apollonia	70.82

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	2.23	0.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato 2	20.85	3.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	72.22	4.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.80	Meyerhof ed altri	15.49
Strato 2	20.85	3.80	Meyerhof ed altri	20.59
Strato 3	72.22	4.20	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.14
Strato 2	20.85	3.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	20.69
Strato 3	72.22	4.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Gibbs & Holtz 1957	11.6
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Gibbs & Holtz 1957	48.63
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Gibbs & Holtz 1957	75.07

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	20.78
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32.68
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.91

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Bowles (1982) Sabbia Media	17.58
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Bowles (1982) Sabbia Media	42.77

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	4.70
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	12.85
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	35.31

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Meyerhof ed altri	13.83
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Meyerhof ed altri	19.71
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Meyerhof ed altri	23.93

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Gamma Saturo
--	------	--------------	-------------------	--------------	--------------

		(m)	presenza falda		(KN/m ³)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	2.23	0.80	2.23	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	20.85	3.80	20.85	(A.G.I.)	0.31
Strato 3	72.22	4.20	72.22	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Ohsaki (Sabbie pulite)	13.55
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Ohsaki (Sabbie pulite)	110.76
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Ohsaki (Sabbie pulite)	356.10

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Ohta & Goto (1978) Limi	65.853
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Ohta & Goto (1978) Limi	135.875
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Ohta & Goto (1978) Limi	187.442

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Navfac 1971-1982	0.33
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Navfac 1971-1982	4.20
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	2.23	0.80	2.23	Robertson 1983	0.44
Strato 2	20.85	3.80	20.85	Robertson 1983	4.09
Strato 3	72.22	4.20	72.22	Robertson 1983	14.16

PROVA ...DPSH9

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova .80 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	4	0.855	3.52	4.12	176.13	206.08
0.40	7	0.851	6.14	7.21	306.83	360.64
0.60	18	0.797	13.57	17.02	678.35	851.13
0.80	60	0.643	36.50	56.74	1825.20	2837.10

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH9**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	5.96	0.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	123.56
Strato 2	18.61	0.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	363.34
Strato 3	89.34	0.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1702.24

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	Robertson (1983)	1.17
Strato 2	18.61	0.60	Robertson (1983)	3.65
Strato 3	89.34	0.80	Robertson (1983)	17.52

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	Buisman-Sanglerat	7.31
Strato 2	18.61	0.60	Buisman-Sanglerat	18.25
Strato 3	89.34	0.80	Buisman-Sanglerat	87.61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	Apollonia	5.84
Strato 2	18.61	0.60	Apollonia	18.25
Strato 3	89.34	0.80	Apollonia	87.61

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	5.96	0.20	Classificaz. A.G.I.	MODERAT.

			(1977)	CONSISTENTE
Strato 2	18.61	0.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	89.34	0.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	5.96	0.20	Meyerhof ed altri	17.75
Strato 2	18.61	0.60	Meyerhof ed altri	20.50
Strato 3	89.34	0.80	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	5.96	0.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.53
Strato 2	18.61	0.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	--
Strato 3	89.34	0.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Gibbs & Holtz 1957	30.09
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Gibbs & Holtz 1957	54.26
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Gibbs & Holtz 1957	99.31

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24.46
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31.71
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	51.61

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Bowles (1982)	---

				Sabbia Media	
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Bowles (1982) Sabbia Media	16.48
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Bowles (1982) Sabbia Media	51.16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	6.33
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	11.87
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	42.80

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Meyerhof ed altri	15.49
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Meyerhof ed altri	19.32
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.53
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.32
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5.96	0.20	5.96	(A.G.I.)	0.34
Strato 2	18.61	0.60	18.61	(A.G.I.)	0.32
Strato 3	89.34	0.80	89.34	(A.G.I.)	0.17

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Ohsaki (Sabbie pulite)	34.13

Strato 2	18.61	0.60	18.61	Ohsaki (Sabbie pulite)	99.54
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Ohsaki (Sabbie pulite)	434.93

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Ohta & Goto (1978) Limi	59.736
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Ohta & Goto (1978) Limi	95.057
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Ohta & Goto (1978) Limi	138.917

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Navfac 1971-1982	1.21
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Navfac 1971-1982	3.80
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	5.96	0.20	5.96	Robertson 1983	1.17
Strato 2	18.61	0.60	18.61	Robertson 1983	3.65
Strato 3	89.34	0.80	89.34	Robertson 1983	17.52

PROVA ...DPSH10

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 3.40 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	1	0.855	0.88	1.03	44.03	51.52
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	1	0.847	0.80	0.95	40.05	47.28
0.80	1	0.843	0.80	0.95	39.88	47.28
1.00	13	0.790	9.71	12.29	485.47	614.70
1.20	15	0.786	11.15	14.19	557.68	709.27
1.40	14	0.783	10.36	13.24	518.25	661.99
1.60	17	0.780	11.58	14.86	579.03	742.78
1.80	19	0.776	12.89	16.60	644.48	830.16
2.00	27	0.723	17.06	23.59	853.14	1179.70
2.20	32	0.670	18.74	27.96	936.94	1398.17
2.40	31	0.667	18.07	27.09	903.63	1354.47
2.60	36	0.664	19.42	29.24	971.04	1461.88
2.80	19	0.761	11.75	15.43	587.47	771.55
3.00	27	0.709	15.54	21.93	777.00	1096.41
3.20	32	0.656	17.05	25.99	852.44	1299.45
3.40	60	0.603	29.40	48.73	1470.17	2436.47

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH10**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.49	0.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	29.71
Strato 2	33.84	3.00	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	590.07
Strato 3	68.49	3.40	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1120.80

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	Robertson (1983)	0.29
Strato 2	33.84	3.00	Robertson (1983)	6.64
Strato 3	68.49	3.40	Robertson (1983)	13.43

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	Buisman-Sanglerat	1.83
Strato 2	33.84	3.00	Buisman-Sanglerat	33.19

Strato 3	68.49	3.40	Buisman-Sanglerat	67.17
----------	-------	------	-------------------	-------

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	Apollonia	1.46
Strato 2	33.84	3.00	Apollonia	33.19
Strato 3	68.49	3.40	Apollonia	67.17

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	1.49	0.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato 2	33.84	3.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
Strato 3	68.49	3.40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.49	0.80	Meyerhof ed altri	14.91
Strato 2	33.84	3.00	Meyerhof ed altri	22.06
Strato 3	68.49	3.40	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.49	0.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.14
Strato 2	33.84	3.00	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52
Strato 3	68.49	3.40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Gibbs & Holtz 1957	5.51
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Gibbs & Holtz 1957	62.58
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Gibbs & Holtz 1957	76.27

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	19.73

Strato 2	33.84	3.00	33.84	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	37.53
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.05

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Bowles (1982) Sabbia Media	23.95
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Bowles (1982) Sabbia Media	40.94

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	4.38
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	18.53
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	33.68

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Meyerhof ed altri	13.53
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Meyerhof ed altri	21.28
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Meyerhof ed altri	23.34

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.34
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	1.49	0.80	1.49	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	33.84	3.00	33.84	(A.G.I.)	0.29
Strato 3	68.49	3.40	68.49	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Ohsaki (Sabbie pulite)	9.27
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Ohsaki (Sabbie pulite)	174.62
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Ohsaki (Sabbie pulite)	338.78

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Ohta & Goto (1978) Limi	61.416
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Ohta & Goto (1978) Limi	142.401
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Ohta & Goto (1978) Limi	177.901

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Navfac 1971-1982	0.14
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Navfac 1971-1982	6.12
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	1.49	0.80	1.49	Robertson 1983	0.29
Strato 2	33.84	3.00	33.84	Robertson 1983	6.64
Strato 3	68.49	3.40	68.49	Robertson 1983	13.43

PROVA ...DPSH11

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 18/03/2024
 Profondità prova 3.20 mt
 Falda non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.20	2	0.855	1.76	2.06	88.06	103.04
0.40	1	0.851	0.88	1.03	43.83	51.52
0.60	2	0.847	1.60	1.89	80.10	94.57
0.80	4	0.843	3.19	3.78	159.51	189.14
1.00	3	0.840	2.38	2.84	119.12	141.85
1.20	3	0.836	2.37	2.84	118.63	141.85
1.40	4	0.833	3.15	3.78	157.53	189.14
1.60	2	0.830	1.45	1.75	72.49	87.39
1.80	18	0.776	12.21	15.73	610.56	786.47
2.00	15	0.773	10.13	13.11	506.74	655.39
2.20	11	0.820	7.88	9.61	394.17	480.62
2.40	14	0.767	9.39	12.23	469.26	611.70
2.60	19	0.764	11.79	15.43	589.65	771.55
2.80	15	0.761	9.28	12.18	463.79	609.12
3.00	34	0.659	18.19	27.61	909.41	1380.67
3.20	60	0.606	29.53	48.73	1476.50	2436.47

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH11**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	4.04	1.60	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	76.79
Strato 2	22.83	2.80	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	391.48
Strato 3	69.98	3.20	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	1145.12

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	Robertson (1983)	0.79
Strato 2	22.83	2.80	Robertson (1983)	4.48
Strato 3	69.98	3.20	Robertson (1983)	13.73

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	Buisman-Sanglerat	4.95
Strato 2	22.83	2.80	Buisman-Sanglerat	22.39
Strato 3	69.98	3.20	Buisman-Sanglerat	68.63

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	Apollonia	3.96
Strato 2	22.83	2.80	Apollonia	22.39
Strato 3	69.98	3.20	Apollonia	68.63

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	4.04	1.60	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	22.83	2.80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
Strato 3	69.98	3.20	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	4.04	1.60	Meyerhof ed altri	16.67
Strato 2	22.83	2.80	Meyerhof ed altri	20.69
Strato 3	69.98	3.20	Meyerhof ed altri	24.52

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	4.04	1.60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	18.34
Strato 2	22.83	2.80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	21.28
Strato 3	69.98	3.20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	24.52

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Gibbs & Holtz 1957	20.28
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Gibbs & Holtz 1957	51.71
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Gibbs & Holtz 1957	78.92

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22.78
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Shioi-Fukuni 1982	33.51

				(ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	47.4

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Bowles (1982) Sabbia Media	18.55
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Bowles (1982) Sabbia Media	41.67

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	5.49
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	13.71
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	34.33

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Meyerhof ed altri	14.71
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Meyerhof ed altri	20.01
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Meyerhof ed altri	23.54

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m³)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.44
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Terzaghi-Peck 1948-1967	---
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4.04	1.60	4.04	(A.G.I.)	0.35
Strato 2	22.83	2.80	22.83	(A.G.I.)	0.31
Strato 3	69.98	3.20	69.98	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Ohsaki (Sabbie pulite)	23.68
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Ohsaki (Sabbie pulite)	120.62
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Ohsaki (Sabbie pulite)	345.71

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Ohta & Goto (1978) Limi	83.43
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Ohta & Goto (1978) Limi	136.845
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Ohta & Goto (1978) Limi	176.354

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm ³)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Navfac 1971-1982	0.76
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Navfac 1971-1982	4.53
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Navfac 1971-1982	11.93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato 1	4.04	1.60	4.04	Robertson 1983	0.79
Strato 2	22.83	2.80	22.83	Robertson 1983	4.48
Strato 3	69.98	3.20	69.98	Robertson 1983	13.73

Allegato 14

PROVE SISMICHE PASSIVE HVSR

Prove HVSR

(Horizontal Vertical Spectral Ratio)

Lo strumento (TROMINO®), 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. Misura il microtremore ambientale amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, e acquisito alla frequenza di campionamento di 12 hz.

LOCALITA': *Santa Maria del Piano – Urbania (PU)*

COMMITTENTE : *Amministrazione Comunale di Urbania (PU)*

UBICAZIONE PROVE



PROVA HVSR1

Strumento: TRZ-0115/01-10

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 03/04/2024 16:11:43

Fine registrazione: 03/04/2024 16:41:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h30'00".

Analizzato 98% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

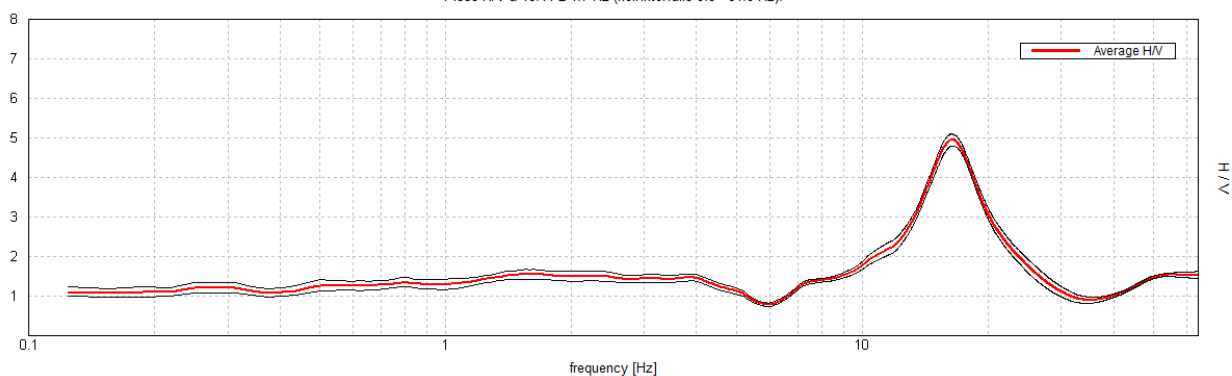
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

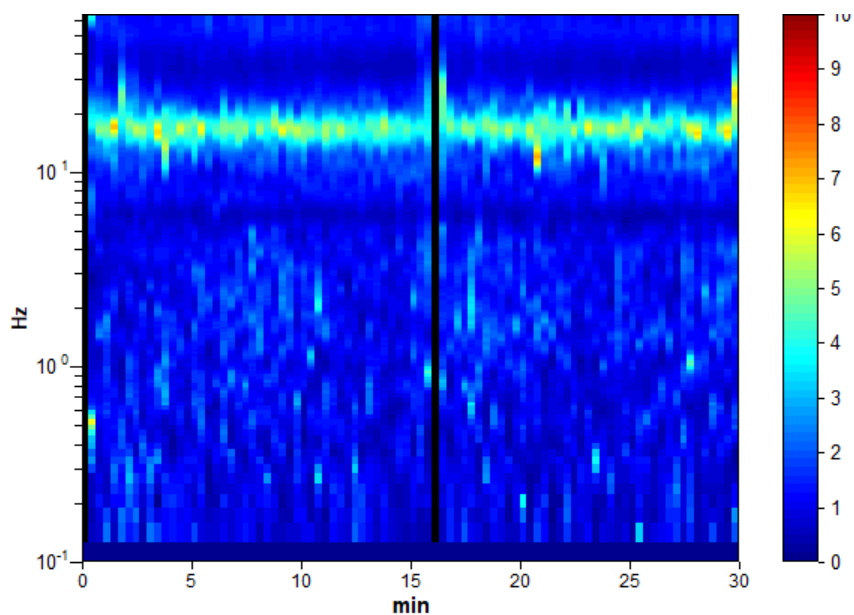


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

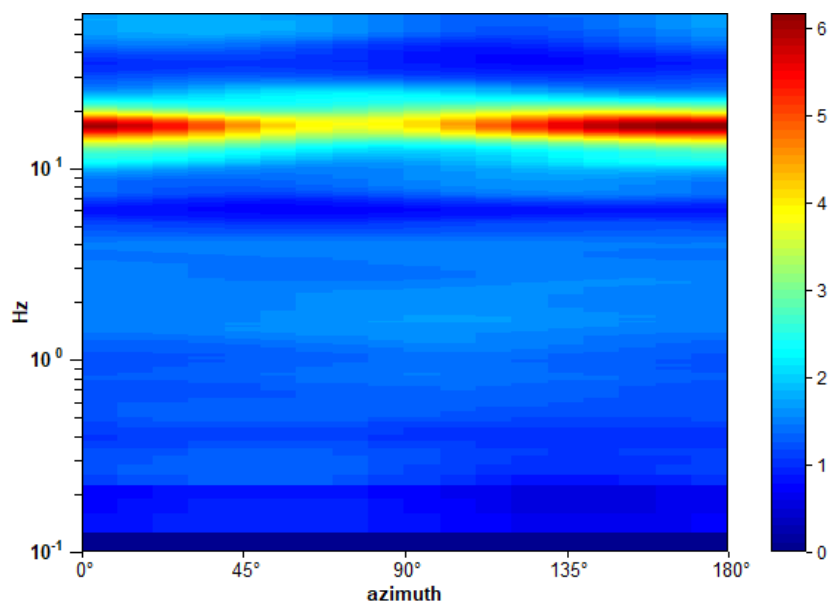
Picco H/V a 16.44 ± 1.7 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



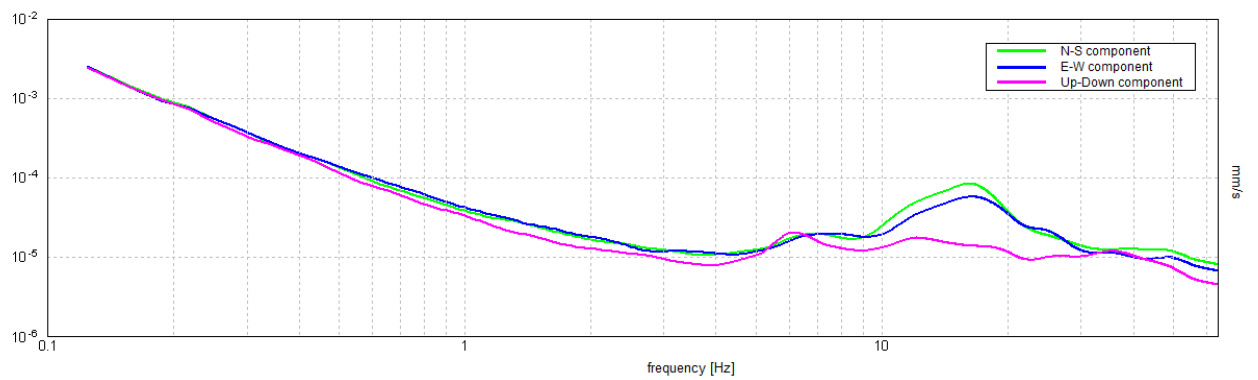
SERIE TEMPORALE H/V



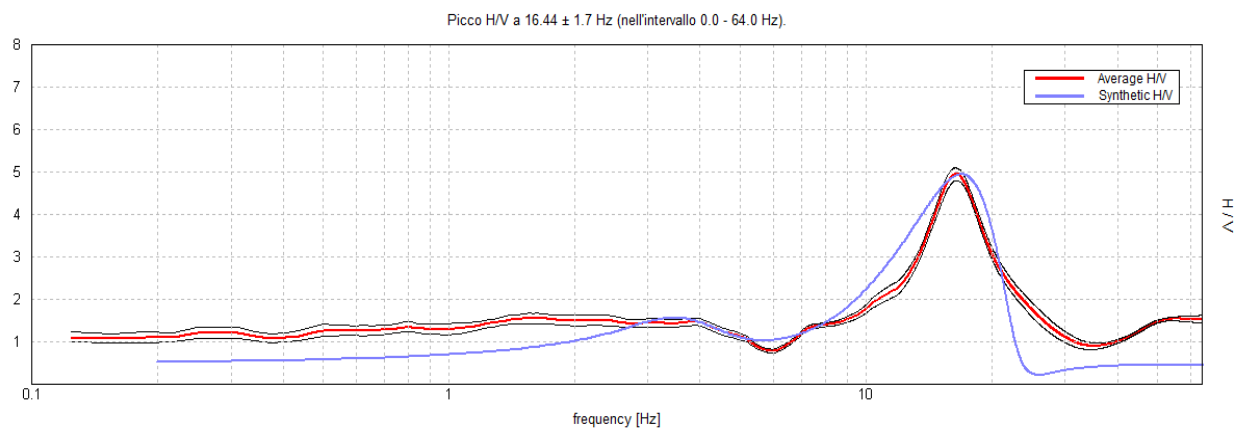
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

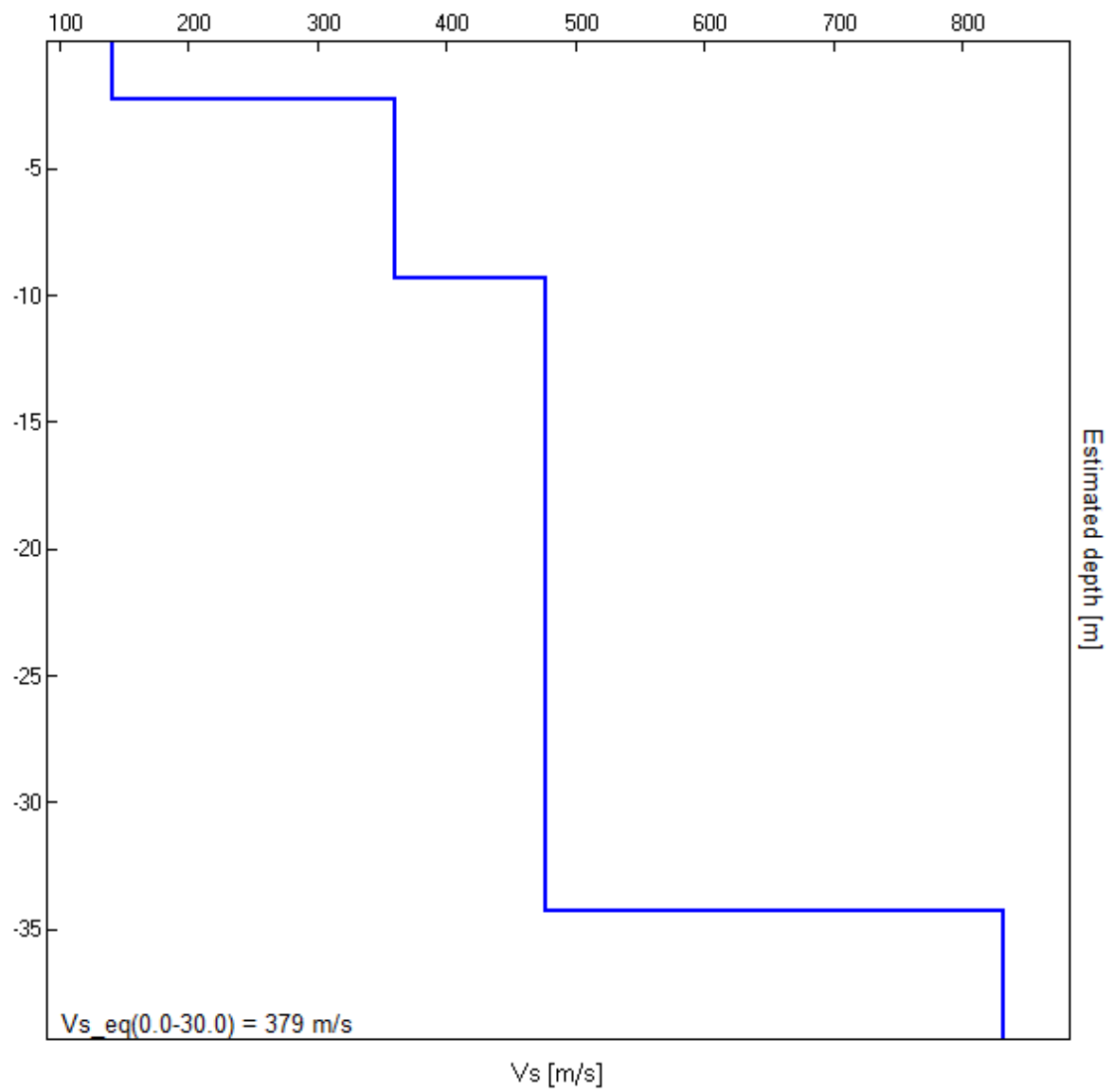


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
2.30	2.30	141	0.38
9.30	7.00	360	0.32
34.30	25.00	477	0.26
inf.	inf.	832	0.22

$$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 379 \text{ m/s}$$



[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 16.44 ± 1.7 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$28930.0 > 200$	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 790	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.375 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	21.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.94 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10354 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.702 < 0.82188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1521 < 1.58$	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

PROVA HVSR2

Strumento: TRZ-0115/01-10

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 03/04/2024 16:45:46 Fine registrazione: 03/04/2024 17:15:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

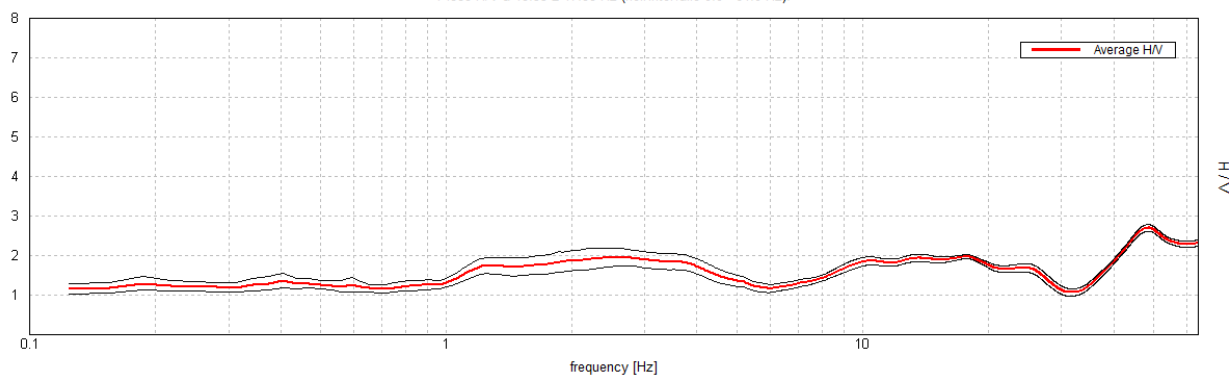
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

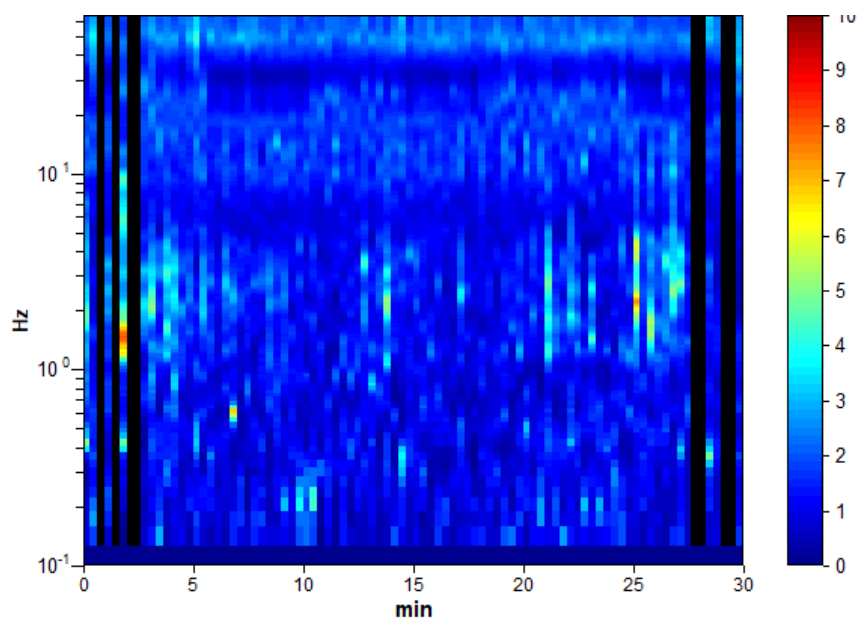


RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

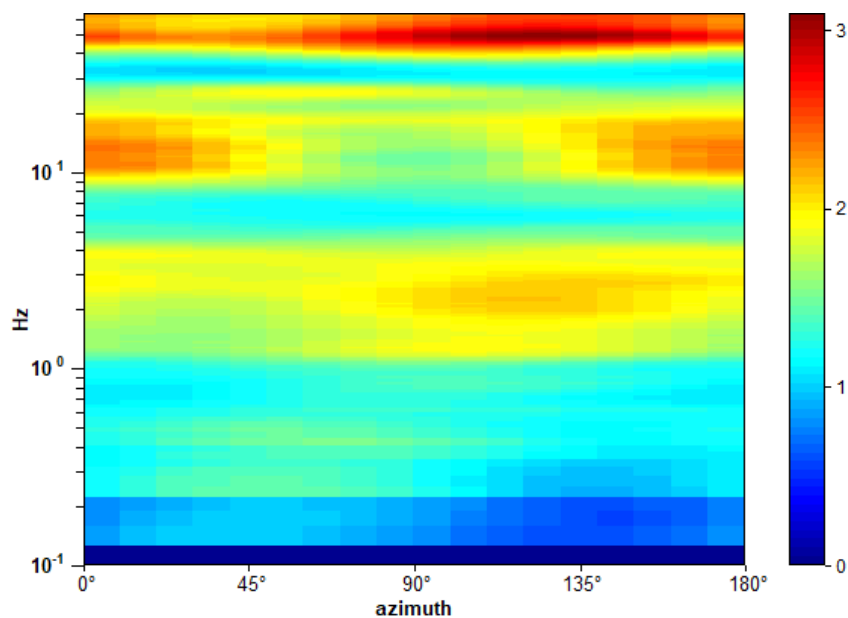
Picco H/V a 48.53 ± 17.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



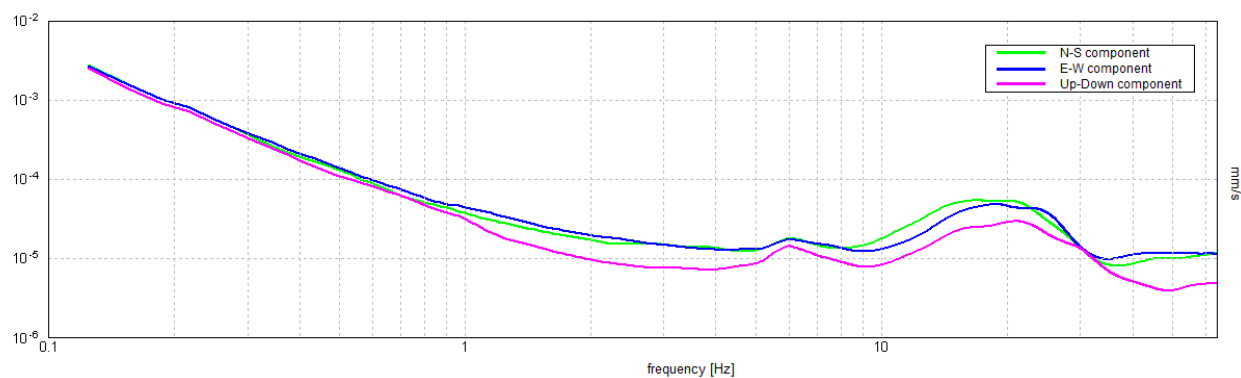
SERIE TEMPORALE H/V



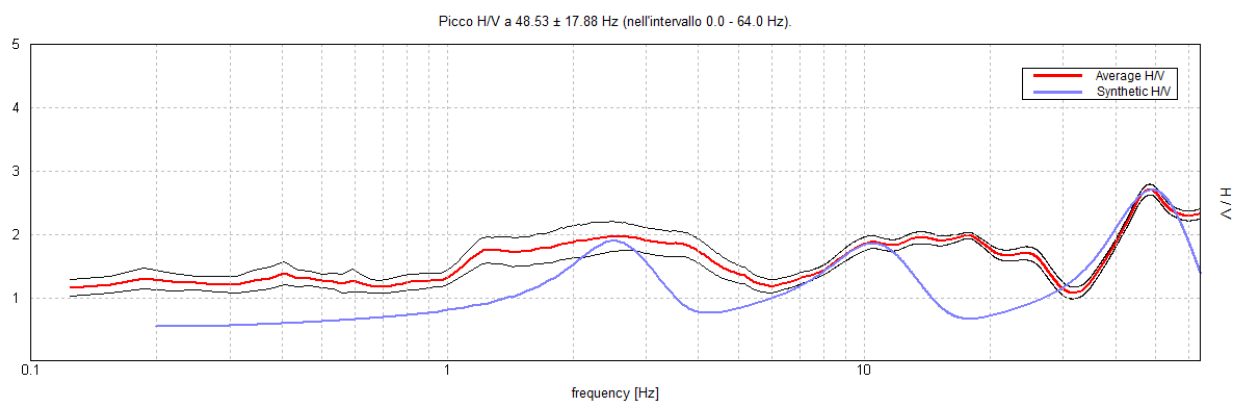
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

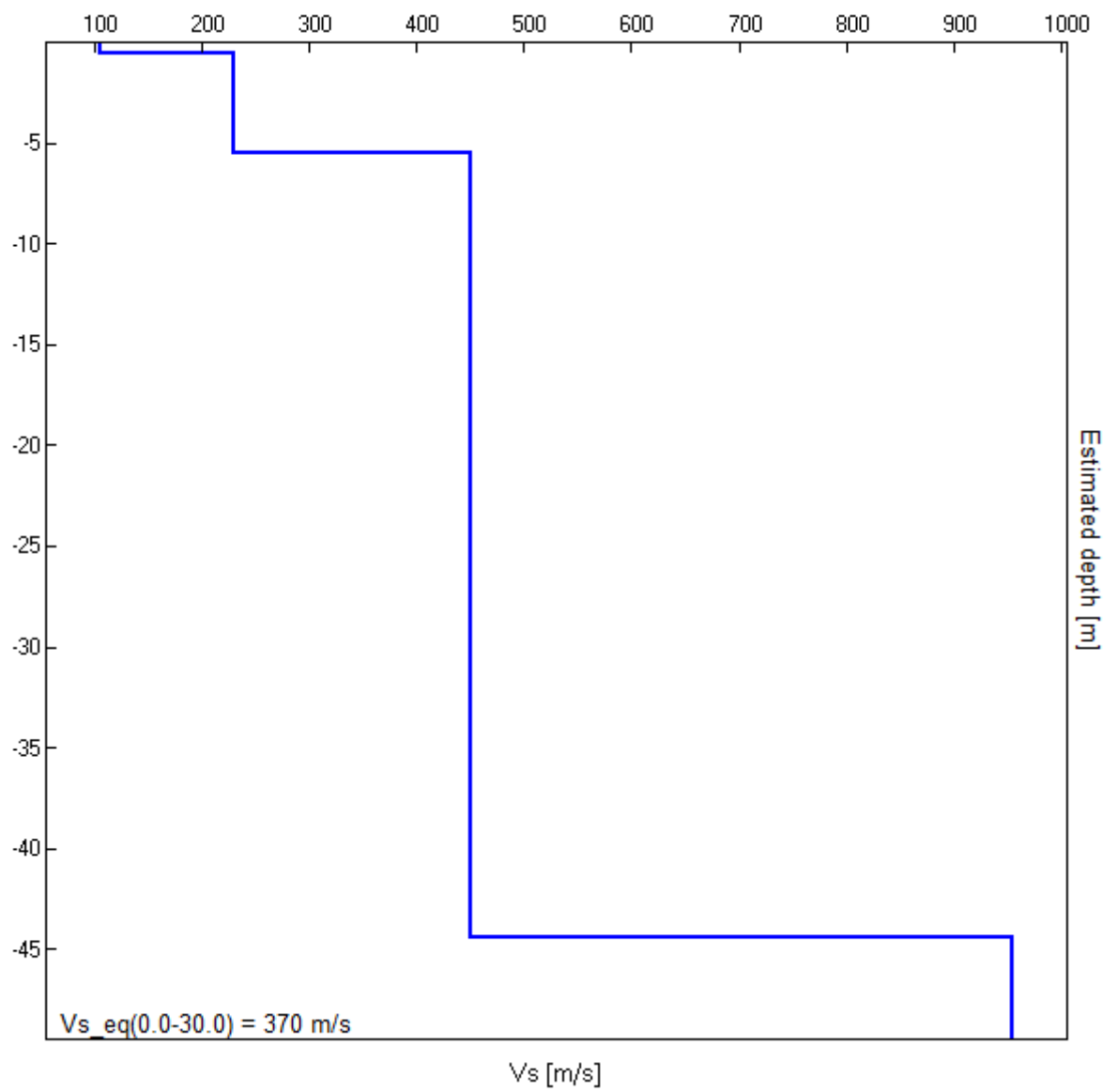


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.54	0.54	105	0.38
5.44	4.90	230	0.32
44.44	39.00	450	0.26
inf.	inf.	955	0.22

$$V_{s_eq}(0.0-30.0) = 370 \text{ m/s}$$



[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 48.53 ± 17.88 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$48.53 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$79591.3 > 200$	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 1273	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	35.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.70 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.36833 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$17.87564 < 2.42656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.0836 < 1.58$	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

CONCLUSIONI

La velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità è risultata essere pari a:

HVSR1: $V_{s,30} = 379$ m/sec

HVSR2: $V_{s,30} = 370$ m/sec

Valutato che nell'ambito dei primi 30 m di profondità $V_s < 800$ m/s, in entrambi i casi si può considerare:

$$V_{s,eq} = V_{s,30}$$

Si consiglia di adottare per il suolo in esame la categoria:

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.

Urbania, 03.04.2024

Allegato 15

PROVA SISMICA ATTIVA MASW

PROVINCIA DI PESARO E URBINO COMUNE DI URBANIA

**Studio tramite MASW
per la caratterizzazione sismica di un'area
ubicata in località Santa Maria del Piano**

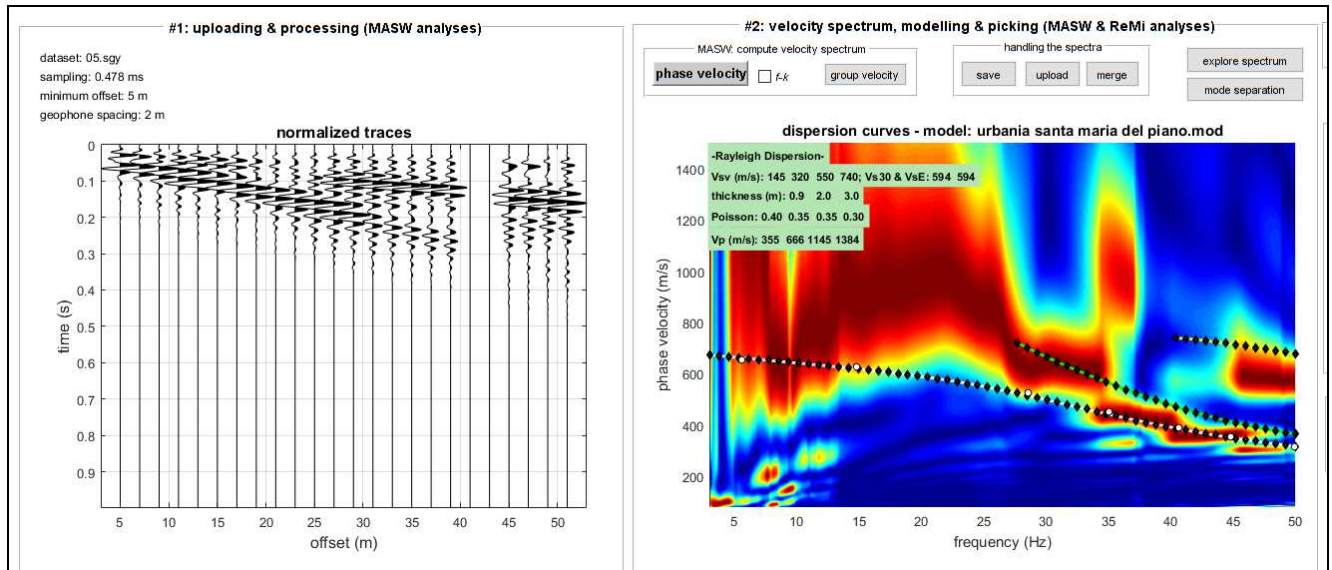
RELAZIONE GEOFISICA

Data prova: 18 Marzo 2024

SOIL INVESTIGATION s.n.c.
di MARCO ROSSI & C.
Via Sartiano 1
61015 NOVA FELTRIA (RN)
R.L. 02 139 670 414

PREMESSA

L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di intervento.



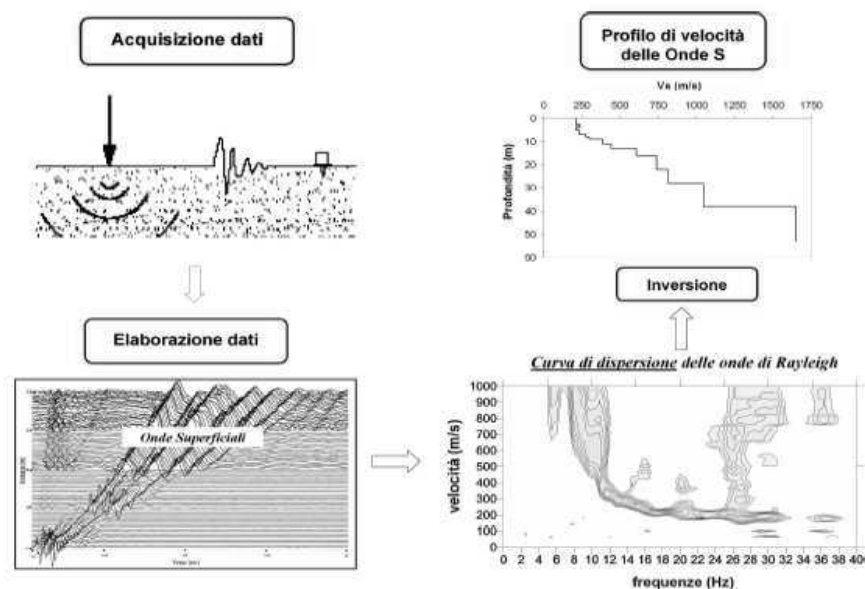
SEGNALE NEL DOMINIO DEI TEMPI E DELLE FREQUENZE

ANALISI SVOLTA CON LE ONDE SUPERFICIALI – MASW

CENNI TEORICI

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S. Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).

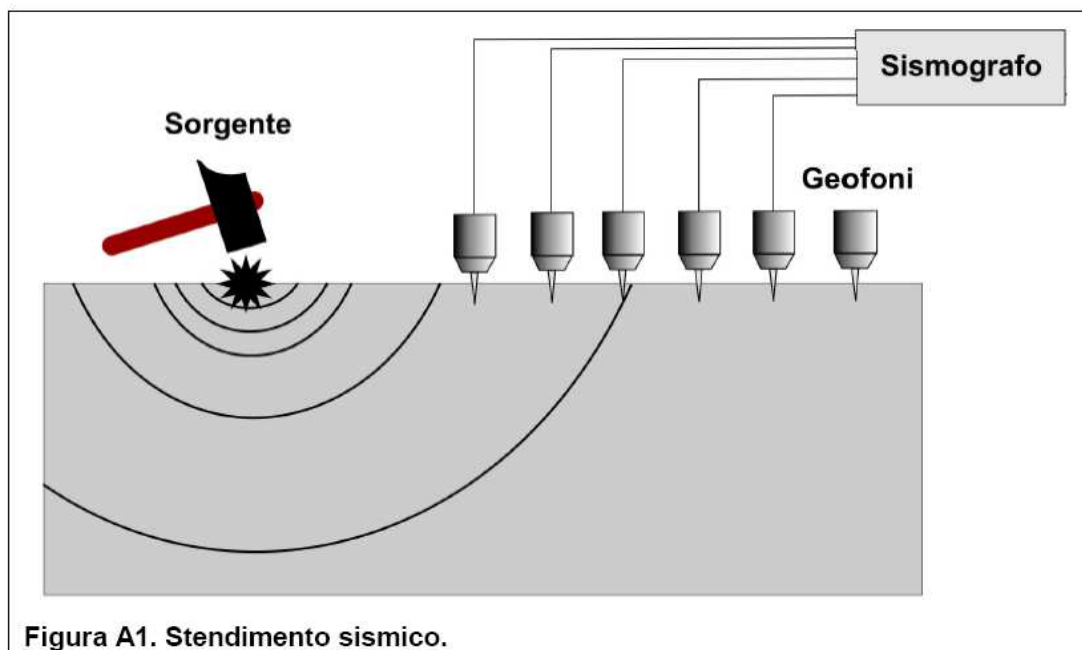


La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

STRUMENTAZIONE USATA

- Sismografo Ambrogeo Echo 2010 seismic unit
- Numero dei canali 24
- A/D conversione 16 bit
- Geofoni verticali da 4.5 hz



SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

-energizzazione per rilievo masw
Massa battente (mazza da 8 kg)

MODALITA' OPERATIVA

La prova è stata così articolata:

- Si sono disposti 24 geofoni da 4.5 Hz alla distanza di 2.0 metri, ottenendo così una traccia lunga 46.0 metri.
- Si è energizzato tramite mazza da 8 kg.
- Sono state effettuate registrazioni di 1 sec, eseguendo varie battute alla distanza di 5 metri dal primo geofono per ottenere più tracce al fine di analizzare meglio le onde superficiali.

RISULTATI OTTENUTI**MODELLO MEDIO**

Vs (m/s):	141	368	647	819
Spessore (m) =	1.1	2.1	4.4	

curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)
modo: 0 (modo fondamentale)

Fundamental mode	
Mean model	
frequency (Hz)	VR(m/s)
5.60221	733.0025
14.8101	688.0841
28.5818	527.0468
35.0673	421.7642
40.6721	365.8533
44.8356	338.4444
49.96	311.3423

CONCLUSIONI

La velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità è risultata essere pari:

$$V_{S,30} = 633 \text{ m/sec } \pm 20\% \text{ alla superficie.}$$

Poiché dalla profondità di 7.70 m è stato determinato un valore di $V_S > 800 \text{ m/s}$, la velocità equivalente $V_{S,eq}$ risulta distinta da $V_{S,30}$. Si ha, in particolare:

$$V_{S,eq} = 379 \text{ m/sec } \pm 20\% \text{ alla superficie.}$$

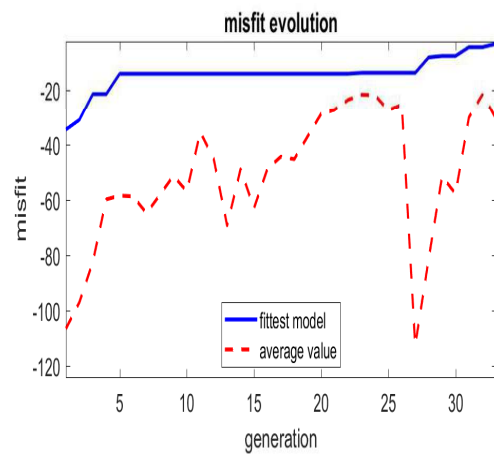
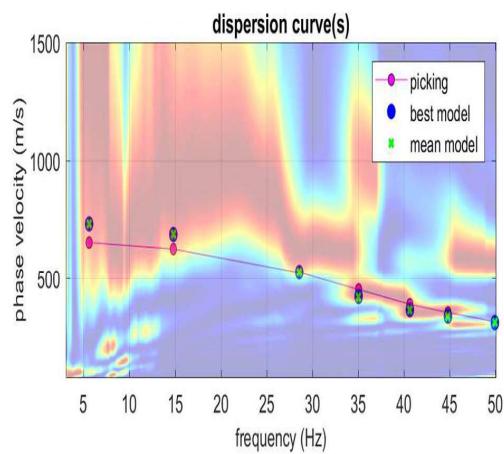
Si consiglia di adottare per il suolo in esame la categoria:

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.

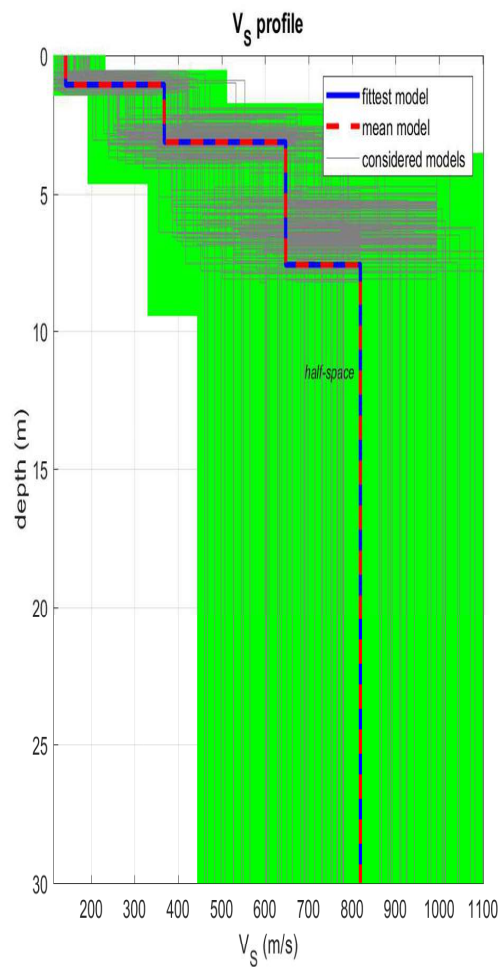
NOVAFELTRIA, 18.03.2024

Soil Investigation s.n.c.
Dott. Marco Rossi, Dott. Stefano Biordi

SOIL INVESTIGATION s.n.c.
di MARCO ROSSI & C.
Via Sartiano, 1
61015 NOVAFELTRIA (RN)
R.I. 02 139 670 414



www.winmasw.com



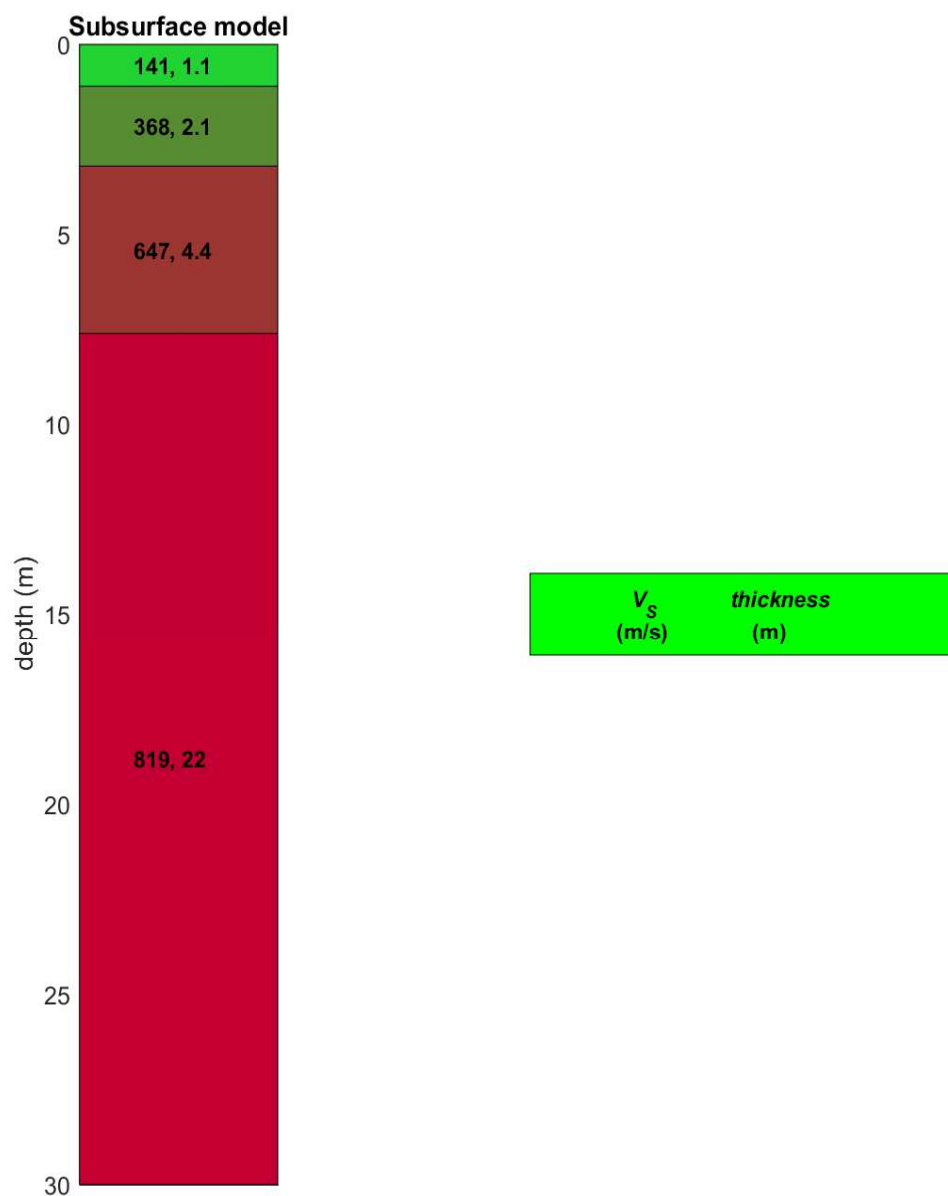
dataset: 05.sgy

dispersion curve: urbana santa maria del piano.cdp

V_{s30} & V_{sE} (best model): 633 379 m/s

V_{s30} & V_{sE} (mean model): 633 379 m/s

RISULTATI MASW



MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DI RIFERIMENTO

Allegato 16

PERICOLOSITA' SISMICA

1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare il *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative *probabilità di superamento* è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la ***pericolosità sismica di base*** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nel **DM 17 gennaio 2018**-Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.1. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel caso specifico $V_N = 50$ anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 1$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni.}$$

3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

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

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Tabella 3.1- Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **$V_R = 50$ anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Tabella 3.2- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 30$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 50$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 475$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 975$

4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC 2018, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC 2018 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC 2018 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti in tabella (Tabella 4.1), contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08 (a cui le NTC 2018 fanno riferimento), per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

Tabella 4.1- Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre p_1 , p_2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno T_{R1} , T_{R2} .

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_o , T_C^*) corrispondente al punto considerato, p_i è il valore di tale parametro nell' i -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo vertice della suddetta maglia.

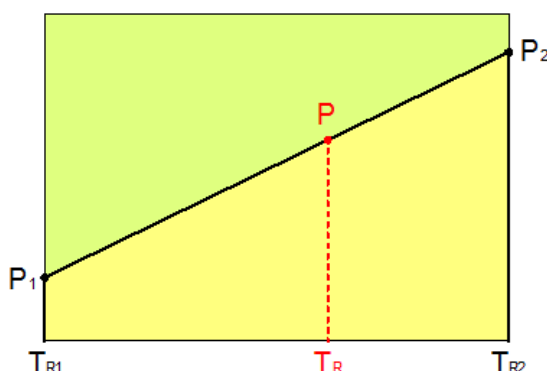


Figura 4.1 - Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella Figura 4.2

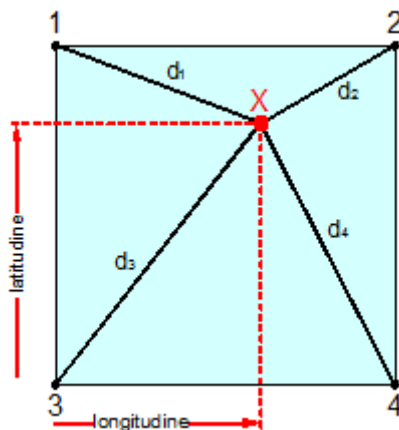


Figura 4.2 - Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $\text{lat}\alpha$, $\text{lon}\alpha$, $\text{lat}\beta$ e $\text{lon}\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

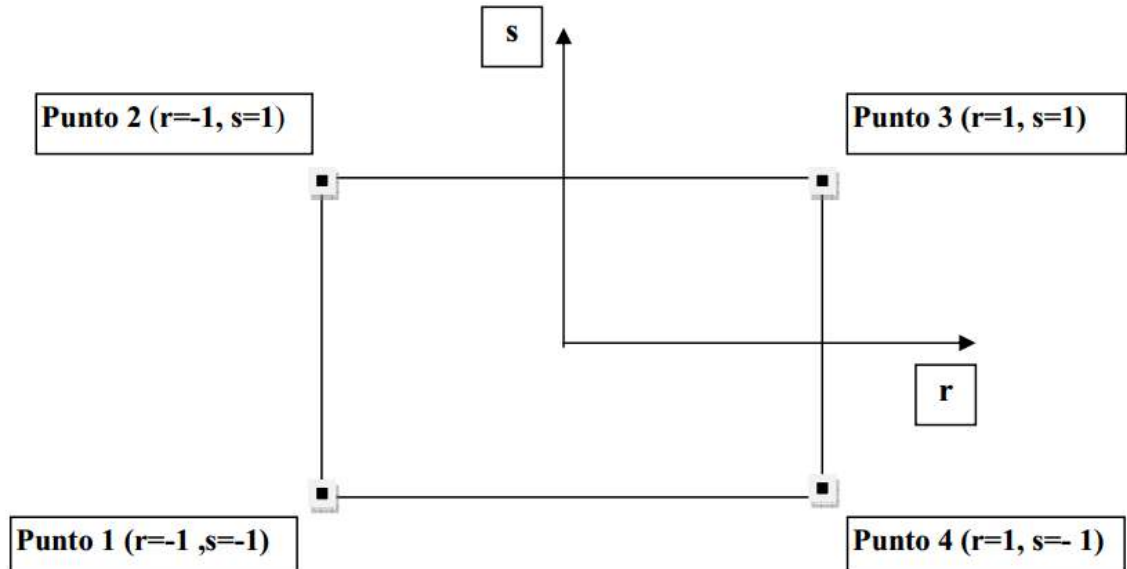


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x , y di un punto generico e le coordinate r , s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s , si determinano i parametri a_g , F_0 , T_C^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

5 PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

5.1 Coefficienti sismici

I coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (T_R) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e P_{VR} probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R non può essere inferiore a 35 anni.

5.2 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_s \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.3)$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 5.1.

Tabella 5.1- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28

$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0.90 \leq S_S \leq 1.80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). e del rapporto a_g/g . S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.20; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

5.3 Fronti scavo e rilevati

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come

$$F_h = k_h \cdot W \text{ ed } F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione [6.2.1]) impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

5.4 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h \quad (5.6)$$

Con:

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati di seguito.

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

I valori del coefficiente β_m possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di in Figura 5.2.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

a_g accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

5.5 Paratie

In mancanza di studi specifici, a_h (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

g è l'accelerazione di gravità;

k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

$\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma in Figura 5.1:

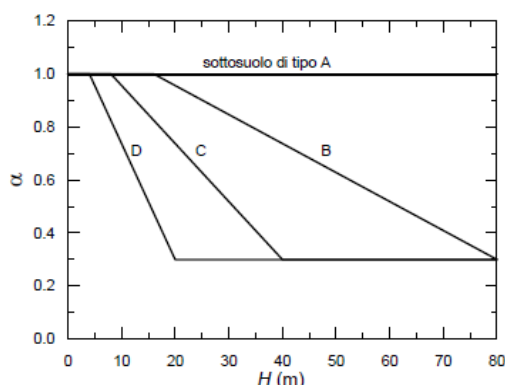


Figura 5.1 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α .

Per il sottosuolo di categoria E si utilizzano le curve dei sottosuoli C o D in dipendenza dei valori assunti dalla velocità equivalente V_s . Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$.

Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma riportato in Figura 5.2, in funzione del

massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per $u_s = 0$ si ha $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

Se $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{\max}/g$

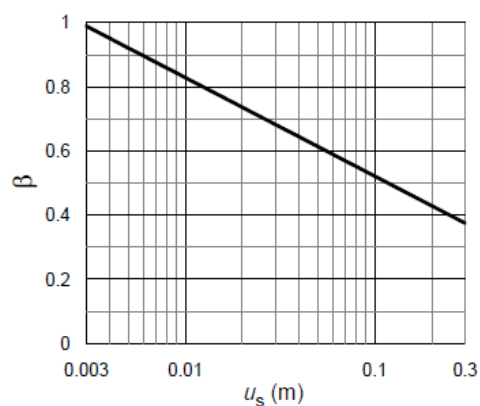


Figura 5.2 - Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β .

L'accelerazione di picco a_{\max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

dove:

S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 03/04/2024

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 43.6805038 [°]
 Longitudine (WGS84): 12.4889746 [°]
 Latitudine (ED50): 43.6814537 [°]
 Longitudine (ED50): 12.4899273 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	20520	43.680300	12.453200	2956.26
2	20521	43.680890	12.522290	2603.19
3	20299	43.730900	12.521450	6054.09
4	20298	43.730290	12.452350	6214.03

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.059	2.469	0.271
SLD	50	0.075	2.442	0.282
	72	0.087	2.434	0.290
	101	0.100	2.450	0.295
	140	0.114	2.439	0.305
	201	0.131	2.444	0.310
SLV	475	0.178	2.476	0.322
SLC	975	0.229	2.526	0.327
	2475	0.311	2.563	0.341

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.468	0.271
SLD	50	0.073	2.442	0.284
	72	0.085	2.451	0.291
	101	0.097	2.457	0.297
	140	0.110	2.446	0.307
	201	0.127	2.448	0.312
SLV	475	0.175	2.464	0.326

SLC	975	0.226	2.503	0.330
	2475	0.309	2.540	0.340

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.057	2.467	0.269
SLD	50	0.071	2.441	0.284
	72	0.083	2.453	0.290
	101	0.095	2.446	0.297
	140	0.109	2.437	0.308
	201	0.126	2.438	0.312
SLV	475	0.174	2.442	0.326
SLC	975	0.225	2.476	0.331
	2475	0.308	2.525	0.340

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.471	0.270
SLD	50	0.073	2.445	0.283
	72	0.085	2.448	0.290
	101	0.097	2.453	0.296
	140	0.111	2.441	0.307
	201	0.127	2.444	0.312
SLV	475	0.175	2.458	0.325
SLC	975	0.226	2.499	0.330
	2475	0.309	2.540	0.340

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.058	2.469	0.270
SLD	50	0.073	2.442	0.283
SLV	475	0.176	2.463	0.325
SLC	975	0.227	2.505	0.329

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.051	0.082
kv	0.006	0.008	0.025	0.041
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	0.180	0.180	0.240	0.310

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.070	0.088	0.211	0.266
kv	0.035	0.044	0.106	0.133
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H):

3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.045	0.057	0.137	0.173
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	0.650	0.650	0.650	0.650

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.018	0.051	0.074
kv	0.007	0.009	0.025	0.037
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.080	--
kv	--	0.021	0.040	--
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.041	0.080	--
kv	--	0.021	0.040	--
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

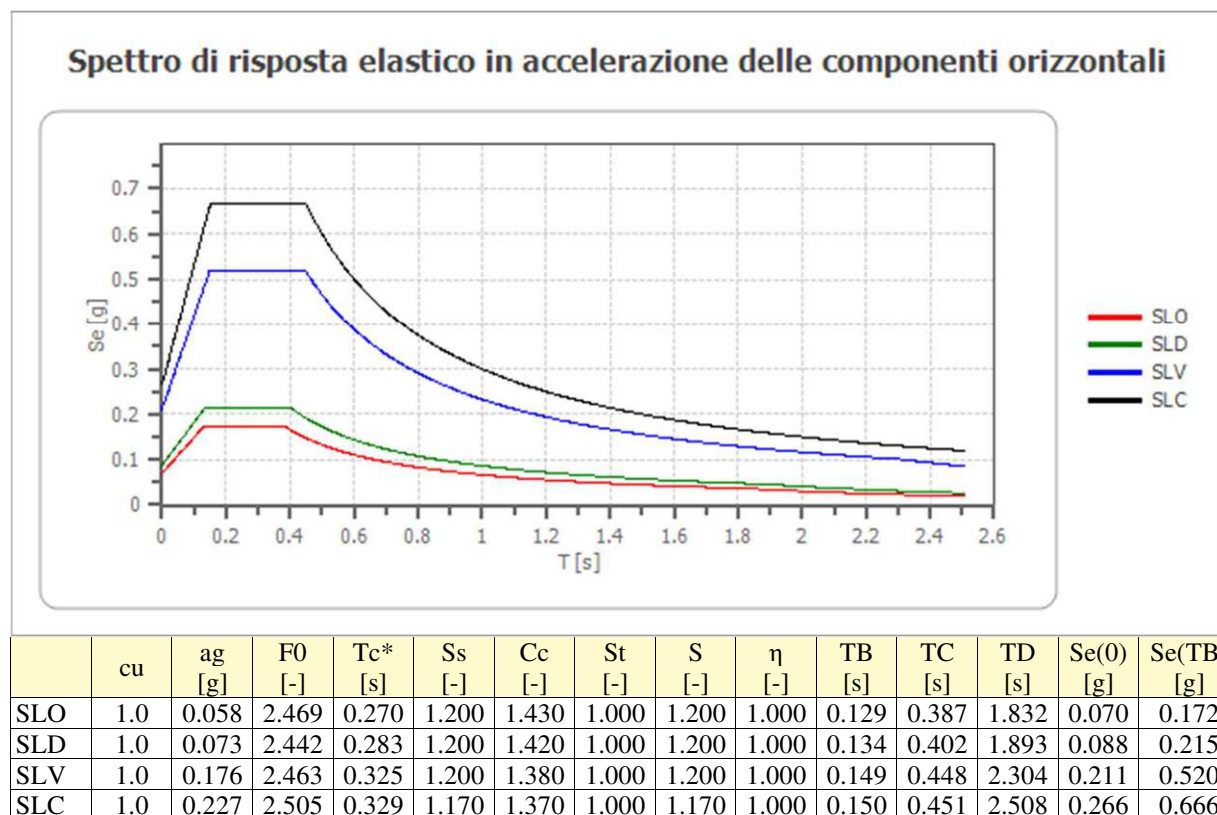
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.054	0.068	0.164	0.206
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.683	0.862	2.071	2.605
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



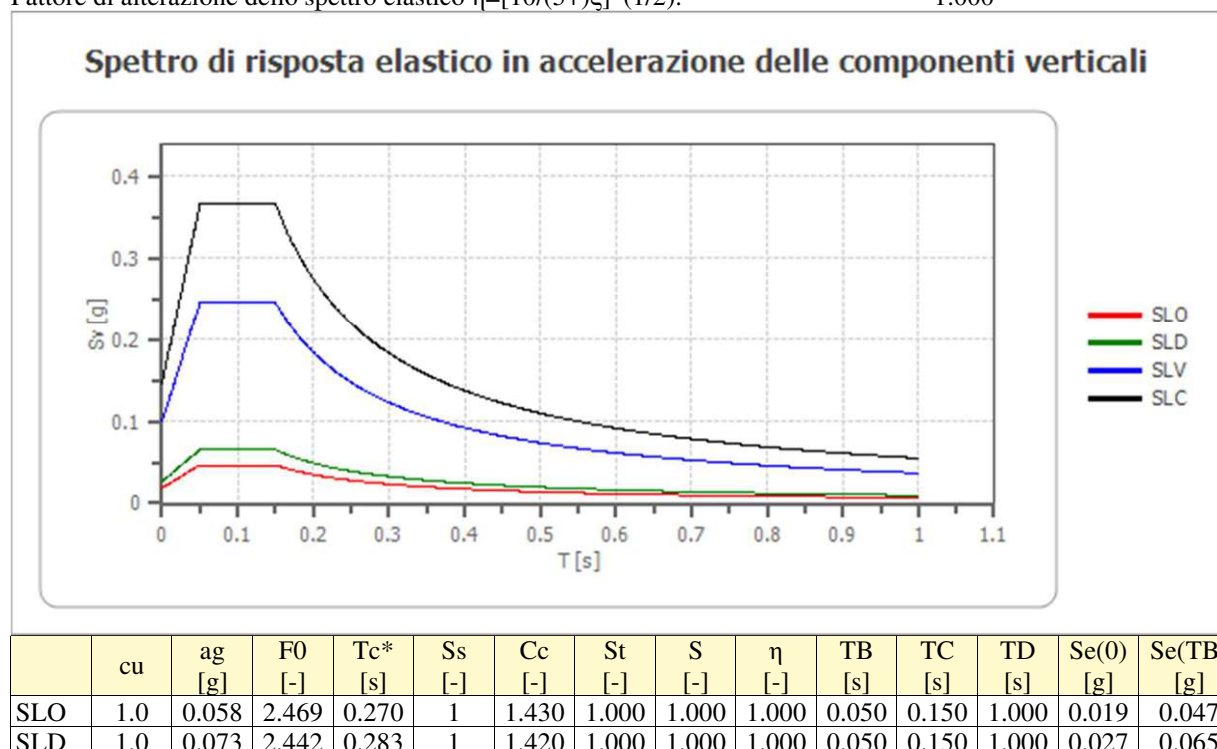
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1.000



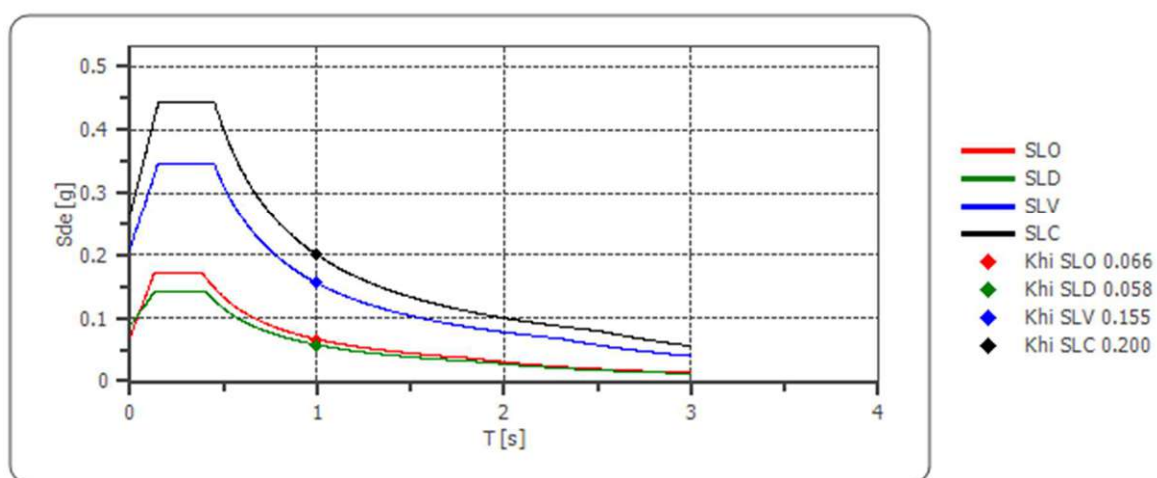
SLV	1.0	0.176	2.463	0.325	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.100	0.245
SLC	1.0	0.227	2.505	0.329	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.146	0.366

Spettro di progetto

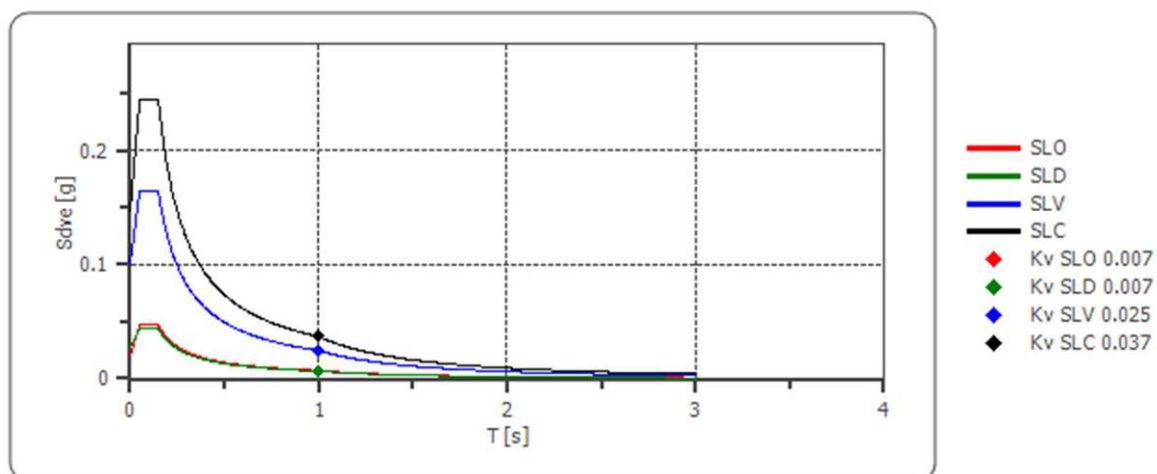
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.066	0.058	0.155	0.200
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.007	0.007	0.025	0.037

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.058	2.469	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.832	0.070	0.172
SLO vertic	1.0	0.058	2.469	0.270	1.200	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.019	0.047

ale														
SLD orizzontale	1.0	0.073	2.442	0.283	1.200	1.420	1.000	1.200	1.500	0.134	0.402	1.893	0.088	0.143
SLD verticale	1.0	0.073	2.442	0.283	1.200	1.420	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.027	0.044
SLV orizzontale	1.0	0.176	2.463	0.325	1.200	1.380	1.000	1.200	1.500	0.149	0.448	2.304	0.211	0.347
SLV verticale	1.0	0.176	2.463	0.325	1.200	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.100	0.164
SLC orizzontale	1.0	0.227	2.505	0.329	1.170	1.370	1.000	1.170	1.500	0.150	0.451	2.508	0.266	0.444
SLC verticale	1.0	0.227	2.505	0.329	1.170	1.370	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.146	0.244