



**REGIONE MARCHE**  
**COMUNE DI SANT'ANGELO IN VADO**  
 (Provincia di Pesaro e Urbino)



**PROMOTORI**

*Il Sindaco*  
 dott. Stefano **PARRI**

*Assessore Urbanistica e LL.PP:*  
 dott. Stefano **PARRI**

*RUP*  
 Responsabile Settore Urbanistica  
 arch. Jenny **GIOVANNINI**

**RIGENERAZIONE URBANA MEDIANTE VARIANTI PARZIALI  
 DI RIEQUILIBRIO DEL TERRITORIO**

- VAR. 1 - Variante Parziale in Z3**       VAR. y - Variante Parziale in Z2
- VAR. x - Variante Parziale in Z1       VAR. z - Variante Parziale in AA

**\_GRUPPO PROGETTO**

Coordinatore e Progettista arch. Antonio **Ariano**

**\_Urbanistica**

arch. Antonio **Ariano**  
 arch. Mauro **Esposito**

**\_Geologo**

dott. Paolo **Ceccarini**  
 dott. Giovanni **Guidi**

_ Legge Regione Marche	23 Novembre 2011 n.22
_ Regolamento Regionale Marche	8 Agosto 2012 n.6
_ Legge Regionale	17 Giugno 2008 n.14
_ Decreto Ministeriale	22 Aprile 2008
_ Decreto Ministeriale	2 Aprile 1968 n.1444
_ Legge Regione Marche	12 Luglio 2011 n.106
_ Legge Regione Marche	8 Ottobre 2009 n.22
_ Legge	24 Dicembre 2007 n.244 art. 1 - comma 258
_ Legge Regione Marche	5 Agosto 1992 n.34
_ Delibera Giunta Regionale	27 Gennaio 2014 n.57
_ Delibera Giunta Regionale	1 Agosto 2012 n. 1231

**RIFERIMENTI NORMATIVI**

Elaborato <b>08_Rev</b>	DATA	SCALA
	30.04.2021	

**VAR - 1 VARIANTE PARZIALE IN Z3**  
**\_Rapporto Geologico - Geotecnico**

PER APPROVAZIONE  
**VARIANTE ADOTTATA**

**ai sensi dell'art. 26 - comma 1 - Legge Regionale N. 34 - 05.08.1992**

## INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELLA ZONA.....	4
2.1. INQUADRAMENTO GENERALE.....	4
2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
2.3. INQUADRAMENTO TETTONICO-STRUTTURALE.....	6
2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	8
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE.....	11
3.1. PERFORAZIONI.....	11
3.2. PENETROMETRIE DINAMICHE PESANTI.....	12
3.3. INDAGINI SISMICHE PASSIVE.....	13
3.3.1. MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA.....	14
3.3.2. METODO H/V.....	14
3.3.3. STIMA DI $V_{s,eq}$ A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA.....	15
3.3.4. MODI DI VIBRARE.....	16
3.4. INDAGINI SISMICHE ATTIVE.....	17
3.4.1. CENNI TEORICI.....	17
4. CARATTERIZZAZIONE DEI SETTORI DI STUDIO.....	20
4.1. SETTORE E.....	20
4.1.1. UBICAZIONE.....	20
4.1.2. GEOLOGIA.....	21
4.1.3. GEOMORFOLOGIA.....	21
4.1.4. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA.....	21
4.1.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	22
4.1.6. PARAMETRI GEOTECNICI.....	23
4.1.7. PARAMETRI SISMICI N.T.C. 2018.....	24
4.1.8. MICROZONAZIONE SISMICA.....	25
4.2. SETTORE D*.....	26
4.2.1. UBICAZIONE.....	26
4.2.2. GEOLOGIA.....	26
4.2.3. GEOMORFOLOGIA.....	27
4.2.4. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA.....	27
4.2.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	28
4.2.6. PARAMETRI GEOTECNICI.....	29
4.2.7. PARAMETRI SISMICI N.T.C. 2018.....	30
4.2.8. MICROZONAZIONE SISMICA.....	31

## ALLEGATI

1	PLANIMETRIA VAR. 1 - VARIANTE IN Z3	1:2500
2	CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA	1:25000
3	CARTA TECNICA NUMERICA DELLA REGIONE MARCHE	1:10000
4	CARTA GEOLOGICA REGIONALE	1:10000
5	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	1:10000
6	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	1:5000
7	CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (P.R.G. VIGENTE)	1:5000
8	CARTA DELLE PERICOL. GEOLOGICHE E SISMICHE (P.R.G. VIGENTE)	1:5000
9	CARTA DELLE INDAGINI	1:2500
10	STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE	
11	COLONNE STRATIGRAFICHE	
12	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	
13	PROVE SISMICHE HVSR	
14	PROVE SISMICHE MASW	
15	PERICOLOSITA' SISMICA N.T.C. 2018	

## **1. PREMESSA**

Nella presente relazione sono esposti i risultati degli studi geologico-geotecnici sviluppati a corredo della proposta di variante al vigente Piano Regolatore Generale del Comune di Sant'Angelo in Vado (PU). Si tratta, più in particolare, della prima (Variante 1 in Z3) di una serie di varianti previste nell'ambito di un programma di rigenerazione urbana.

Rimandando alla Relazione Generale ed alle tavole grafiche per l'analisi puntuale della proposta urbanistica, nel seguito si focalizzerà l'attenzione sui due settori oggetto di trasformazione urbanistica:

### **Settore E: Zona Agricola**

Le aree rimaste inattuate nel tempo che in proposta di variante si trasformano, da aree inattive (AI), in Zona di Produzione Agricola e quindi in coincidenza con la destinazione originaria di agricola (Zona E). In pratica l'obiettivo della proposta di variante è la previsione di riconvertire tali aree, da un settore secondario/terziario non attuato per oltre un decennio, all'originario settore primario; ciò determinerebbe un rilancio nella agricoltura sistemica e consorziale, una conseguenziale attivazione di una filiera del tartufo, un generale sistema di integrazione tra i vari settori della produzione globale del territorio di Sant'Angelo in Vado.

### **Settore D\*: Zona Industriale di Espansione**

Si tratta di un'area attualmente destinata ad uso agricolo sulla quali proprietari e/o imprenditori propongono fattivi ed interessanti programmi di rilancio economico realizzando un Nuovo Comparto Produttivo in cui costruire una industria sostenibile capace di generare attività indotte e attese nella occupazione di addetti locali; quindi un area riconvertita alla produttività (Zona D\*), normata e attuata con le indicazioni delle NTA, integrate con regole invariante dell'eco sostenibilità.

In questo settore sono compresi due Eco-Sistema Filtri, indicati rispettivamente con EF1 e EF2, che costituiranno aree da rinverdire mediante progetti di miglioramento ambientale e di sistemazioni paesaggistiche; in esse saranno previste (come elementi di minimizzazione, compensazione e protezione) fasce vegetate di diversa natura, consistenza, valore ecologico, valore eco sistemico e con diverse funzioni.

Si ritiene opportuno precisare che il presente studio è stato focalizzato su entrambi i settori oggetto di trasformazione anche se la particolare destinazione del Settore E indurrebbe a ritenere superflui gli approfondimenti di tipo geologico-geotecnico-geofisico per questa specifica area. Le ragioni di questo approccio sono fondamentalmente due:

- si è ritenuto di dare importanza al concetto di "trasformazione urbanistica", a prescindere dalla destinazione finale delle aree;
- la notevole disponibilità di dati geognostici e geofisici raccolti in passato nel Settore E, consente di caratterizzare in modo più organico ed ampio l'intera zona.

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

### 2.1. INQUADRAMENTO GENERALE

I confini territoriali del Comune di Sant'Angelo in Vado, che ha una superficie di 67.3 Km<sup>2</sup>, si sviluppano per circa 52 km, ricalcando solo in parte elementi naturali rappresentati da crinali e corsi d'acqua.

Il territorio comunale ha forma allungata in direzione Nord-Sud e per circa il 91.1% ricade nel bacino del Fiume Metauro, mentre per il restante 8.9% fa capo al bacino del Fiume Foglia.

Del 91.1% ricadente nel bacino del Fiume Metauro, una parte pari a circa il 12.8% del territorio comunale, compete al Fiume Candigliano che rappresenta il suo più importante tributario.

Lo spartiacque tra F. Foglia e F. Metauro si sviluppa per circa 7595 m, raggiungendo la quota massima di 645 m s.l.m., mentre quello tra i bacini del F. Metauro e del F. Candigliano ha una lunghezza di circa 5455 m e quote che raggiungono il valore massimo di 705 m s.l.m.. Entrambi gli spartiacque hanno andamento OSO-NNE.

Nell'ambito del bacino principale del Fiume Metauro i tributari più importanti sono il Torrente Morsina (in destra idrografica), che occupa la parte Sud-Ovest del comune di Sant'Angelo in Vado ed il Fosso Apsa (in sinistra idrografica), ricadente nella parte Nord-Ovest dello stesso ambito territoriale.

Il fiume Metauro scorre da Ovest a Est tagliando il territorio comunale nella parte più larga dello stesso dividendolo in due parti pressoché equivalenti.

L'andamento dei predetti corsi d'acqua, all'interno del confine comunale, è discordante rispetto all'assetto tettonico dell'edificio appenninico in quanto tagliano trasversalmente (andamento diaclinale) le relative strutture geologiche.

Si precisa che nel 2015 i sottoscritti hanno collaborato con il Dott. Geol. Giovanni Sacchi alla esecuzione degli studi di microzonazione sismica (MS) di livello 1 relativi al comune di Sant'Angelo in Vado. Da tali studi, a suo tempo sintetizzati nella "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", sono state direttamente riprese le valutazioni relative all'amplificazione sismica locale.

In appendice, sono forniti gli stralci della Carta Tecnica delle Marche, della Carta Geologica Regionale, del Piano di Assetto Idrogeologico e della Carta delle MOPS sopra menzionata.

Sempre in appendice sono forniti gli stralci di allegati cartografici di carattere geologico, al vigente P.R.G.:

- Carta Geologica e Geomorfologica (Tav 12.b)
- Carta delle pericolosità geologiche e della maggiore pericolosità sismica (Tav. 18.b-19.b)

Nella tabella che segue sono indicati, per ogni settore, i riferimenti cartografici più importanti.

Settore	Ubicazione	Sezione I.G.M.I. 1:25000	Sez. C.T.R. Marche 1:10000	Foglio di mappa 1:2000
E	Cà Paiardo - Camaspino	279 III Sant'Angelo in Vado	279100 Peglio	41
D*	San Lorenzo in Selvanera	279 III Sant'Angelo in Vado	279100 Peglio	32-41

## 2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le formazioni geologiche che costituiscono l'ossatura dei rilievi e delle valli presenti nel territorio comunale di Sant'Angelo in Vado 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 suddividersi principalmente nelle seguenti categorie:

- **terreni continentali di copertura**, costituiti da depositi secondari e di alterazione (verranno dettagliatamente descritti nel paragrafo dedicato alla geomorfologia ed ai depositi continentali quaternari);
- **substrato geologico marino**, rappresentato da formazioni rocciose in situ.

Nel territorio comunale il substrato geologico, formatosi in ambiente di deposizione marino, è costituito dalle seguenti unità:

- Formazione Marnoso-Arenacea;
- Formazione dello Schlier;
- Formazione del Bisciario;
- Formazione della Scaglia Cinerea;
- Formazione della Scaglia Variegata;
- Formazione della Scaglia Rossa.

I settori E e D\*, in particolare, sono interessati **dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana** e dalla **Formazione dello Schlier**.

- **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 Sant'Angelo in Vado.

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 sottounità sopra elencate, il Membro di Sant'Angelo in Vado (FAM1) è quella che interessa direttamente la zona in studio.

E' 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.

- **Formazione dello Schlier (SCH)**

Si tratta di marne a varia consistenza e con contenuto argilloso progressivamente maggiore verso la parte alta della formazione. Il colore è biancastro nella parte inferiore e media del complesso, prevalentemente grigiastro in quella superiore.

La stratificazione è poco netta e spesso è resa evidente solo dal maggior contenuto calcareo di alcuni strati che, per la maggior durezza, appaiono più sporgenti rispetto alle litologie meno resistenti.

Gli strati sono in genere medio-sottili, mentre la frattura è di norma concoide tranne in quei settori nei quali l'intensa tettonizzazione ha prodotto sistemi di fratture più fitti.

### **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

Calcarea 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 Calcarea 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 Calcarea 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 Sant'Angelo in Vado. Si tratta del principale fiume della regione Marche per lunghezza, con 121 km totali di corso, portata media di acqua (circa 21 m<sup>3</sup>/s) ed estensione di bacino (1325 km<sup>2</sup>); si 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 disgregabili 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 meandriforme; 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 di 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 dendritico, tipico di terreni omogenei, impermeabili e a limitata acclività.

Riguardo ai depositi quaternari presenti all'interno del territorio comunale di Sant'Angelo in Vado, nel seguito si fornisce un elenco delle varie tipologie, utilizzando i criteri di classificazione definiti nella Carta Geologica della Regione Marche:

- Depositi alluvionali terrazzati;
- Depositi eluvio-colluviali;
- Depositi di versante;
- Depositi di frana.

I due ambiti di trasformazione sono interessati solo dai **depositi alluvionali terrazzati** e dai **depositi eluvio-colluviali**.

### • Depositi alluvionali terrazzati

Si tratta di sedimenti fluviali, prevalentemente ghiaiosi di corsi d'acqua a canali multipli, poggianti 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 ricondotta al seguente schema:

- 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 limoso-sabbioso-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 Sant'Angelo in Vado.

Nella Carta Geologica Regionale in scala 1:10000, i depositi alluvionali riconoscibili nell'ambito del territorio comunale di Sant'Angelo in Vado sono stati attribuiti a sintemi e supersintemi, denominati: *del Fiume Musone (MUSbn)*, *Matelica (MTIbn)*, *Colle Ulivo-Colonia Montani (ACbn)* e *Urbana (URbn)* tenendo conto delle località dove questi sono meglio rappresentati, anche con elementi di datazione.

Come già precisato, la zona in studio è interessata dal sintema **MTIbn**, ricollegabile ai terrazzi del III ordine tradizionale ed alle conoidi alluvionali.

### • Depositi eluvio-colluviali

I depositi eluvio-colluviali, identificati nel CARG con la sigla **MUSb2**, costituiscono generalmente il fondo di vallecole 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 10 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.

Questa valutazione è rafforzata dall'analisi dei dati litostratigrafici di sondaggi eseguiti in questo tipo di terreno, da cui si evince che il contenuto di materiale grossolano nei depositi eluvio-colluviali è del tutto trascurabile.

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Nel 2014, nell'ambito del programma di rigenerazione urbana elaborato dalla passata Amministrazione Comunale con il P.O.R.U. (Programma Operativo di Riqualificazione Urbana), furono eseguite indagini geognostiche su una serie di aree interessate dall'iniziativa. Per il Settore E, in particolare, si dispone dei risultati di numerosi carotaggi, penetrometrie dinamiche e prove sismiche HVSR.

Per il Settore D\*, non coperto dalle precedenti campagne di indagini, sono state eseguite n° 4 penetrometrie dinamiche pesanti ed una prova sismica attiva di tipo MASW. I dati raccolti sono stati comunque integrati con informazioni provenienti da perforazioni, penetrometrie dinamiche e prove HVSR eseguite in aree limitrofe.

#### 3.1. PERFORAZIONI

Sono state eseguite a secco utilizzando attrezzatura cingolata ELLETTARI EK 200S dotata di campionatore semplice da 110 mm di diametro. Le perforazioni sono state protratte fino al raggiungimento del substrato geologico e le carote sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici. Sulle carote costituite da terreno coesivo, dovuto alla presenza di argilla e/o limo, sono state eseguite prove rapide con strumentazione tascabile (penetrometro e scissometro). Nella Foto 1 è visibile la perforatrice utilizzata per i carotaggi del 2014.



Foto 1 - Attrezzatura utilizzata per le perforazioni del 2014

### 3.2. PENETROMETRIE DINAMICHE PESANTI

I sondaggi indiretti sono stati eseguiti con l'attrezzatura pesante PAGANI tipo EMILIA 20 (v. Foto 2).



Foto 2 - Attrezzatura utilizzata per le penetrometrie dinamiche pesanti

Le caratteristiche tecniche fondamentali dell'attrezzatura, sono di seguito riassunte:

Riferimento Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.50	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	5	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	3	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.646	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

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 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 penetrometrie dinamiche 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 PASSIVE**

Nel 2014, le indagini sismiche passive HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o metodo di Nakamura) sono state 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.



**Foto 3 - Tromometro digitale in fase di acquisizione dati**

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 state eseguite utilizzando un tromometro digitale *Tromino* (v. Foto 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.

### 3.3.1. 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*.

### 3.3.2. 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 esempio coltre alterazione + bedrock (o strato assimilabile al bedrock come, ad esempio, argille su ghiaie), dove i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-2), i due strati hanno rispettivamente diverse densità  $\rho_1$  e  $\rho_2$  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 ( $\lambda$ ) 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.

### INTERPRETAZIONE SEMPLIFICATA DI TECNICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

- La frequenza fondamentale di risonanza  $f$  del sedimento dipende dallo spessore  $H$  del sedimento e dalla velocità media  $V$  delle onde nel sedimento.

**ATTENZIONE!**  
Questa formula vale solo nei sistemi strato+bedrock

$$f = \frac{V}{4H} n \quad n = 1, 3, 5...$$

- Conoscendo lo spessore  $H$  del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde  $S$ .
- Alternativamente, conoscendo quest'ultima è possibile definire lo spessore  $H$  dello strato sedimentario.

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.

#### **3.3.3. 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 ( $>30\text{Hz}$ ), 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). Nella 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).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs media (m/s)	Vs max. (m/s)
<b>Rocce molto dure</b> (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	...
<b>Rocce dure</b> (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
<b>Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure</b> (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con + del 20% di ghiaia)	375	540	700
<b>Argille compatte e suoli sabbiosi</b> (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
<b>Terreni teneri</b> (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

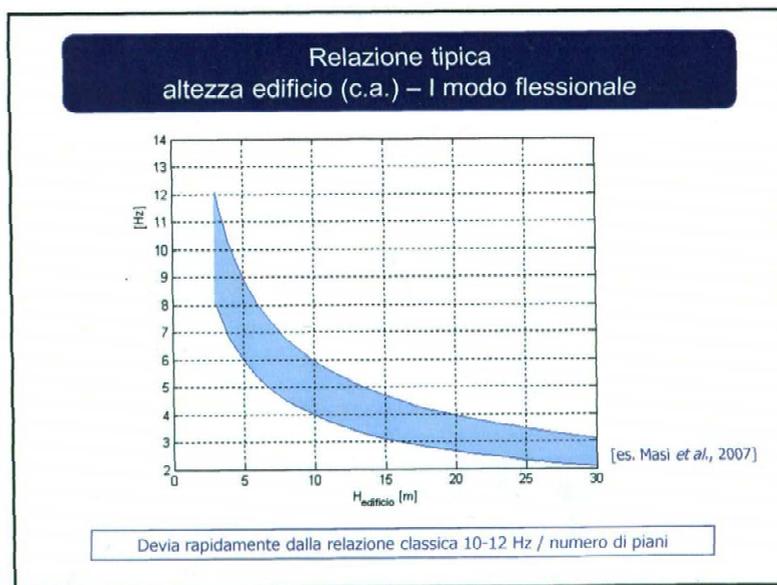
### 3.3.4. MODI DI VIBRARE

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

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:

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



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).

### 3.4. INDAGINI SISMICHE ATTIVE

In questa fase si è ritenuto opportuno integrare le precedenti indagini sismiche con una prova attiva di tipo MASW eseguita nel Settore D\*, ubicato a Nord della S.S. n° 73 bis di Bocca Trabaria.

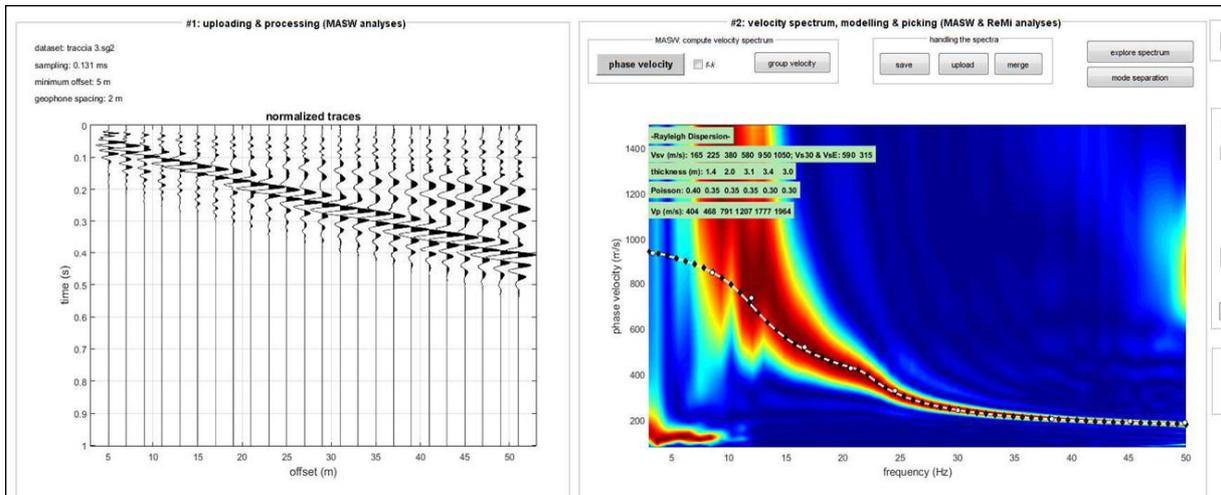
L'indagine è avvenuta con lo scopo di avere informazioni, nota la stratigrafia, sulle caratteristiche di propagazione delle onde sismiche Vs nel terreno oggetto di studio.

#### 3.4.1. CENNI TEORICI

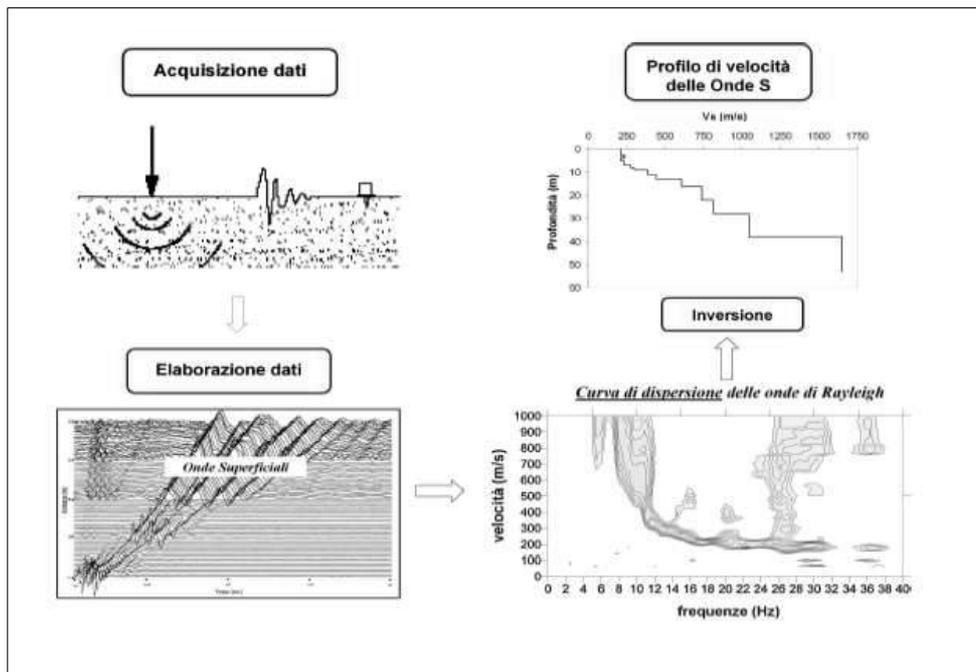
La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

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. Nella figura che segue sono riportate due distinte rappresentazioni del segnale.



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".

## **4. CARATTERIZZAZIONE DEI SETTORI DI STUDIO**

Come è già stato puntualizzato in premessa, l'ambito Z3, interessato dalla presente proposta urbanistica, è stato suddiviso nei due settori di studio E e D\*.

E' inoltre opportuno ribadire le motivazioni che hanno indotto a caratterizzare anche il Settore E, nonostante la sua particolare destinazione possa indurre a ritenere superflui gli approfondimenti di tipo geologico-geotecnico-geofisico per questa specifica area:

- si è ritenuto di dare importanza al concetto di “trasformazione urbanistica”, a prescindere dalla destinazione finale delle aree;
- la notevole disponibilità di dati geognostici e geofisici raccolti in passato nel Settore E, consente di caratterizzare in modo più organico ed ampio l'intera zona.

### **4.1. SETTORE E**

#### **4.1.1. UBICAZIONE**

L'area è situata nella zona Ovest della zona industriale di Sant'Angelo in Vado, ai margini del centro abitato, a valle della strada statale 73bis di Bocca Trabaria, nel tratto che collega i comuni di Sant'Angelo in Vado e Urbania.



**Foto 4 - Panoramica ambito di studio E**

#### **4.1.2. GEOLOGIA**

Litologicamente i terreni sono rappresentati, al di sotto della coltre di terreno agrario dello spessore massimo di circa 1.00 m, da limi argilloso-sabbiosi a consistenza variabile, sovrastanti a ghiaia in matrice limoso-sabbiosa.

Trattasi di un deposito prevalentemente alluvionale di età Pleistocenica la cui potenza aumenta in direzione dell'asta fluviale passando da spessori di circa 3.70 m a spessori di circa 6.50 m.

La parte più superficiale della coltre deriva in minima parte 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, a Ovest, dal membro di Sant'Angelo in Vado (FAM1) della Formazione Marnoso-Arenacea di età Miocenica (Messiniano Inferiore e Tortoniano). Questa unità è costituita da un'alternanza di peliti prevalenti ed areniti, con un rapporto A/P pari a circa 1:5-1:6.

Nella parte Est il substrato è invece rappresentato dalla Formazione dello Schlier (SCH). Si tratta di marne a varia consistenza e con contenuto argilloso progressivamente maggiore verso la parte alta della formazione. La stratificazione è poco netta e gli strati sono in genere medio-sottili.

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

#### **4.1.3. GEOMORFOLOGIA**

L'area si colloca in sinistra orografica del Fiume Metauro e presenta i caratteri tipici di un terrazzo alluvionale del III ordine, sub-pianeggiante.

La quota altimetrica è compresa fra 343 e 351 m s.l.m., con un'elevazione rispetto all'alveo fluviale di almeno 6 m. L'inclinazione naturale è generalmente orientata a Sud-Est, con valori di pendenza inferiori al 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.

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

- 1) l'area è sub-orizzontale e non è interessata da fenomeni gravitativi (attivi o quiescenti);
- 2) è presente un deposito detritico di non elevato spessore e buona consistenza;
- 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.

#### **4.1.4. 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 (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 argillose e da arenarie con intercalazioni argilloso-marnose di natura litoide, è diverso dal comportamento dei sedimenti eluvio-colluviali ed alluvionali sciolti.

Le marne argillose 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 sembra essere arealmente continua e la superficie piezometrica raggiunge quote molto prossime al piano di campagna (profondità minima pari a 0.40 m).

#### 4.1.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini del 2014 hanno evidenziato la presenza di un deposito detritico costituito da limi argilloso-sabbiosi gravanti su ghiaia di natura marnosa ed arenacea, in matrice limoso-sabbiosa, di origine alluvionale. La successione litostratigrafica è schematizzabile come segue:

Litotipo	Descrizione
0	Terreno agrario
1	Limo argilloso-sabbioso a plasticità e consistenza variabili
2	Ghiaie in matrice limoso-sabbiosa
3	Marne argillose, marne ed arenarie del substrato superficialmente alterate

Il Litotipo 1 risulta quasi sempre umido soprattutto per ragioni connesse alla posizione della falda.

Nel seguito si riportano le profondità rilevate attraverso sondaggi e penetrometrie dinamiche.

Livello	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	DIN14	DIN15
0	0.0-0.5	0.0-0.8	0.0-0.5	0.0-0.5	0.0-0.7	0.0-0.7	0.0-0.7	0.0-0.6	0.0-0.6
1	0.5-5.5	0.8-3.2	0.5-2.8	0.5-2.0	0.7-2.0	0.7-2.5	0.7-2.0	0.6-3.4	0.6-5.0
2	5.5-6.5	3.2-4.2	2.8-3.7	2.0-5.0	2.0-6.4	2.5-3.3	2.0-4.2	3.4-4.8	5.0-5.6
1	-----	-----	-----	-----	-----	3.3-4.0	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----	-----	-----	4.0-5.8	-----	-----	-----
3	6.5-8.5...	4.2-5.0...	3.7-4.5...	5.0-7.2...	6.4-8.5...	5.8-6.5...	4.2-4.8...	4.8-5.0...	5.6-6.0...
<b>Falda 0</b>	4.0	3.2	2.8	2.5	3.8	3.2	2.0	2.2	2.0
<b>Falda 1</b>	0.6	0.5	0.4	0.4	1.8	1.5	0.5	0.6	0.6

Falda 0: profondità di falda al momento dell'esecuzione della prova

Falda 1: profondità di falda dopo 3 ore

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

- il limo argilloso-sabbioso (Litotipo 1) occupa in maniera generalizzata la parte superiore del deposito;
- la ghiaia alluvionale (Livello 2) occupa tendenzialmente la parte basale della coltre ed è generalmente presente ovunque;
- la falda idrica sembra essere arealmente continua e la superficie piezometrica si attesta a profondità prossime al piano di campagna.

#### 4.1.6. 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:

Livello		1	2	3
<b>Peso di volume</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.0	19.5	22.0
<b>Angolo di attrito efficace</b>	$\phi'$ (°)	24	32	20
<b>Coesione efficace</b>	$c'$ (kPa)	15	0	150
<b>Coesione non drenata</b>	$C_u$ (kPa)	75	-----	400
<b>Coefficiente di spinta a riposo</b>	$k_0$	0.59	0.47	0.25
<b>Modulo elastico normale</b>	$E$ (kPa)	6000	20000	60000
<b>Modulo elastico tangenziale</b>	$G$ (kPa)	2200	7580	25000
<b>Coefficiente di Poisson</b>	$\mu$	0.37	0.32	0.20

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

- non è stato preso in considerazione il Livello 0 (terreno vegetale) 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.

#### 4.1.7. 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
<b>A</b>	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>B</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
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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.
<b>E</b>	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
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base dei risultati delle prove sismiche HVSR, il Settore E è classificabile in **Categoria di Sottosuolo B**.

Indagine HVSR	$V_{S,eq} - V_{S,30}$ (m/s)
TR7	403
TR8	497
TR9	485

Media	462
<b>Categoria sottosuolo = B</b>	

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). Nella situazione specifica, in tutte le prove è risultato  $H > 30$  m e pertanto si può sempre assumere  $V_{s,eq} = V_{s,30}$ .

Dal punto di vista geomorfologico l'area è ubicata in un terrazzo alluvionale ed è pertanto classificabile in **categoria topografica T1**.

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

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**) riportata in allegato.

#### 4.1.8. MICROZONAZIONE SISMICA

L'area ricade all'interno dell'ambito di microzonazione sismica di Livello 1. Nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, di cui si allega stralcio, essa rientra, in particolare, nelle Zone 02 e 05 di seguito descritte:

- **Zona 02:** *questa zona è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita, dopo un eventuale piccolo spessore superficiale di limi sabbioso-argillosi (0.0-2.5), essenzialmente da ghiaie (2.5-8 m) da addensate a molto addensate, di genesi generalmente alluvionale, poggianti su uno qualsiasi dei substrati presenti nell'ambito di studio; all'interno del corpo ghiaioso, quando lo spessore è più elevato, possono essere presenti limitati spessori (0.2-1.5 m) di sabbie limose. Come già indicato, il contatto ghiaie-substrato, viste le velocità non troppo dissimili tra i litotipi, non presenta contrasti di impedenza tali da generare amplificazioni significative.*
- **Zona 05:** *è una zona riguardante l'ambito geomorfologico e deposizionale di terrazzo fluviale in cui depositi di sedimenti fini (MLtf e CLtf) aventi spessore di 1.5-14.0 m, sono sovrapposti a spessori variabili, ma non elevati (1.5-4.0 m) di ghiaie alluvionali (GMtf), eventualmente comprendenti lenti o orizzonti di sabbia.*

E' opportuno precisare che la microzonazione sismica di primo livello ha riguardato un ambito molto più esteso della zona interessata dalla proposta di variante. Gli spessori della coltre ricadono pertanto in range più ampi di quelli riscontrati nel Settore E.

## **4.2. SETTORE D\***

### **4.2.1. UBICAZIONE**

L'area è situata in località San Lorenzo in Selvanera, a monte della Zona Industriale di Sant'Angelo in Vado e della strada statale 73bis di Bocca Trabaria.



**Foto 5 - Panoramica ambito di studio D\***

### **4.2.2. GEOLOGIA**

Litologicamente i terreni sono rappresentati, al di sotto della coltre di terreno agrario dello spessore di circa 1.00 m, da limi argillosi-sabbiosi a consistenza variabile, sovrastanti a ghiaia in matrice limoso-sabbiosa.

Trattasi di un deposito prevalentemente alluvionale che, procedendo verso monte, tende a lasciare progressivamente il posto a terreni di origine eluvio-colluviale. Anche sulla base di valutazioni di ordine geomorfologico, lo spessore complessivo della coltre può essere considerato variabile da 4.0 m fino ad un massimo di circa 8.6 m.

Come detto, la parte più superficiale della coltre deriva in minima parte 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 su tutto il settore dalla Formazione dello Schlier (SCH). Si tratta di marne a varia consistenza e con contenuto argilloso progressivamente maggiore verso la parte alta della formazione. La stratificazione è poco netta e gli strati sono in genere medio-sottili.

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

#### **4.2.3. GEOMORFOLOGIA**

L'area si colloca in sinistra orografica del Fiume Metauro e presenta i caratteri tipici di un terrazzo alluvionale del III ordine, sub-pianeggiante. Nella zona a monte, questo settore coinvolge anche la fascia di raccordo al sovrastante versante, localmente esposto a SSE.

La quota altimetrica è compresa fra 346 e 367 m s.l.m., con valori di pendenza generalmente inferiori al 5%. Solo in prossimità del vertice Nord-Ovest dell'area, le pendenze raggiungono valori massimi del 20%

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.

Come si evince dall'analisi della cartografia P.A.I. e delle carte tematiche allegate al P.R.G. vigente, non sono localmente censite perimetrazioni a rischio frana.

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

- 1) l'area è sub-orizzontale o debolmente acclive e non è interessata da fenomeni gravitativi (attivi o quiescenti);
- 2) è presente un deposito detritico di non elevato spessore e buona consistenza;
- 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.

#### **4.2.4. IDROLOGIA SUPERFICIALE E PROFONDA**

La rete di deflusso è attualmente rappresentata da una rete di piccoli fossi campestri non demaniali (sistemazioni idraulico-agrarie) che recapitano le acque superficiali nella cunetta di monte della Strada Statale n° 73 bis che confluisce a valle nel Fosso di Cà Frate. Per tutti gli aspetti legati alla compatibilità idraulica (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 e marne argillose di natura litoide, è diverso dal comportamento dei sedimenti eluvio-colluviali ed alluvionali sciolti.

La formazione di base (Schlier) risulta in generale poco permeabile anche se la fratturazione di strati più marnosi può creare a volte 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 sembra essere arealmente continua con una profondità minima della superficie piezometrica pari a

circa 1.90, valore rilevato nel corso di una penetrometria eseguita nel 2014 a Ovest del settore oggetto di studio. In corrispondenza delle penetrometrie effettuate nel 2020 sono state invece registrate profondità della falda generalmente maggiori.

#### 4.2.5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Inizialmente, la caratterizzazione litostratigrafica di questo settore è stata fatta sulla base dei dati raccolti attraverso sondaggi eseguiti ai limiti dell'area. Si tratta in parte delle perforazioni e delle penetrometrie eseguite nel 2014 per conto dell'Amministrazione Comunale di Sant'Angelo in Vado, e in parte di sondaggi diretti e indiretti eseguiti dal Dott. Geol. Geol. Giovanni Sacchi nel 2001 e 2002.

In questa fase si è ritenuto opportuno integrare le informazioni già disponibili con nuovi dati raccolti all'interno dell'ambito di studio attraverso l'esecuzione di n° 4 penetrometrie dinamiche pesanti (DPSH16-DPSH17-DPSH18-DPSH19)

Anche in questo caso si è in presenza di un deposito detritico costituito da limi argilloso-sabbiosi gravanti su ghiaia di natura marnosa ed arenacea, in matrice limoso-sabbiosa, di origine alluvionale. La successione litostratigrafica è schematizzabile come segue:

Litotipo	Descrizione
0	Terreno agrario
1	Limo argilloso-sabbioso a plasticità e consistenza variabili
2	Ghiaie in matrice limoso-sabbiosa
3	Marne argillose, marne ed arenarie del substrato superficialmente alterate

Il Litotipo 1 risulta quasi sempre umido soprattutto per ragioni connesse alla posizione della falda. Nel seguito si riportano le profondità rilevate attraverso sondaggi e penetrometrie dinamiche.

Livello	S1 <sup>2001</sup>	S1 <sup>2002</sup>	S2 <sup>2002</sup>	S3 <sup>2003</sup>	S3 <sup>2014</sup>	S5 <sup>2014</sup>	S10 <sup>2014</sup>
0	0.0-0.8	0.0-0.8	0.0-0.8	0.0-1.30	0.0-0.6	0.0-0.8	0.0-0.7
1	0.8-3.6	0.8-1.80	0.8-1.50	1.30-1.80	0.6-5.2	0.8-3.2	0.7-2.0
2	3.6-4.5	1.80-4.50	1.50-4.0	1.80-4.00	5.2-7.4	3.2-4.2	2.0-4.2
3	4.5-4.0...	4.5-5.0...	4.0-5.0...	4.0-5.0...	7.4-9.4...	4.2-5.0...	4.2-4.8...
Falda 0	3.5	4.2	3.0	3.0	5.2	3.2	2.0
Falda 1	-----	-----	-----	-----	2.0	0.5	0.5

Falda 0: profondità di falda al momento dell'esecuzione della prova

Falda 1: profondità di falda dopo 3 ore

Livello	DIN12 <sup>2014</sup>	DIN13 <sup>2014</sup>	DIN16 <sup>2020</sup>	DIN17 <sup>2020</sup>	DIN18 <sup>2020</sup>	DIN19 <sup>2020</sup>
0	0.0-0.4	0.0-0.2	0.0-0.4	0.0-0.4	0.0-0.4	0.0-0.4
1	0.4-5.4	0.2-3.6	0.4-4.8	0.4-6.8	0.4-3.4	0.4-3.0
2	5.4-7.2	3.6-8.4	4.8-6.2	6.8-8.6	3.4-5.0	3.0-5.2
3	7.2-7.6...	8.4-8.8...	6.2-6.4...	8.6-8.8...	5.0-5.2...	5.2-5.4...
<b>Falda 0</b>	2.0	2.8	4.0	6.0	3.4	2.8
<b>Falda 1</b>	1.9	2.0	-----	-----	-----	-----

Falda 0: profondità di falda al momento dell'esecuzione della prova

Falda 1: profondità di falda dopo 3 ore

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

- il limo argilloso-sabbioso (Litotipo 1) occupa in maniera generalizzata la parte superiore del deposito;
- la ghiaia alluvionale (Livello 2) occupa tendenzialmente la parte basale della coltre ed è generalmente presente ovunque;
- la falda idrica sembra essere arealmente continua e la superficie piezometrica si attesta a profondità prossime al piano di campagna.

#### 4.2.6. PARAMETRI GEOTECNICI

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

Livello		1	2	3
<b>Peso di volume</b>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.0	19.5	22.0
<b>Angolo di attrito efficace</b>	$\varphi'$ (°)	24	32	20
<b>Coesione efficace</b>	$c'$ (kPa)	15	0	150
<b>Coesione non drenata</b>	$C_u$ (kPa)	75	-----	400
<b>Coefficiente di spinta a riposo</b>	$k_0$	0.59	0.47	0.25
<b>Modulo elastico normale</b>	$E$ (kPa)	6000	20000	60000
<b>Modulo elastico tangenziale</b>	$G$ (kPa)	2200	7580	25000
<b>Coefficiente di Poisson</b>	$\mu$	0.37	0.32	0.20

Anche in questo caso, si ritiene di precisare quanto segue:

- non è stato preso in considerazione il Livello 0 (terreno vegetale) 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 ( $RMR=30$ ,  $\phi=5+0.5 \cdot RMR$ ,  $c=5 \cdot RMR$ ) 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.

#### 4.2.7. PARAMETRI SISMICI N.T.C. 2018

Sulla base dei risultati della prove sismiche HVSR e MASW il Settore D\* è classificabile in **Categoria di Sottosuolo B**.

Indagine sismica	$V_{s,30}$ (m/s)	$V_{s,eq}$ (m/s)
TR6	381	381
TR8	497	497
MASW1	605	366
Media	494	415
<b>Categoria sottosuolo = B</b>		

Come si è già evidenziato, 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). Nella situazione specifica, in tutte le prove HVSR è risultato  $H > 30$  m e pertanto si può sempre assumere  $V_{s,eq} = V_{s,30}$ . Nel caso della MASW il substrato sismico è stato rilevato ad una profondità inferiore a 30 m e si è quindi per  $V_{s,eq}$  e  $V_{s,30}$  sono stati definiti due valori distinti, comunque compresi fra 360 e 800 m/s.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è ubicata in un terrazzo alluvionale e in piccola parte nella fascia di raccordo con il sovrastante versante. Essa è pertanto classificabile in **categoria topografica T1**.

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

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**) riportata in allegato.

#### **4.2.8. MICROZONAZIONE SISMICA**

L'area ricade all'interno dell'ambito di microzonazione sismica di Livello 1. Nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, di cui si allega stralcio, essa rientra, in particolare, nelle Zone 04 e 05 di seguito descritte:

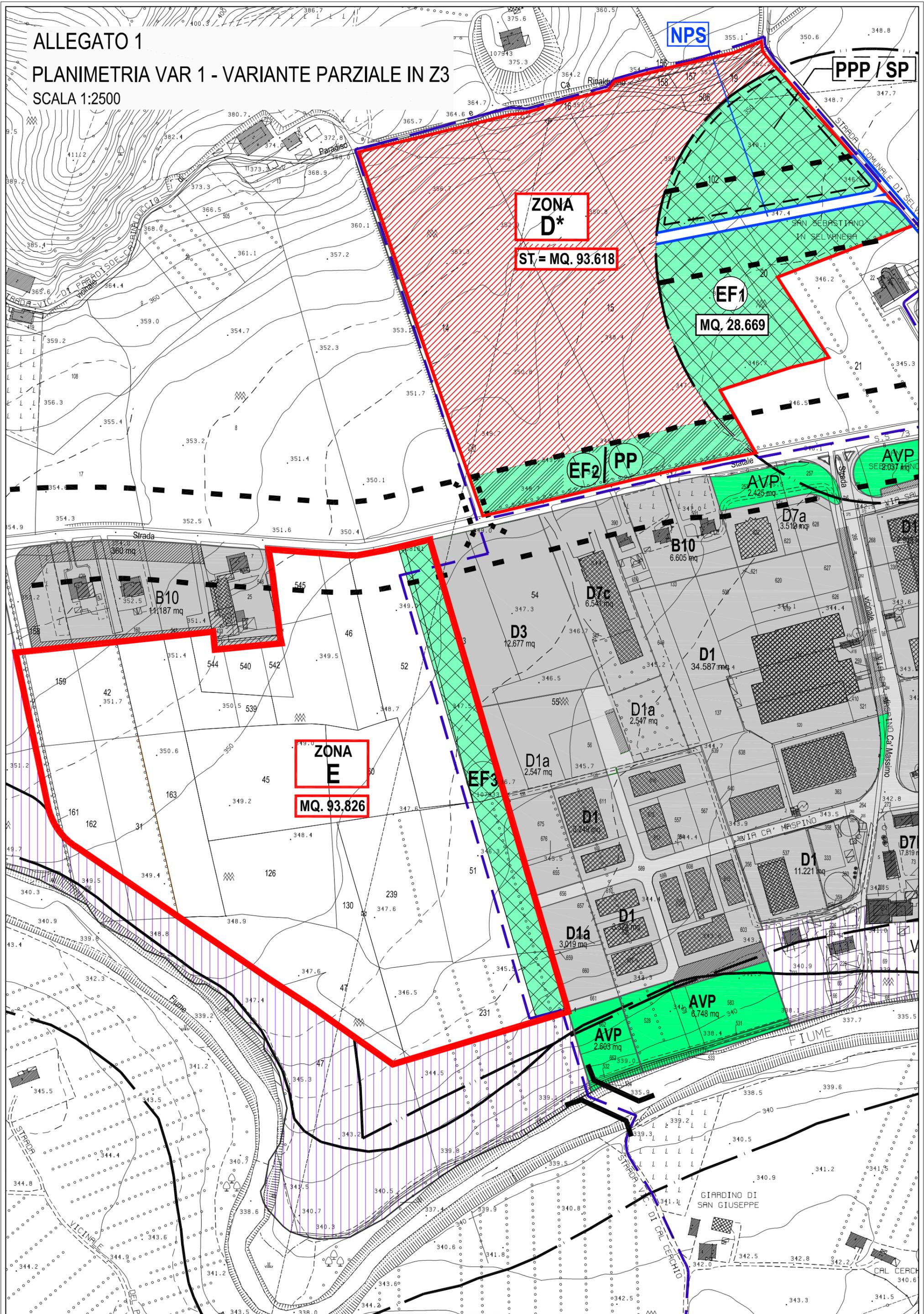
- **Zona 04:** *l'ambito geomorfologico e deposizionale cui è riferita questa zona, è in parte lo stesso della Zona 3, riguardando la fascia di transizione fra terrazzi alluvionali e versanti. In questo caso, tuttavia, i terreni fini (MLec e CLec) hanno spessore nettamente prevalente (3-11.50 ) rispetto al materiale grossolano di base (GMtf e in misura minore GMfd), non sempre presente (spessore pari a 0-3.5 m). All'interno della ghiaia alluvionale è possibile la presenza di sottili lenti o orizzonti sabbiosi.*
- **Zona 05:** *è una zona riguardante l'ambito geomorfologico e deposizionale di terrazzo fluviale in cui depositi di sedimenti fini (MLtf e CLtf) aventi spessore di 1.5-14.0 m, sono sovrapposti a spessori variabili, ma non elevati (1.5-4.0 m) di ghiaie alluvionali (GMtf), eventualmente comprendenti lenti o orizzonti di sabbia.*

E' opportuno precisare che la microzonazione sismica di primo livello ha riguardato un ambito molto più esteso della zona interessata dalla proposta di variante. Gli spessori della coltre ricadono pertanto in range più ampi di quelli riscontrati nel settore D\*.

ALLEGATO 1

PLANIMETRIA VAR 1 - VARIANTE PARZIALE IN Z3

SCALA 1:2500



ZONA D\*

ST = MQ. 93.618

ZONA E

MQ. 93.826

EF1

MQ. 28.669

EF2

PP

AVP

MQ. 2.037

AVP

MQ. 2.425

D7a

3.512 mq

B10

6.605 mq

D3

12.677 mq

D1

34.587 mq

D1a

2.547 mq

D1

3.049 mq

D1

11.221 mq

D1

3.019 mq

AVP

MQ. 6.748

AVP

MQ. 2.603

FIUME

GIARDINO DI SAN GIUSEPPE

CAL CERCHIO

PPP / SP

NPS

STADIA COMUNALE DI SELVA

SAN SEBASTIANO IN SELVANERA

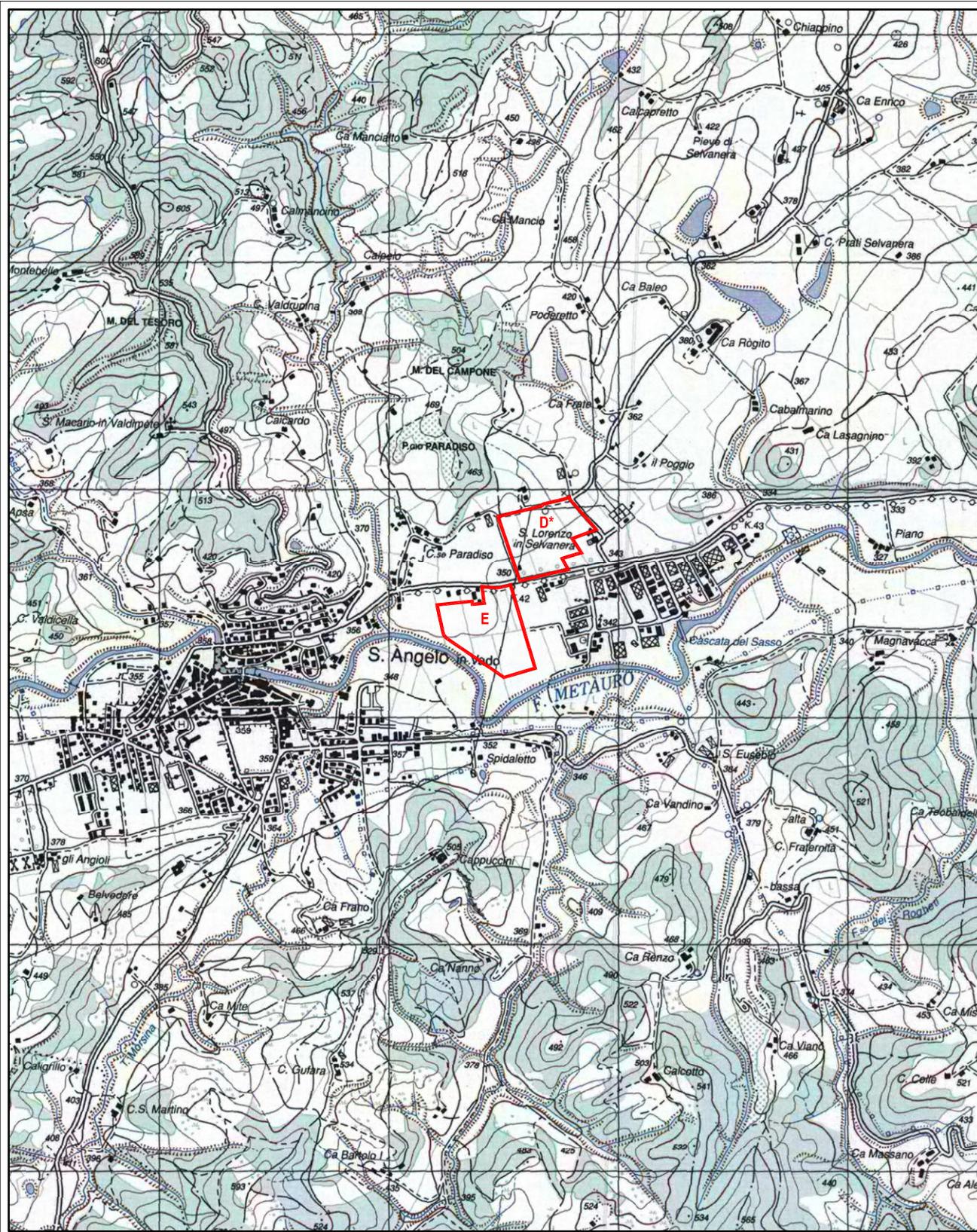
STADIA COMUNALE DI SELVA

# CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

scala 1:25000

Foglio 279 - Urbino

Sezione III - Sant'Angelo in Vado



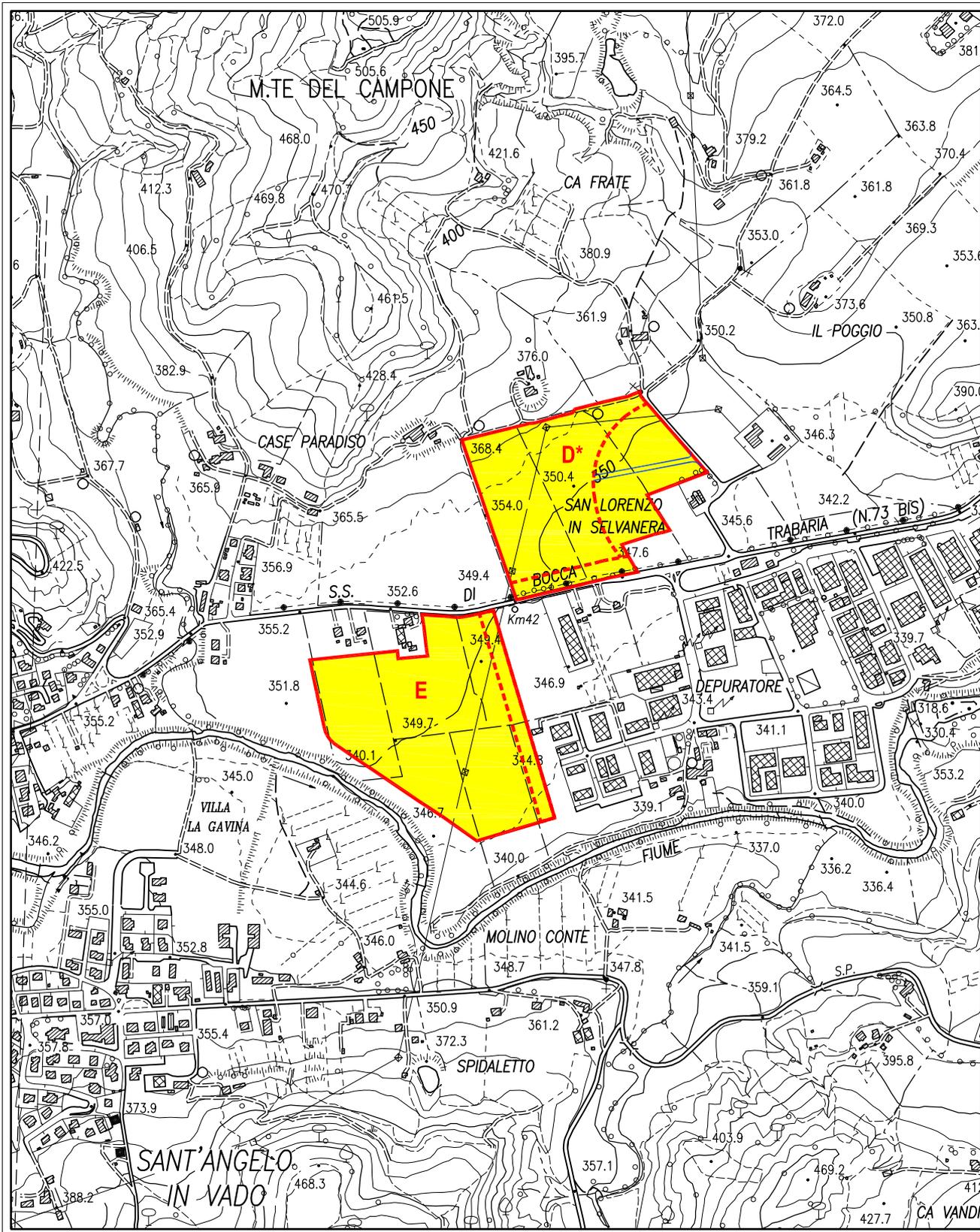
AREE IN TRASFORMAZIONE

# CARTA TECNICA NUMERICA DELLA REGIONE MARCHE

scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sezione 279100 - Peglio



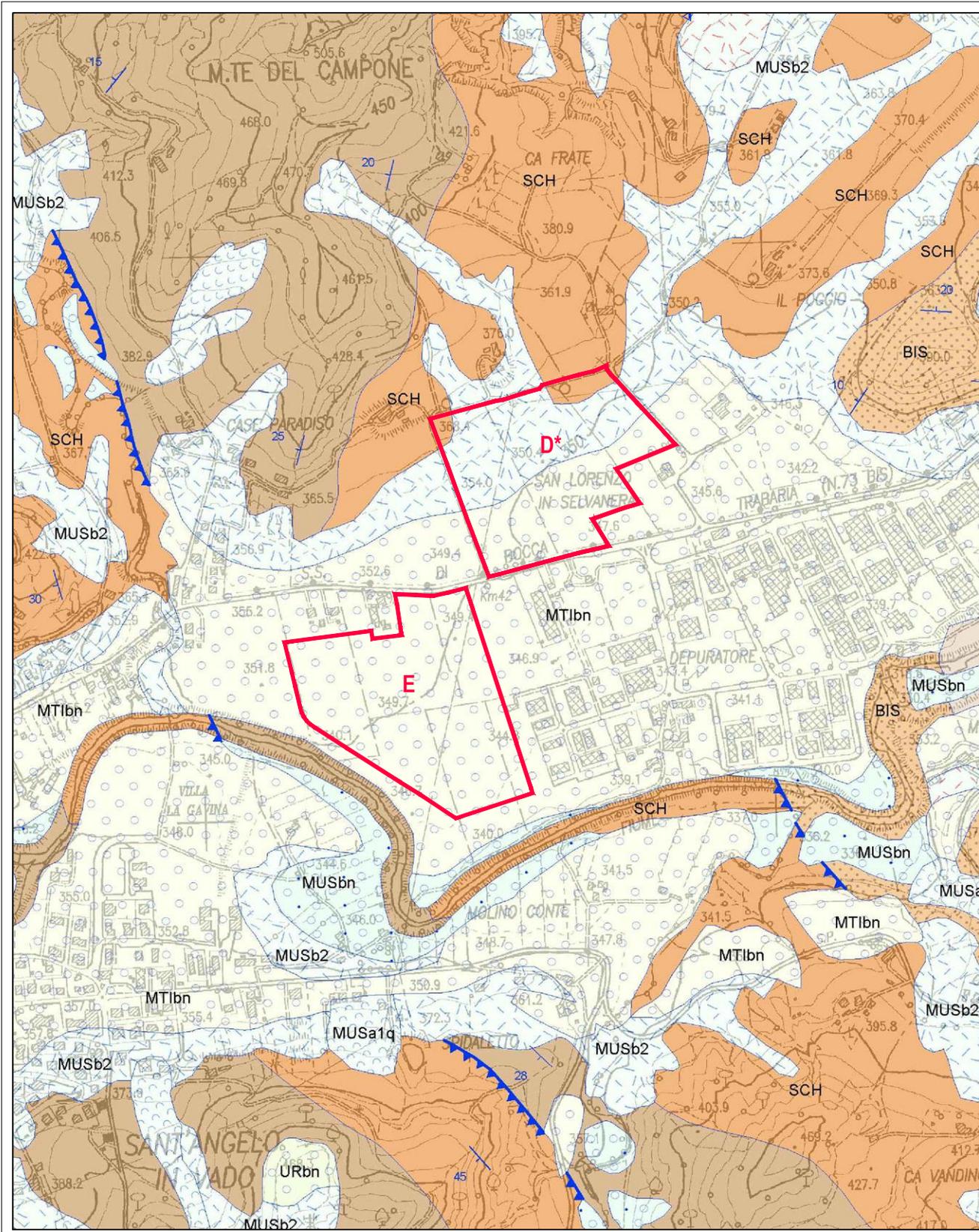
AREE IN TRASFORMAZIONE

# CARTA GEOLOGICA REGIONALE

scala 1:10000

Foglio 279 - Urbino

Sez. 279100 - Peglio



 FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA MARCHIGIANA, MEMBRO DI SANT'ANGELO IN VADO (FAM1)

 FORMAZIONE DELLO SCHLIER (SCH)

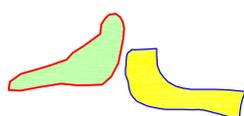
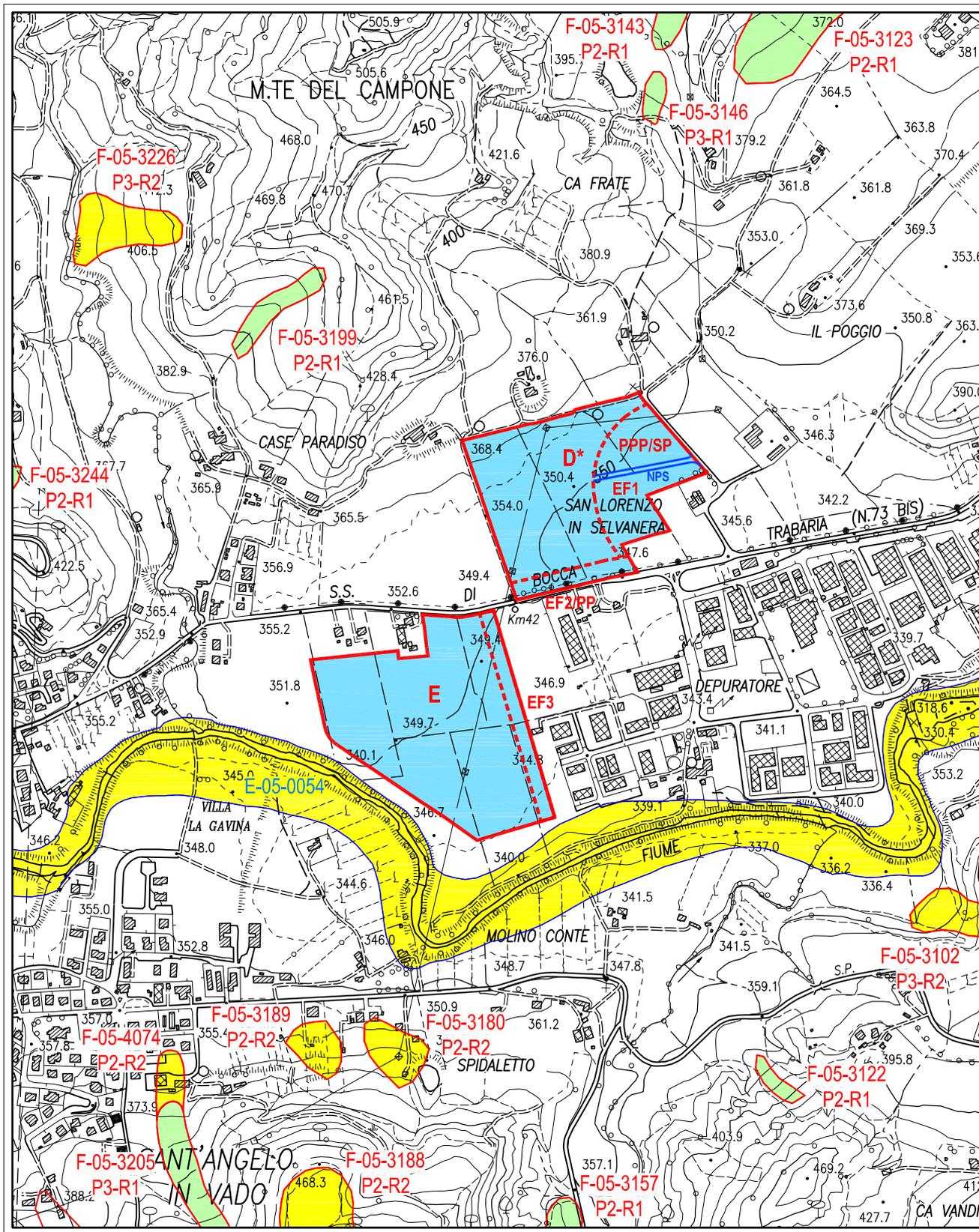
 DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI (MUSb2)

 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (MTIbn)

# PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

scala 1:10000

Tavola RI16\_a



PERIMETRAZIONI P.A.I.

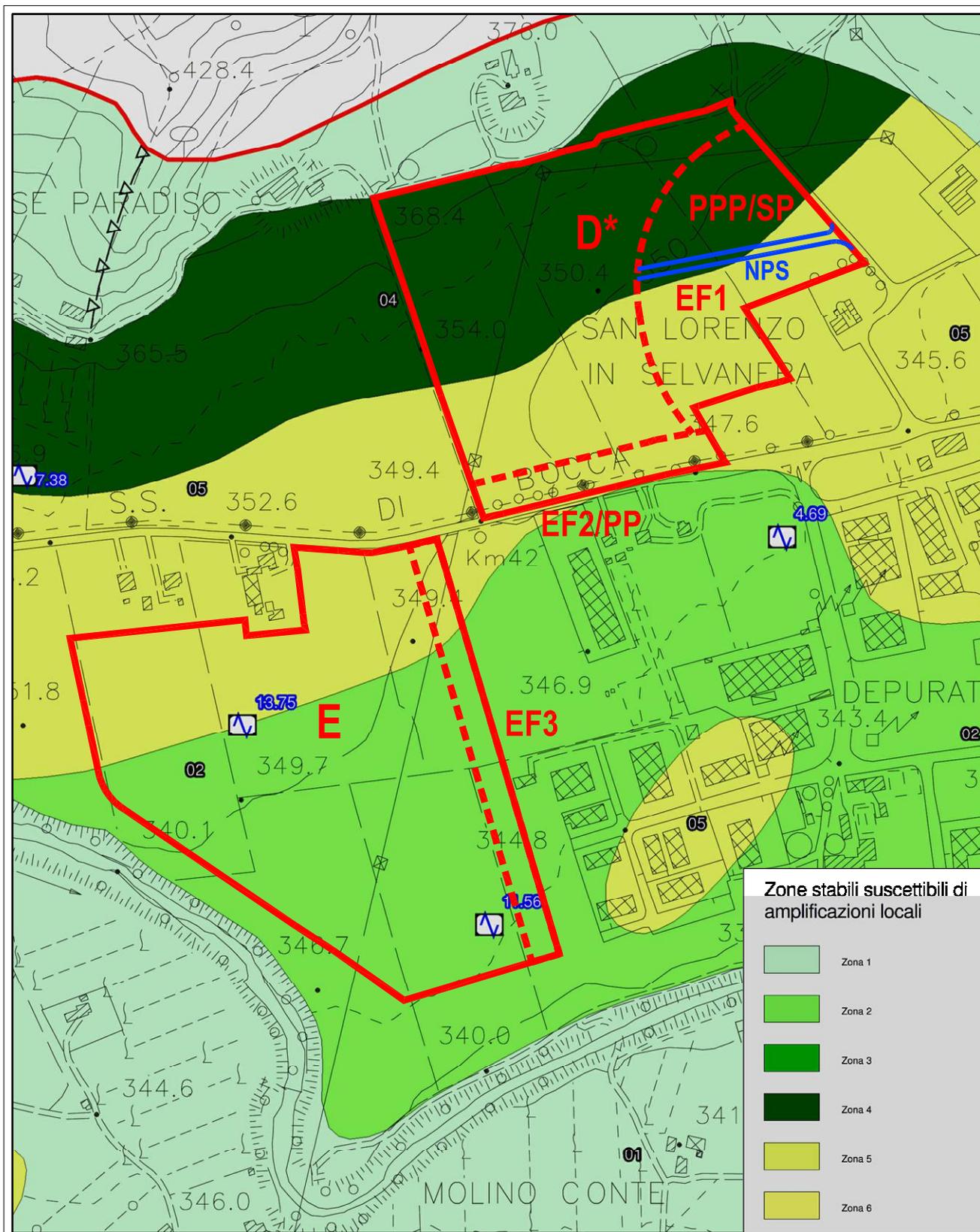


AREE IN TRASFORMAZIONE

# CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

scala 1:5000

MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO DEL COMUNE DI SANT'ANGELO IN VADO



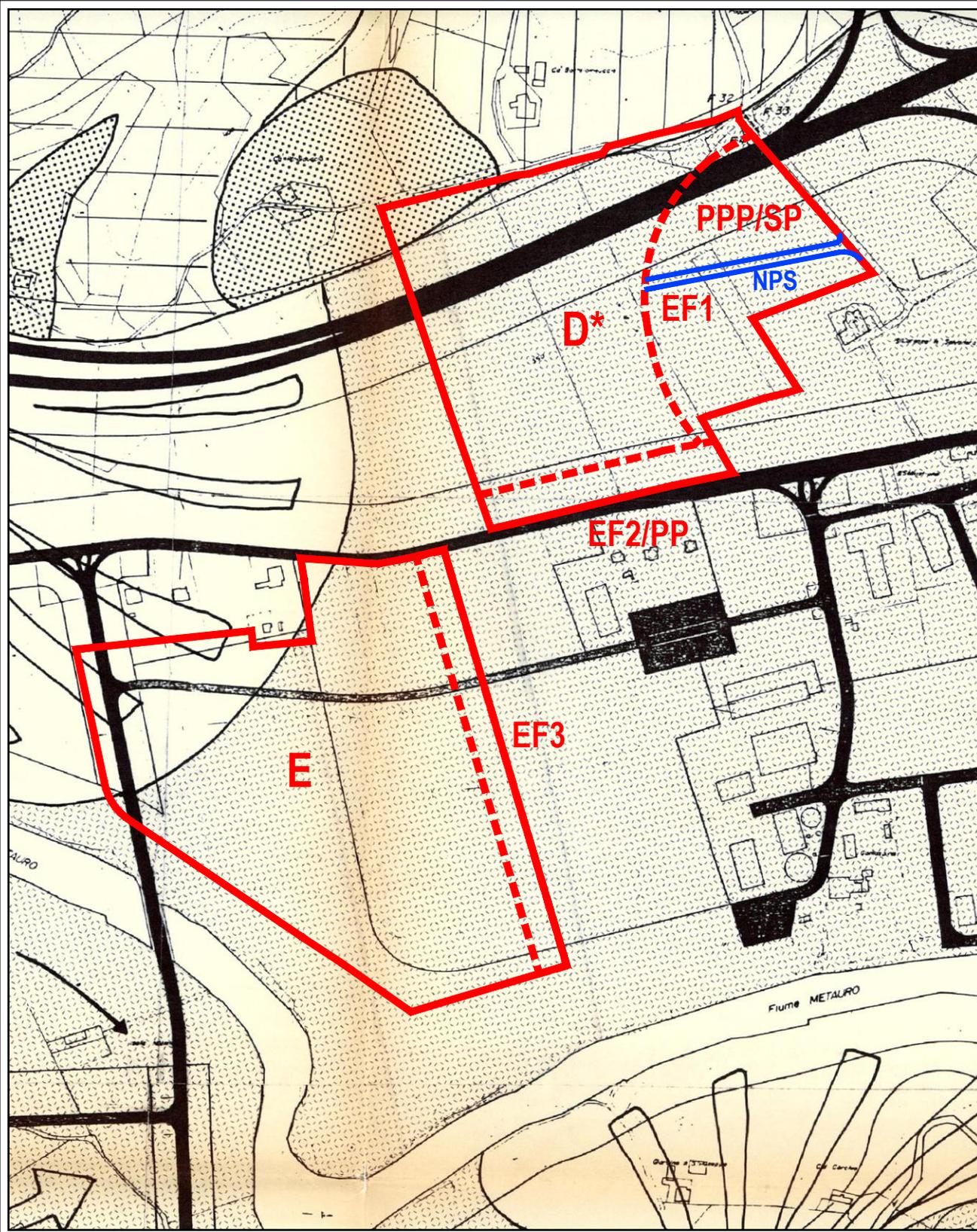
AREE IN TRASFORMAZIONE

# CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

scala 1:5000

PIANO REGOLATORE GENERALE VIGENTE

Tavola 12b



AREE IN TRASFORMAZIONE

# LEGENDA CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

PIANO REGOLATORE GENERALE VIGENTE

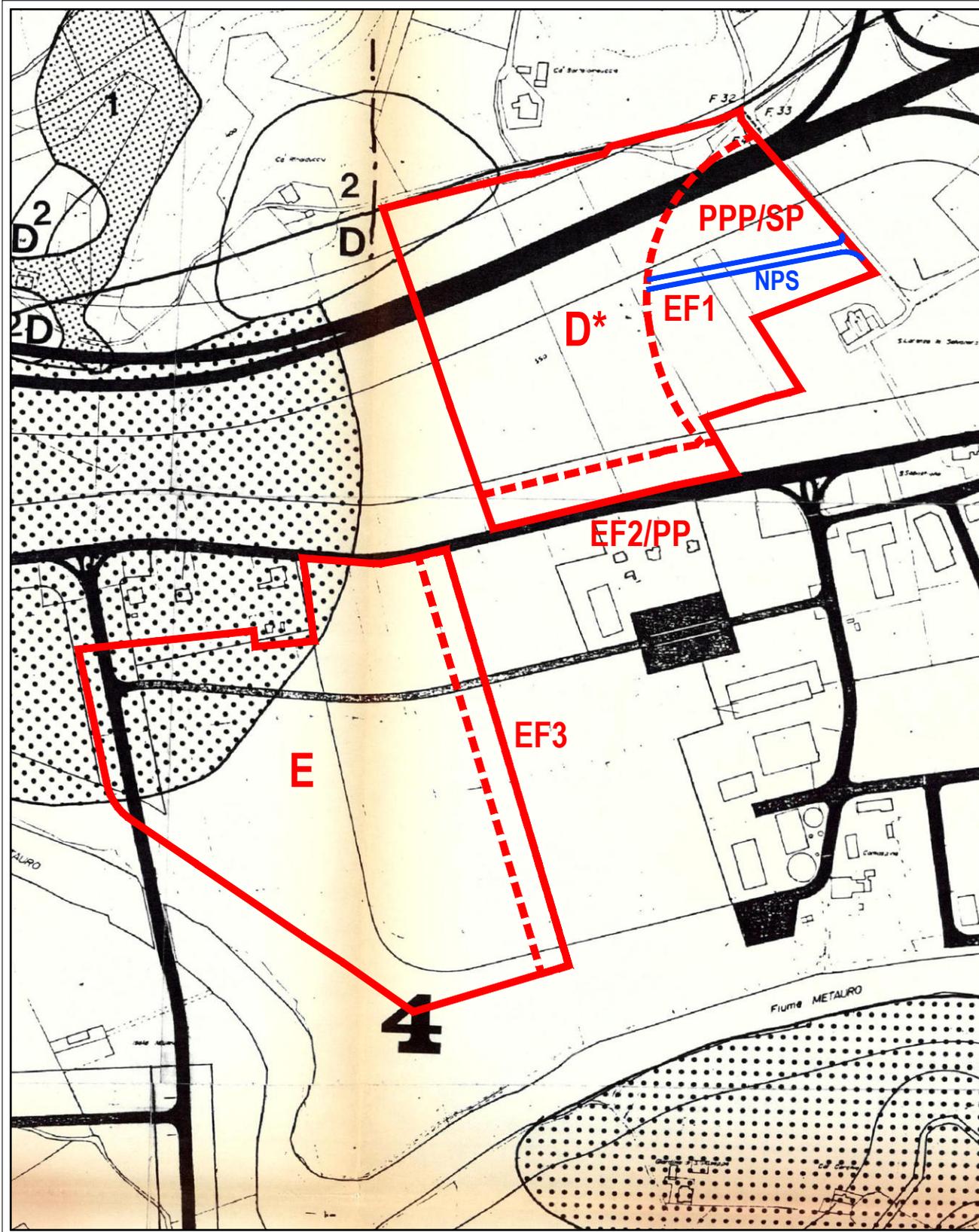
Tavola 12b

		Depositi alluvionali di fondovalle
		Depositi terrazzati
		Formazione Marnoso-Arenacea
		Formazione dello Schlier
		Formazione del Bisciario
		Formazione della Scaglia Cinerea
		Formazione della Scaglia Rossa e Bianca
		Conoidi alluvionali
		Accumulo di frana di notevole estensione
		Accumulo di frana
		Depositi eluvio colluviali
		Detrito a sottile stratificazione
		Scarpata di erosione fluviale
		Paleoalveo
		Antico meandro abbandonato
		Pendenza degli strati
		Faglie e lineazioni
		Testate di strato
		Cava
		Bacino artificiale inattivo
		Bacino artificiale attivo
		Traccia di sezione geologica

# CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE E DELLA MAGGIORE PERICOLOSITA' SISMICA - scala 1:5000

PIANO REGOLATORE GENERALE VIGENTE

Tavole 18b-19b

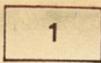
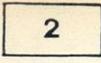
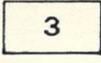
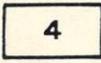
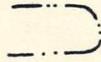
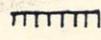
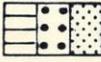
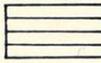
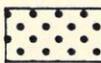
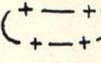
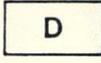
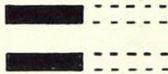


AREE IN TRASFORMAZIONE

LEGENDA CARTA DELLE PER. GEOL. E DELLA MAGGIORE PER. SISMICA

PIANO REGOLATORE GENERALE VIGENTE

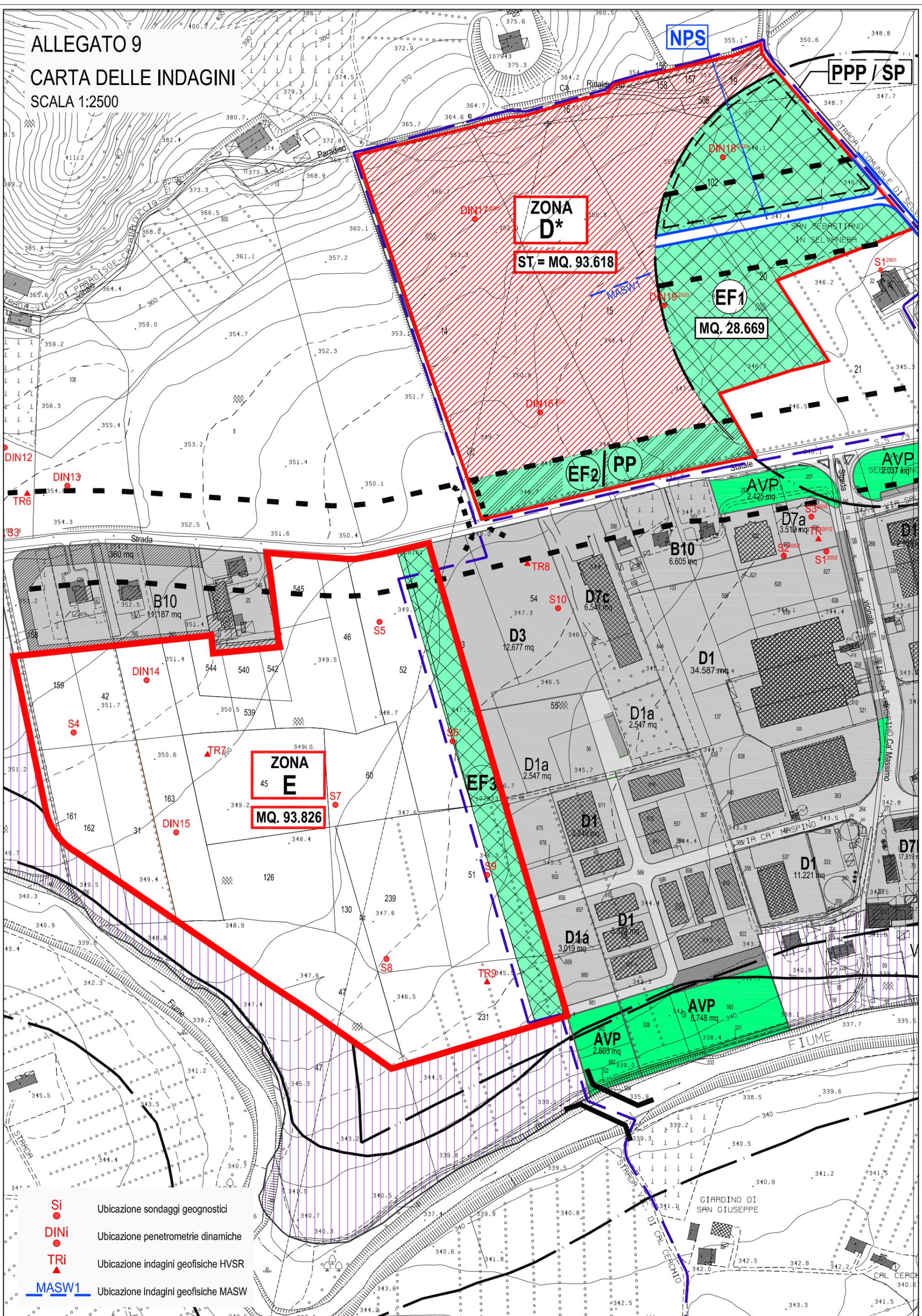
Tavola 12b

	Aree ad acclivita' superiore al 30% e prive di copertura vegetale di tipo arboreo-arbustivo
 	Depositi eluvio colluviali di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa
	Aree in frana
	Aree a rischio per la vulnerabilita' della falda acquifera
	Aree esondabili
	Erosione fluviale di sponda
	Erosione fluviale di fondo
	Aree caratterizzate da frane recenti e quiescenti
	Aree potenzialmente franose per:
	Indizi di instabilita' superficiale e diffusa circolazione idrica
 	Copertura detritica interessata da erosione al piede
	Eccessiva acclivita' in rapporto alla natura dei terreni e allo stato vegetazionale
	Aree di cresta rocciosa, cocuzzolo o dorsale; aree di bordo e ciglio di scarpata
	Aree di fondovalle; aree pedemontane di falda di detrito
	Aree di brusca variazione litologica o aree di contatto tra litotipi diversi aventi caratteristiche meccaniche molto diverse
	Tracciato superstrada Fano-Grosseto

# ALLEGATO 9

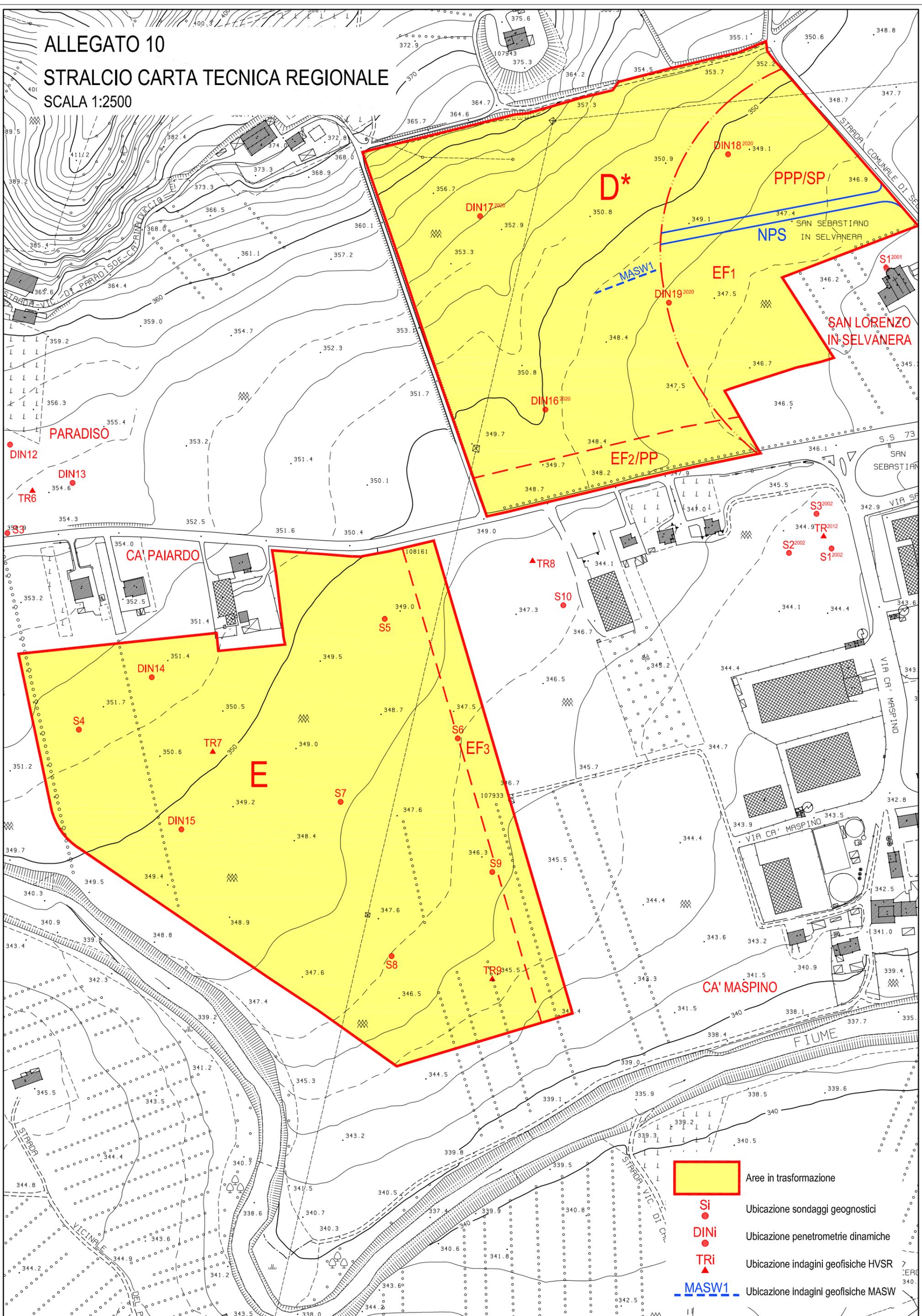
## CARTA DELLE INDAGINI

SCALA 1:2500



- Si** Ubicazione sondaggi geognostici
- DINi** Ubicazione penetrometrie dinamiche
- TRi** Ubicazione indagini geofisiche HVSR
- MASW1** Ubicazione indagini geofisiche MASW

**ALLEGATO 10**  
**STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE**  
**SCALA 1:2500**



- Aree in trasformazione
- Si Ubicazione sondaggi geognostici
- DINi Ubicazione penetrometrie dinamiche
- TRi Ubicazione indagini geofisiche HVSR
- MASW1 Ubicazione indagini geofisiche MASW

## COLONNE STRATIGRAFICHE

<b>ID. PROVA</b>	<b>AREA</b>	<b>LOCALITA'</b>
<b>S1<sup>2001</sup></b>	-----	<b>SAN LORENZO IN SELVANERA</b>
<b>S1<sup>2002</sup></b>	-----	<b>CA' MASPINO</b>
<b>S2<sup>2002</sup></b>	-----	<b>CA' MASPINO</b>
<b>S3<sup>2002</sup></b>	-----	<b>CA' MASPINO</b>
<b>S3</b>	-----	<b>PARADISO</b>
<b>S4</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S5</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S6</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S7</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S8</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S9</b>	<b>E</b>	<b>CA' PAIARDO</b>
<b>S10</b>	-----	<b>CA' PAIARDO</b>

# STUDIO GEOLOGICO

*Dott. Giovanni Sacchi*

Loc. Cà Casuccio 8, Sant'Angelo in Vado (PU)

Località : San Lorenzo in Selvanera- Sant'Angelo in Vado ( PU)

Sondaggio N° : S1

Scala 1/30

Committente : Don Giovanni Balsamini

Data 13/02/2001

Ø sonda(mm):220

Pot. m	Prof. m	Litologia A.G.I.	descrizione della litologia	H2O	SPT 15 30 45	T.V. kg/cm <sup>2</sup>	P.P. kg/cm <sup>2</sup>	Camp.
0,8	0,8		Terreno vegetale, litologicamente costituito da coltivo agrario e/o limi argillosi, di colore grigio scuro, piuttosto soffici, umidi e plastici (Livello "A").	<u>0,4</u>				
	2,0		Limi argillosi, di colore grigio chiaro con venature marroni, piuttosto soffici, umidi e plastici e con calcinelli, resti vegetali e tracce di materia organica (Livello "B").	<u>1,1</u>			2,8	C1
	2,8		Limi argillosi con inclusi resti vegetali, calcinelli e materia organica, molto plastici e soffici, di colore grigio chiaro, con venature marrone; in profondità aumenta la presenza di lenti di limi sabbiosi e/o sabbie limose (Livello "B").				2,8	C2
	3,6						3,0	C3
	4,5						1,0	C4
0,8	5,0						0,8	C5
	3,6		Sabbia limosa, sabbia grossolana e ghiaia eterogranulare, di natura prevalentemente arenaceo marnosa, in abbondante matrice sabbiosa e/o limosa (Livello "C").	<u>3,5</u>				
	4,5		Alternanza di calcari marnosi, marne argillose e marne calcaree, piuttosto fratturate e molto alterate al tetto, della Formazione dello Schlier (Livello "D").					
	5,0						F.S.	C6

Assistente perf.: Sacchi Dott. Geol. Giovanni

Ditta perf.: Grelli Roberto - Fossombrone (PU)

NOTE : La falda, misurata nel pozzo ubicato all'interno del fabbricato, è stabilizzata a -0,40 m dal pavimento. Nel piezometro, posto in corrispondenza della trincea esplorativa, è stabilizzata a -1,10 m dal piano di campagna (345 m s.l.m.).

STUDIO GEOLOGICO  
DOTT. GEOL. GIOVANNI SACCHI

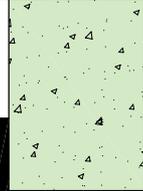
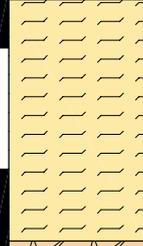
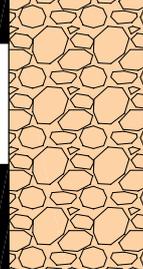
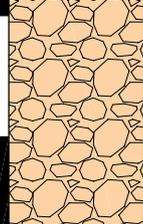
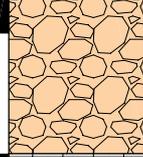
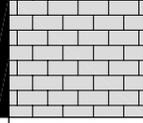
LOC. CA' CASUCCIO, 8  
61048 SANT'ANGELO IN VADO (PU)  
tel. 0722/88060 - P.I.: 00422200410  
E-MAIL: giov.sacchi@virgilio.it

COMUNE: S. ANGELO IN VADO  
CANTIERE: ZONA INDUSTRIALE,  
LOCALITA' CA' MASPINO

DATA: 30/01/2002

SONDAGGIO S1

DITTA: GINEVRA DI COLOCCI GINEVRA E PECORINI ALDO S.n.c.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H <sub>2</sub> O	T.V. Kg/cm <sup>2</sup>	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	CAMP. N.
		TERRENO VEGETALE LITOLOGICAMENTE COSTITUITO DA LIMI ARGILLOSI, DI COLORE GRIGIO CHIARO, PIUTTOSTO SOFFICI				
1		LIMI ARGILLOSI MEDIAMENTE CONSISTENTI, DI COLORE GRIGIO CON SFUMATURE VERDASTRE, CON INCLUSE SOTTILI LENTI DI LIMI SABBIOSI MARRONI, UMIDI, PLASTICI E SOFFICI				
2		GHIAIA GROSSOLANA, DI NATURA PREVALENTEMENTE ARENACEO-MARNOSA, IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3		GHIAIA GROSSOLANA, DI NATURA PREVALENTEMENTE ARENACEO-MARNOSA, IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
4		GHIAIA GROSSOLANA, DI NATURA PREVALENTEMENTE ARENACEO-MARNOSA, IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
5		MARNE CALCAREE E MARNE ARGILLOSE ALTERATE E FRATTURATE AL TETTO (FORMAZIONE DELLO SCHLIER)				
			-4.20			

NOTE:

STUDIO GEOLOGICO  
DOTT. GEOL. GIOVANNI SACCHI

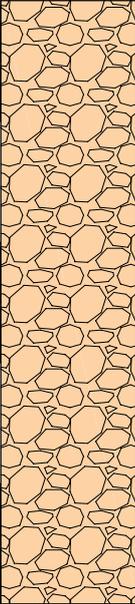
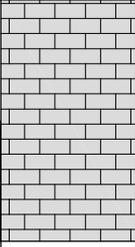
LOC. CA' CASUCCIO, 8  
61048 SANT'ANGELO IN VADO (PU)  
tel. 0722/88060 - P.I.: 00422200410  
E-MAIL: giov.sacchi@virgilio.it

COMUNE: S. ANGELO IN VADO  
CANTIERE: ZONA INDUSTRIALE,  
LOCALITA' CA' MASPINO

DATA: 30/01/2002

SONDAGGIO S2

DITTA: GINEVRA DI COLOCCI GINEVRA E PECORINI ALDO S.n.c.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H <sub>2</sub> O	T.V. Kg/cm <sup>2</sup>	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	CAMP. N.
		TERRENO VEGETALE LITOLOGICAMENTE COSTITUITO DA LIMI ARGILLOSI, DI COLORE GRIGIO CHIARO, PIUTTOSTO SOFFICI				
1		LIMI ARGILLOSI MEDIAMENTE CONSISTENTI, DI COLORE GRIGIO CON SFUMATURE VERDASTRE, CON INCLUSE SOTTILI LENTI DI LIMI SABBIOSI MARRONI, UMIDI, PLASTICI E SOFFICI				
2		GHIAIA GROSSOLANA, DI NATURA PREVALENTEMENTE ARENACEO-MARNOSA, IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA				
3			-3.00 			
4		MARNE CALCAREE E MARNE ARGILLOSE ALTERATE E FRATTURATE AL TETTO (FORMAZIONE DELLO SCHLIER)				
5						

NOTE:

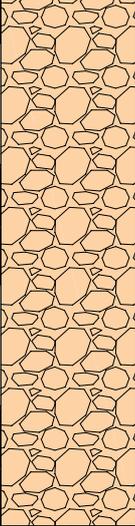
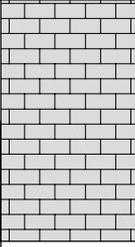
STUDIO GEOLOGICO  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI SACCHI  
 LOC. CA' CASUCCIO, 8  
 61048 SANT'ANGELO IN VADO (PU)  
 tel. 0722/88060 - P.I.: 00422200410  
 E-MAIL: giov.sacchi@virgilio.it

COMUNE: S. ANGELO IN VADO  
 CANTIERE: ZONA INDUSTRIALE,  
 LOCALITA' CA' MASPINO

DATA: 30/01/2002

SONDAGGIO S3

DITTA: GINEVRA DI COLOCCI GINEVRA E PECORINI ALDO S.n.c.

PROF. (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	H <sub>2</sub> O	T.V. Kg/cm <sup>2</sup>	P.P. Kg/cm <sup>2</sup>	CAMP. N.
1		TERRENO VEGETALE LITOLOGICAMENTE COSTITUITO DA LIMI ARGILLOSI, DI COLORE GRIGIO CHIARO, PIUTTOSTO SOFFICI				
2		LIMI ARGILLOSI MEDIAMENTE CONSISTENTI, DI COLORE GRIGIO CON SFUMATURE VERDASTRE, CON INCLUSE SOTTILI LENTI DI LIMI SABBIOSI MARRONI, UMIDI, PLASTICI E SOFFICI				
3		GHIAIA GROSSOLANA, DI NATURA PREVALENTEMENTE ARENACEO-MARNOSA, IN ABBONDANTE MATRICE LIMOSO-SABBIOSA	-3.00 			
4		MARNE CALCAREE E MARNE ARGILLOSE ALTERATE E FRATTURATE AL TETTO (FORMAZIONE DELLO SCHLIER)				
5						

NOTE:

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

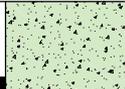
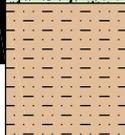
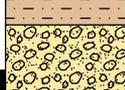
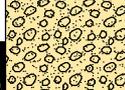
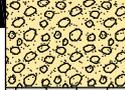
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': PARADISO

DATA: MARZO 2014

SONDAGGIO "S3"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.60	0.60		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO DI COLORE NOCCIOLA, MODERATAMENTE PLASTICO, CON INCLUSIONI CLASTICHE CARBONATICHE, PRESENZA DI RESTI VEGETALI E CON RARE INTERCALAZIONI SABBIOSO-LIMOSE DI COLORE OCRA		2.00	0.70	
	2			3.00	>2.00		
4.60	3			>5.00	>2.00		
	4			>5.00	>2.00		
	5			>5.00	>2.00		
	5.20			>5.00	>2.00		
	6			GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA			
2.20	7						
	7.40		MARNE ARGILLOSE COMPATTE SUPERFICIALMENTE ALTERATE (FORMAZIONE DI BASE MARNOSO-ARENACEA)				
2.00	8						
	9						
	9.40						

NOTE: NELL'INTERVALLO DI PROFONDITA' COMPRESO TRA 2.60 m E 2.80 m E' STATA RILEVATA LA PRESENZA DI UNA LENTE DI GHIAIA IN MATRICE SABBIOSO-LIMOSA.  
 LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -2.00 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

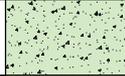
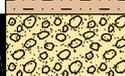
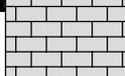
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 2014

SONDAGGIO "S4"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cm <sup>2</sup> )	T.V. (Kg/cm <sup>3</sup> )	CAMP. (N°)
0,50	0,50		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO DI COLORE NOCCIOLA, UMIDO E PLASTICO, CON INCLUSIONI CLASTICHE CARBONATICHE E PRESENZA DI RESTI VEGETALI		2.00		
	2			2.00			
	3			2.00			
	4			2.50			
	5			2.00			
5,00	5,50				1.50		
	6		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA		1.00		
1,00	6,50			0.80			
	7		MARNE ARGILLOSE COMPATTE SUPERFICIALMENTE ALTERATE (FORMAZIONE DI BASE MARNOSO-ARENACEA)		1.00		
	8						
	8,50						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -0.60 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

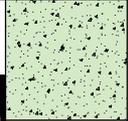
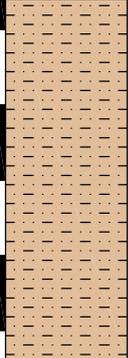
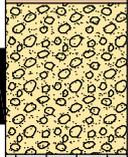
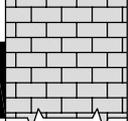
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
**SANT'ANGELO IN VADO**  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 1999

**SONDAGGIO "S5"**

**DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO**

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.80	0.80		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
2.40	1 2 3 3.20		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO E CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI		1.50 2.50 3.50		
1.00	4 4.20		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	-3.20			
0.80	5.00		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
1.00	6 7 8 9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -0.50 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

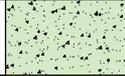
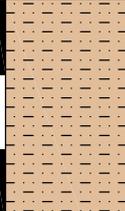
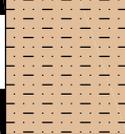
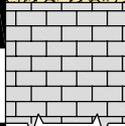
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 1999

SONDAGGIO "S6"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.50	0.50		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
2.30	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO, CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI E INTERCALAZIONI LENTIFORMI DI SABBIA LIMOSA DI COLORE GIALLASTRO		2.50		
0.90	2.80		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	-2.80			
0.80	3.70		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
	4.50						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -0.40 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

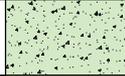
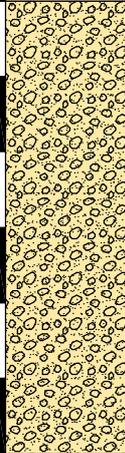
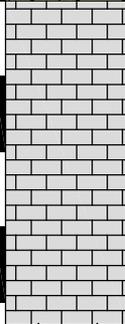
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 2014

SONDAGGIO "S7"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0,50	0,50		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
1,50	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO E CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI				
3,00	2,00		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	-2,50 			
2,20	3						
2,20	4		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
	5,00						
	6						
	7						
	7,20						
	8						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -0,40 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

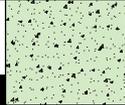
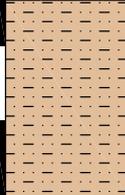
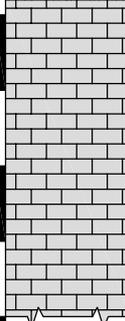
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 2014

SONDAGGIO "S8"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.70	0.70		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
1.30	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO E CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI				
4.40	2.00		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	-3.80			
2.10	3		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
	6.40						
	8						
	8.50						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -1.80 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

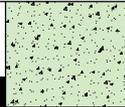
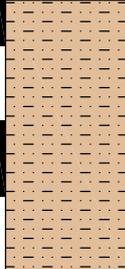
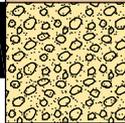
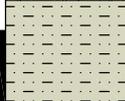
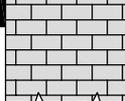
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 1999

SONDAGGIO "S9"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.70	0.70		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
1.80	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO E CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI				
0.80	2.50		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA				
0.70	3		ARGILLA LIMOSO-SABBIOSA GRIGIO-VERDASTRA, UMIDA E PLASTICA	-3.20			
1.80	3.30		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA				
0.70	4.00		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
	5.80						
	6						
	6.50						
	8						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -1.50 m DAL LOCALE P.C.

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. PAOLO CECCARINI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197920414

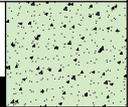
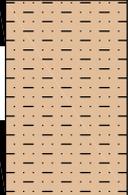
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA  
 DOTT. GEOL. GIOVANNI GUIDI  
 VIA A. MORO, 7/9 - (61049) URBANIA (PU)  
 tel. 0722/318800 - P.IVA: 01197960410

COMUNE DI  
 SANT'ANGELO IN VADO  
 LOCALITA': CA' PAIARDO

DATA: MARZO 1999

SONDAGGIO "S10"

DITTA: AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI SANT'ANGELO IN VADO

POT. (m)	PROF. (m)	STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE DELLA LITOLOGIA	FALDA (m)	P.P. (Kg/cmq)	T.V. (Kg/cmq)	CAMP. (N°)
0.70	0.70		TERRENO AGRARIO LIMOSO ARGILLOSO				
1.30	1		LIMO ARGILLOSO-SABBIOSO GRIGIO CHIARO CON SFUMATURE GIALLASTRE, UMIDO E PLASTICO E CON PRESENZA DI RESTI VEGETALI				
2.20	2.00		GHIAIA ETEROGRANULARE DI NATURA CALCAREA ED ARENACEA IN ABBONDANTE MATRICE SABBIOSO-LIMOSA	-2.00 			
0.60	3		MARNE ARGILLOSE STRATIFICATE SUPERFICIALMENTE ALTERATE E FRATTURATE (FORMAZIONE DI BASE DELLO SCHLIER)				
	4.20						
	4.80						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						

NOTE: LA SUPERFICIE FREATICA MISURATA DOPO 3 ORE E' RISALITA A -0.50 m DAL LOCALE P.C.

**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**

<b>ID. PROVA</b>	<b>AREA</b>	<b>LOCALITA'</b>
DIN12	-----	PARADISO
DIN13	-----	PARADISO
DIN14	E	CA' PAIARDO
DIN15	E	CA' PAIARDO
DIN16	D*	SAN LORENZO IN SELVA NERA
DIN17	D*	SAN LORENZO IN SELVA NERA
DIN18	D*	SAN LORENZO IN SELVA NERA
DIN19	D*	SAN LORENZO IN SELVA NERA

EMILIA DINAMICA IN

Strumento utilizzato  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 25/03/2014  
 7.60 mt

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	0.89	1.04	44.31	51.85
0.40	1	0.851	0.88	1.04	44.11	51.85
0.60	3	0.847	2.63	3.11	131.75	155.54
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	3	0.840	2.51	2.99	125.36	149.28
1.20	3	0.836	2.50	2.99	124.84	149.28
1.40	3	0.833	2.49	2.99	124.33	149.28
1.60	2	0.830	1.65	1.99	82.56	99.52
1.80	2	0.826	1.64	1.99	82.24	99.52
2.00	2	0.823	1.58	1.91	78.75	95.67
2.20	2	0.820	1.57	1.91	78.46	95.67
2.40	2	0.817	1.56	1.91	78.17	95.67
2.60	2	0.814	1.56	1.91	77.90	95.67
2.80	2	0.811	1.55	1.91	77.63	95.67
3.00	2	0.809	1.49	1.84	74.48	92.10
3.20	2	0.806	1.48	1.84	74.24	92.10
3.40	3	0.803	2.22	2.76	110.99	138.15
3.60	3	0.801	2.21	2.76	110.64	138.15
3.80	3	0.798	2.21	2.76	110.30	138.15
4.00	4	0.796	2.83	3.55	141.36	177.59
4.20	3	0.794	2.11	2.66	105.71	133.19
4.40	4	0.791	2.81	3.55	140.55	177.59
4.60	4	0.789	2.80	3.55	140.16	177.59
4.80	4	0.787	2.80	3.55	139.78	177.59
5.00	4	0.785	2.69	3.43	134.58	171.43
5.20	4	0.783	2.68	3.43	134.23	171.43
5.40	5	0.781	3.35	4.29	167.37	214.29
5.60	12	0.779	8.01	10.29	400.70	514.29
5.80	12	0.777	7.99	10.29	399.74	514.29
6.00	14	0.725	8.41	11.60	420.69	579.89
6.20	10	0.774	6.41	8.28	320.48	414.21
6.40	9	0.772	5.76	7.46	287.80	372.79
6.60	9	0.770	5.74	7.46	287.18	372.79
6.80	9	0.769	5.73	7.46	286.58	372.79
7.00	10	0.767	6.15	8.02	307.46	400.77
7.20	7	0.766	4.30	5.61	214.79	280.54
7.40	29	0.664	15.44	23.24	771.91	1162.24
7.60	41	0.563	18.49	32.86	924.62	1643.17

**EMILIA (20)**

Strumento utilizzato  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 25/03/2014  
 8.80 mt

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	0.89	1.04	44.31	51.85
0.40	2	0.851	1.76	2.07	88.22	103.70
0.60	3	0.847	2.63	3.11	131.75	155.54
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	3	0.840	2.51	2.99	125.36	149.28
1.20	3	0.836	2.50	2.99	124.84	149.28
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	3	0.830	2.48	2.99	123.84	149.28
1.80	2	0.826	1.64	1.99	82.24	99.52
2.00	4	0.823	3.15	3.83	157.51	191.34
2.20	3	0.820	2.35	2.87	117.69	143.50
2.40	4	0.817	3.13	3.83	156.35	191.34
2.60	4	0.814	3.12	3.83	155.79	191.34
2.80	4	0.811	3.11	3.83	155.25	191.34
3.00	4	0.809	2.98	3.68	148.96	184.21
3.20	6	0.806	4.45	5.53	222.71	276.31
3.40	6	0.803	4.44	5.53	221.99	276.31
3.60	7	0.801	5.16	6.45	258.17	322.36
3.80	10	0.798	7.35	9.21	367.68	460.51
4.00	11	0.796	7.78	9.77	388.75	488.37
4.20	14	0.744	9.25	12.43	462.25	621.56
4.40	15	0.741	9.88	13.32	493.76	665.95
4.60	13	0.739	8.53	11.54	426.66	577.16
4.80	13	0.737	8.51	11.54	425.43	577.16
5.00	13	0.735	8.19	11.14	409.51	557.14
5.20	19	0.733	11.94	16.29	596.88	814.29
5.40	19	0.731	11.91	16.29	595.28	814.29
5.60	19	0.729	11.87	16.29	593.72	814.29
5.80	15	0.727	9.35	12.86	467.54	642.86
6.00	15	0.725	9.01	12.43	450.74	621.31
6.20	17	0.724	10.19	14.08	509.61	704.15
6.40	18	0.722	10.77	14.91	538.31	745.57
6.60	25	0.670	13.88	20.71	694.16	1035.52
6.80	22	0.669	12.19	18.23	609.39	911.25
7.00	11	0.767	6.76	8.82	338.21	440.85
7.20	16	0.716	9.18	12.82	458.90	641.24
7.40	21	0.664	11.18	16.83	558.97	841.62
7.60	22	0.663	11.69	17.63	584.31	881.70
7.80	23	0.661	12.19	18.44	609.56	921.78
8.00	16	0.710	8.82	12.42	440.92	621.09
8.20	13	0.709	7.15	10.09	357.57	504.64
8.40	18	0.707	9.88	13.97	494.18	698.73
8.60	28	0.656	14.26	21.74	712.98	1086.91
8.80	41	0.555	17.66	31.83	882.86	1591.55

EMERSONIA DINAMICA IN

Strumento utilizzato  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 28/03/2014  
 5.00 mt

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	0.89	1.04	44.31	51.85
0.40	1	0.851	0.88	1.04	44.11	51.85
0.60	1	0.847	0.88	1.04	43.92	51.85
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	2	0.840	1.67	1.99	83.57	99.52
1.20	1	0.836	0.83	1.00	41.61	49.76
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	4	0.830	3.30	3.98	165.12	199.04
1.80	3	0.826	2.47	2.99	123.35	149.28
2.00	3	0.823	2.36	2.87	118.13	143.50
2.20	4	0.820	3.14	3.83	156.92	191.34
2.40	5	0.817	3.91	4.78	195.44	239.17
2.60	5	0.814	3.89	4.78	194.74	239.17
2.80	4	0.811	3.11	3.83	155.25	191.34
3.00	4	0.809	2.98	3.68	148.96	184.21
3.20	5	0.806	3.71	4.61	185.59	230.26
3.40	6	0.803	4.44	5.53	221.99	276.31
3.60	14	0.751	9.68	12.89	484.10	644.72
3.80	13	0.748	8.96	11.97	448.05	598.67
4.00	11	0.796	7.78	9.77	388.75	488.37
4.20	18	0.744	11.89	15.98	594.32	799.14
4.40	10	0.791	7.03	8.88	351.37	443.97
4.60	16	0.739	10.50	14.21	525.12	710.35
4.80	13	0.737	8.51	11.54	425.43	577.16
5.00	41	0.585	20.56	35.14	1027.97	1757.14

EMILIA (20) 28/03/2014 6.00 mt

Strumento utilizzato  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 28/03/2014  
 6.00 mt

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	0.89	1.04	44.31	51.85
0.40	1	0.851	0.88	1.04	44.11	51.85
0.60	1	0.847	0.88	1.04	43.92	51.85
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	2	0.840	1.67	1.99	83.57	99.52
1.20	1	0.836	0.83	1.00	41.61	49.76
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	2	0.830	1.65	1.99	82.56	99.52
1.80	2	0.826	1.64	1.99	82.24	99.52
2.00	1	0.823	0.79	0.96	39.38	47.83
2.20	2	0.820	1.57	1.91	78.46	95.67
2.40	2	0.817	1.56	1.91	78.17	95.67
2.60	2	0.814	1.56	1.91	77.90	95.67
2.80	3	0.811	2.33	2.87	116.44	143.50
3.00	3	0.809	2.23	2.76	111.72	138.15
3.20	3	0.806	2.23	2.76	111.35	138.15
3.40	3	0.803	2.22	2.76	110.99	138.15
3.60	4	0.801	2.95	3.68	147.53	184.21
3.80	4	0.798	2.94	3.68	147.07	184.21
4.00	5	0.796	3.53	4.44	176.70	221.98
4.20	6	0.794	4.23	5.33	211.43	266.38
4.40	5	0.791	3.51	4.44	175.69	221.98
4.60	5	0.789	3.50	4.44	175.20	221.98
4.80	6	0.787	4.19	5.33	209.67	266.38
5.00	6	0.785	4.04	5.14	201.86	257.14
5.20	9	0.783	6.04	7.71	302.02	385.71
5.40	11	0.781	7.36	9.43	368.21	471.43
5.60	16	0.729	10.00	13.71	499.98	685.71
5.80	21	0.677	12.19	18.00	609.55	900.00
6.00	41	0.575	19.55	33.96	977.30	1698.24

ENE ROME RIA INAMICA IN

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 23/06/2020  
 6.40 mt

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	1.77	2.07	88.62	103.70
0.40	1	0.851	0.88	1.04	44.11	51.85
0.60	2	0.847	1.76	2.07	87.83	103.70
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	2	0.840	1.67	1.99	83.57	99.52
1.20	2	0.836	1.66	1.99	83.23	99.52
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	2	0.830	1.65	1.99	82.56	99.52
1.80	3	0.826	2.47	2.99	123.35	149.28
2.00	3	0.823	2.36	2.87	118.13	143.50
2.20	3	0.820	2.35	2.87	117.69	143.50
2.40	3	0.817	2.35	2.87	117.26	143.50
2.60	2	0.814	1.56	1.91	77.90	95.67
2.80	4	0.811	3.11	3.83	155.25	191.34
3.00	3	0.809	2.23	2.76	111.72	138.15
3.20	4	0.806	2.97	3.68	148.47	184.21
3.40	3	0.803	2.22	2.76	110.99	138.15
3.60	3	0.801	2.21	2.76	110.64	138.15
3.80	5	0.798	3.68	4.61	183.84	230.26
4.00	8	0.796	5.65	7.10	282.73	355.18
4.20	4	0.794	2.82	3.55	140.95	177.59
4.40	1	0.791	0.70	0.89	35.14	44.40
4.60	1	0.789	0.70	0.89	35.04	44.40
4.80	2	0.787	1.40	1.78	69.89	88.79
5.00	9	0.785	6.06	7.71	302.80	385.71
5.20	18	0.733	11.31	15.43	565.46	771.43
5.40	23	0.681	13.43	19.71	671.31	985.71
5.60	23	0.679	13.39	19.71	669.43	985.71
5.80	19	0.727	11.84	16.29	592.21	814.29
6.00	21	0.675	11.75	17.40	587.55	869.83
6.20	20	0.724	11.99	16.57	599.54	828.41
6.40	50	0.572	23.69	41.42	1184.66	2071.03

EMILIA DINAMICA IN

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 23/06/2020  
 8.80 mt

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	0.89	1.04	44.31	51.85
0.40	2	0.851	1.76	2.07	88.22	103.70
0.60	2	0.847	1.76	2.07	87.83	103.70
0.80	2	0.843	1.75	2.07	87.45	103.70
1.00	2	0.840	1.67	1.99	83.57	99.52
1.20	3	0.836	2.50	2.99	124.84	149.28
1.40	3	0.833	2.49	2.99	124.33	149.28
1.60	2	0.830	1.65	1.99	82.56	99.52
1.80	3	0.826	2.47	2.99	123.35	149.28
2.00	3	0.823	2.36	2.87	118.13	143.50
2.20	2	0.820	1.57	1.91	78.46	95.67
2.40	3	0.817	2.35	2.87	117.26	143.50
2.60	4	0.814	3.12	3.83	155.79	191.34
2.80	5	0.811	3.88	4.78	194.07	239.17
3.00	5	0.809	3.72	4.61	186.20	230.26
3.20	4	0.806	2.97	3.68	148.47	184.21
3.40	4	0.803	2.96	3.68	147.99	184.21
3.60	6	0.801	4.43	5.53	221.29	276.31
3.80	6	0.798	4.41	5.53	220.61	276.31
4.00	6	0.796	4.24	5.33	212.05	266.38
4.20	5	0.794	3.52	4.44	176.19	221.98
4.40	6	0.791	4.22	5.33	210.82	266.38
4.60	4	0.789	2.80	3.55	140.16	177.59
4.80	4	0.787	2.80	3.55	139.78	177.59
5.00	3	0.785	2.02	2.57	100.93	128.57
5.20	3	0.783	2.01	2.57	100.67	128.57
5.40	3	0.781	2.01	2.57	100.42	128.57
5.60	2	0.779	1.34	1.71	66.78	85.71
5.80	3	0.777	2.00	2.57	99.94	128.57
6.00	4	0.775	2.57	3.31	128.48	165.68
6.20	5	0.774	3.20	4.14	160.24	207.10
6.40	4	0.772	2.56	3.31	127.91	165.68
6.60	6	0.770	3.83	4.97	191.45	248.52
6.80	7	0.769	4.46	5.80	222.89	289.94
7.00	11	0.767	6.76	8.82	338.21	440.85
7.20	7	0.766	4.30	5.61	214.79	280.54
7.40	8	0.764	4.90	6.41	245.00	320.62
7.60	11	0.763	6.72	8.82	336.24	440.85
7.80	21	0.661	11.13	16.83	556.56	841.62
8.00	21	0.660	10.76	16.30	537.95	815.18
8.20	18	0.709	9.90	13.97	495.10	698.73
8.40	14	0.707	7.69	10.87	384.36	543.46
8.60	10	0.756	5.87	7.76	293.45	388.18
8.80	50	0.555	21.53	38.82	1076.66	1940.91

ENEPROMERIA DINAMICA IN

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 23/06/2020  
 5.20 mt

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	1.77	2.07	88.62	103.70
0.40	1	0.851	0.88	1.04	44.11	51.85
0.60	3	0.847	2.63	3.11	131.75	155.54
0.80	3	0.843	2.62	3.11	131.18	155.54
1.00	3	0.840	2.51	2.99	125.36	149.28
1.20	2	0.836	1.66	1.99	83.23	99.52
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	3	0.830	2.48	2.99	123.84	149.28
1.80	2	0.826	1.64	1.99	82.24	99.52
2.00	3	0.823	2.36	2.87	118.13	143.50
2.20	3	0.820	2.35	2.87	117.69	143.50
2.40	2	0.817	1.56	1.91	78.17	95.67
2.60	4	0.814	3.12	3.83	155.79	191.34
2.80	5	0.811	3.88	4.78	194.07	239.17
3.00	5	0.809	3.72	4.61	186.20	230.26
3.20	6	0.806	4.45	5.53	222.71	276.31
3.40	7	0.803	5.18	6.45	258.99	322.36
3.60	11	0.801	8.11	10.13	405.70	506.57
3.80	11	0.798	8.09	10.13	404.45	506.57
4.00	12	0.796	8.48	10.66	424.09	532.76
4.20	13	0.744	8.58	11.54	429.23	577.16
4.40	12	0.791	8.43	10.66	421.65	532.76
4.60	17	0.739	11.16	15.09	557.94	754.75
4.80	18	0.737	11.78	15.98	589.05	799.14
5.00	18	0.735	11.34	15.43	567.02	771.43
5.20	50	0.583	24.99	42.86	1249.30	2142.86

□

ENEMERIA DINAMICA IN

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

EMILIA (20)  
 23/06/2020  
 5.40 mt

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	1.77	2.07	88.62	103.70
0.40	2	0.851	1.76	2.07	88.22	103.70
0.60	2	0.847	1.76	2.07	87.83	103.70
0.80	1	0.843	0.87	1.04	43.73	51.85
1.00	2	0.840	1.67	1.99	83.57	99.52
1.20	2	0.836	1.66	1.99	83.23	99.52
1.40	2	0.833	1.66	1.99	82.89	99.52
1.60	4	0.830	3.30	3.98	165.12	199.04
1.80	4	0.826	3.29	3.98	164.47	199.04
2.00	5	0.823	3.94	4.78	196.88	239.17
2.20	5	0.820	3.92	4.78	196.15	239.17
2.40	4	0.817	3.13	3.83	156.35	191.34
2.60	3	0.814	2.34	2.87	116.85	143.50
2.80	3	0.811	2.33	2.87	116.44	143.50
3.00	6	0.809	4.47	5.53	223.44	276.31
3.20	10	0.806	7.42	9.21	371.18	460.51
3.40	8	0.803	5.92	7.37	295.98	368.41
3.60	16	0.751	11.07	14.74	553.26	736.82
3.80	15	0.748	10.34	13.82	516.98	690.77
4.00	14	0.746	9.27	12.43	463.70	621.56
4.20	18	0.744	11.89	15.98	594.32	799.14
4.40	16	0.741	10.53	14.21	526.68	710.35
4.60	10	0.789	7.01	8.88	350.40	443.97
4.80	6	0.787	4.19	5.33	209.67	266.38
5.00	7	0.785	4.71	6.00	235.51	300.00
5.20	9	0.783	6.04	7.71	302.02	385.71
5.40	50	0.581	24.90	42.86	1245.09	2142.86

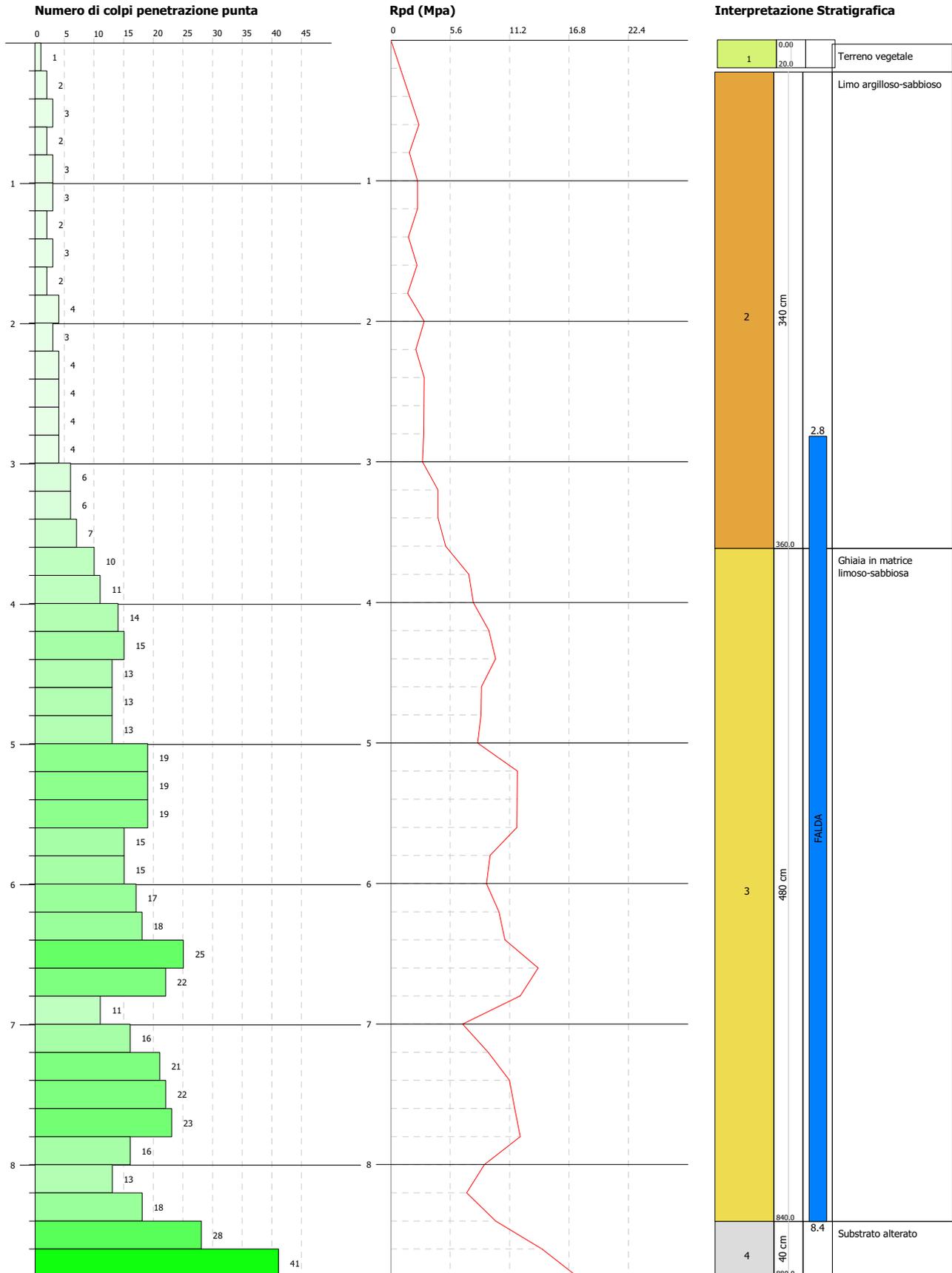


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN13**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : Comparti PORU sul territorio comunale  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :25/03/2014

Scala 1:41

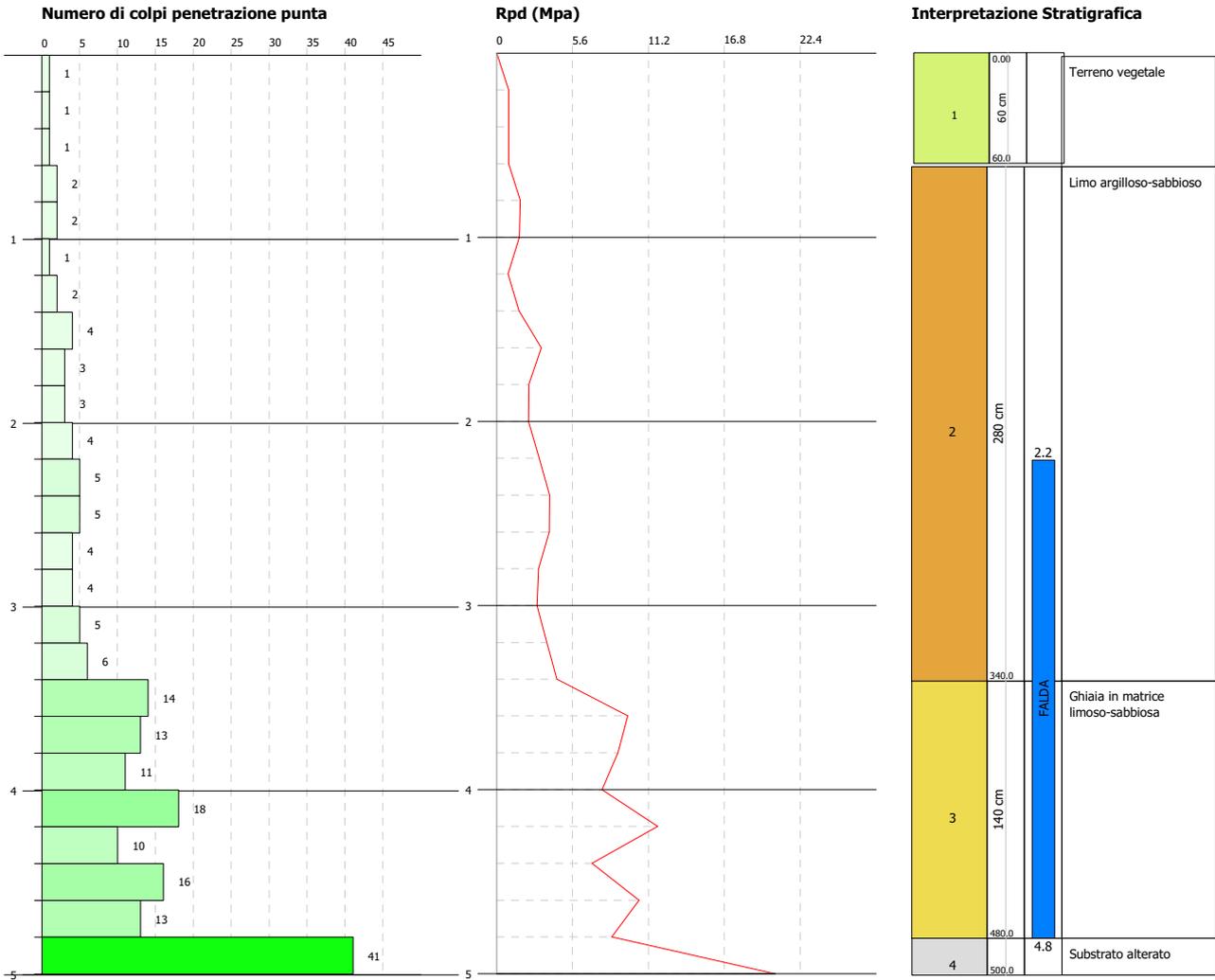


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN14**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : Comparti PORU sul territorio comunale  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :28/03/2014

Scala 1:40

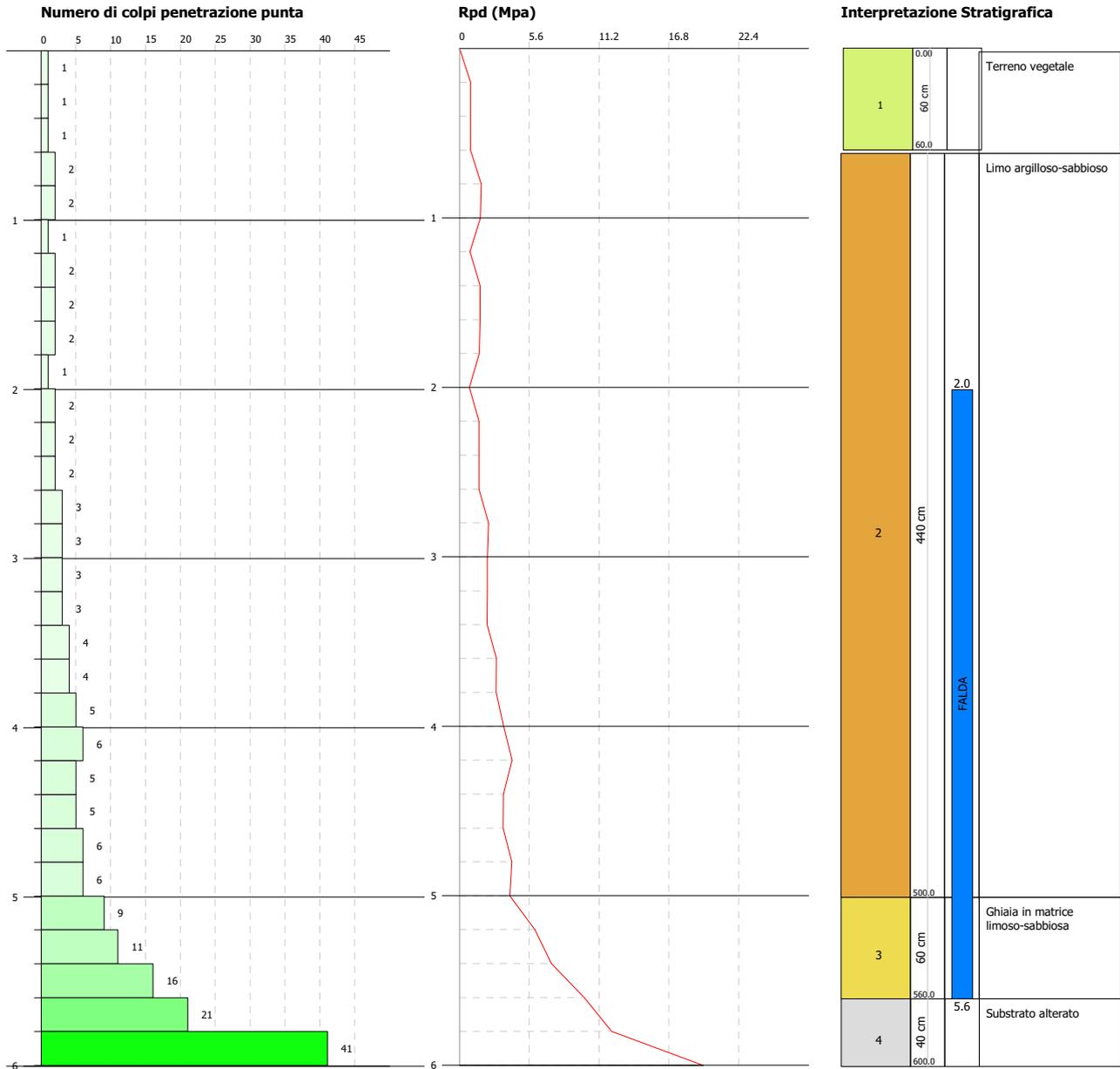


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN15**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : Comparti PORU sul territorio comunale  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :28/03/2014

Scala 1:40

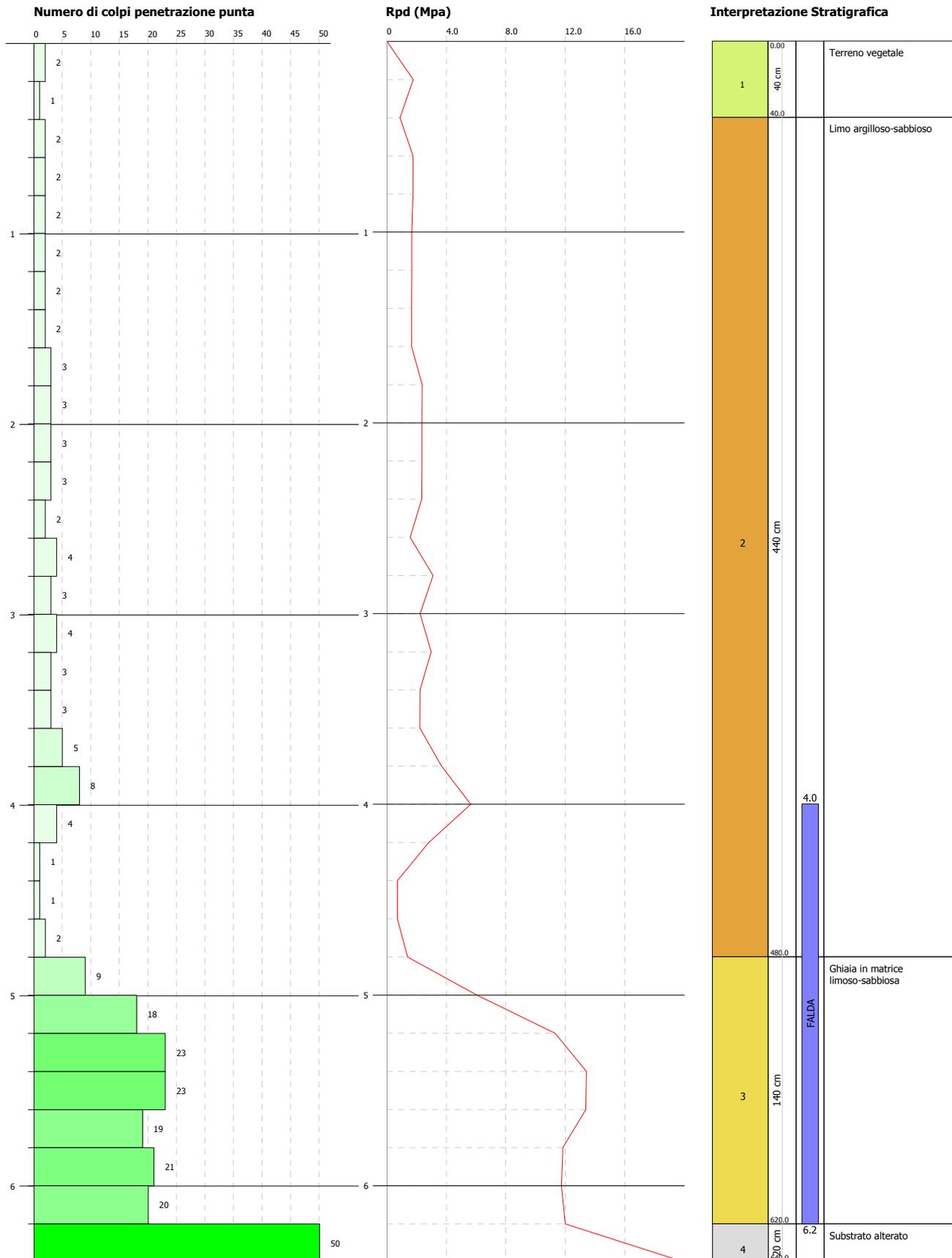


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN16**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : San Lorenzo in Selvanera  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :23/06/2020

Scala 1:29

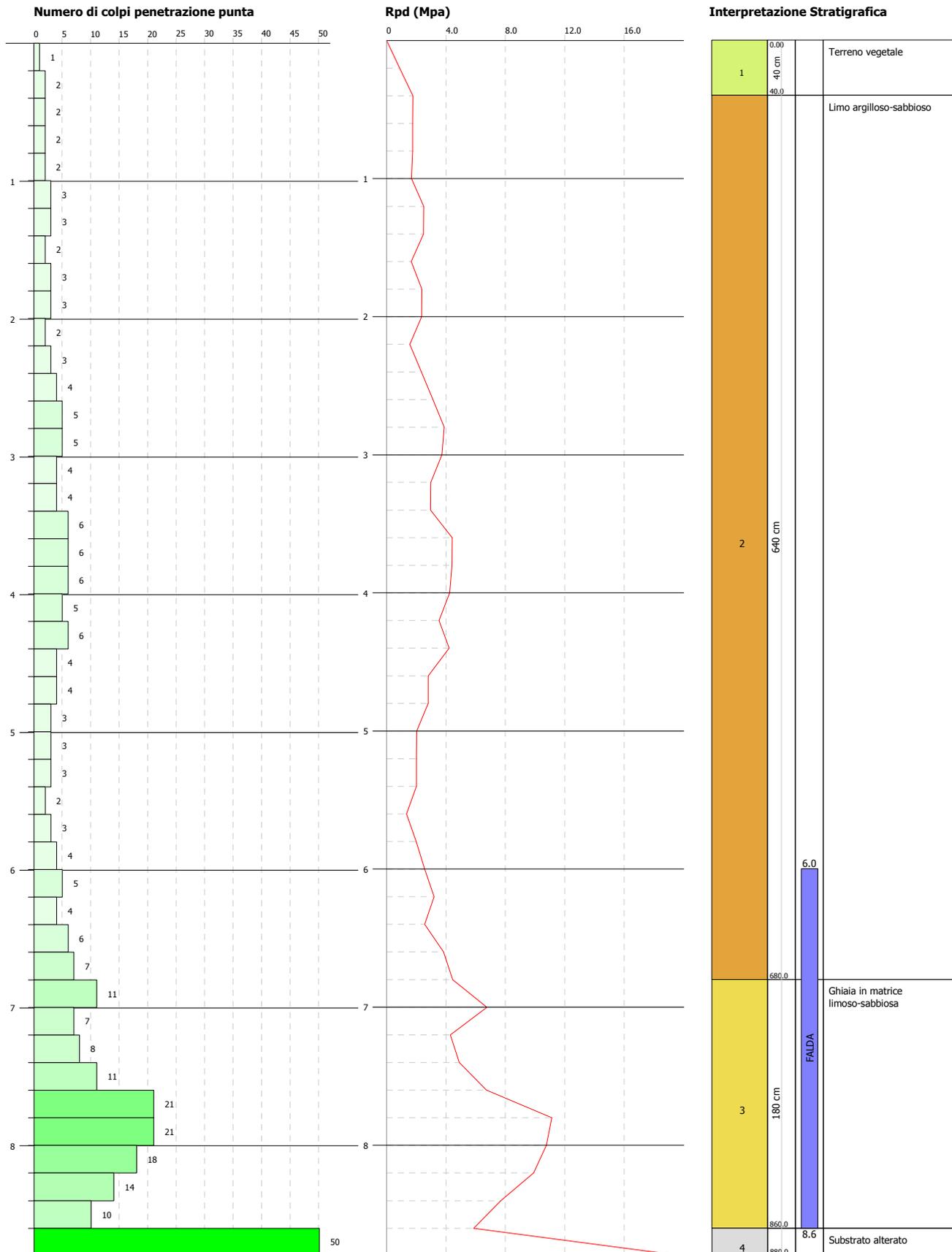


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN17**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : San Lorenzo in Selvanera  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :23/06/2020

Scala 1:40

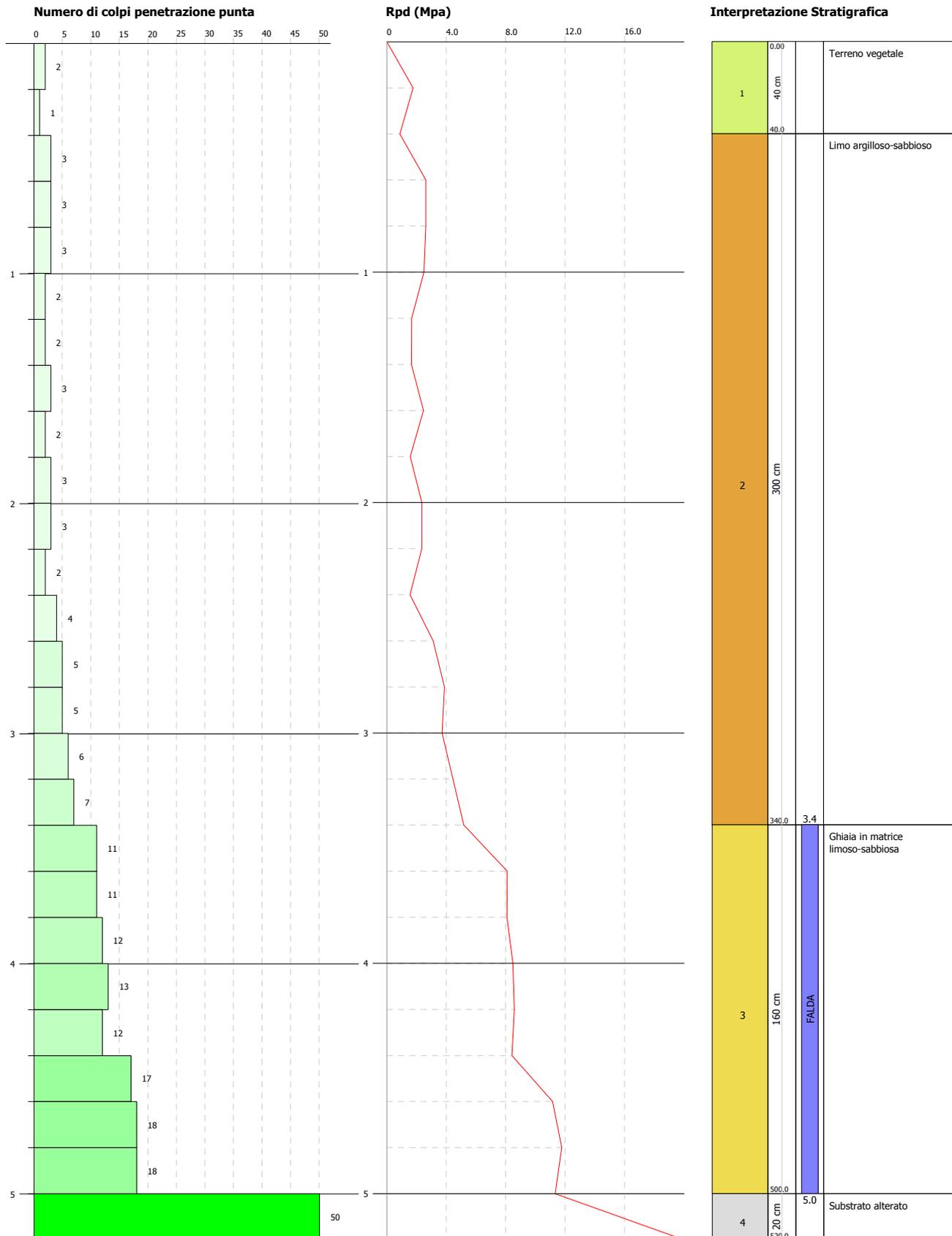


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN18**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : San Lorenzo in Selvanera  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :23/06/2020

Scala 1:24

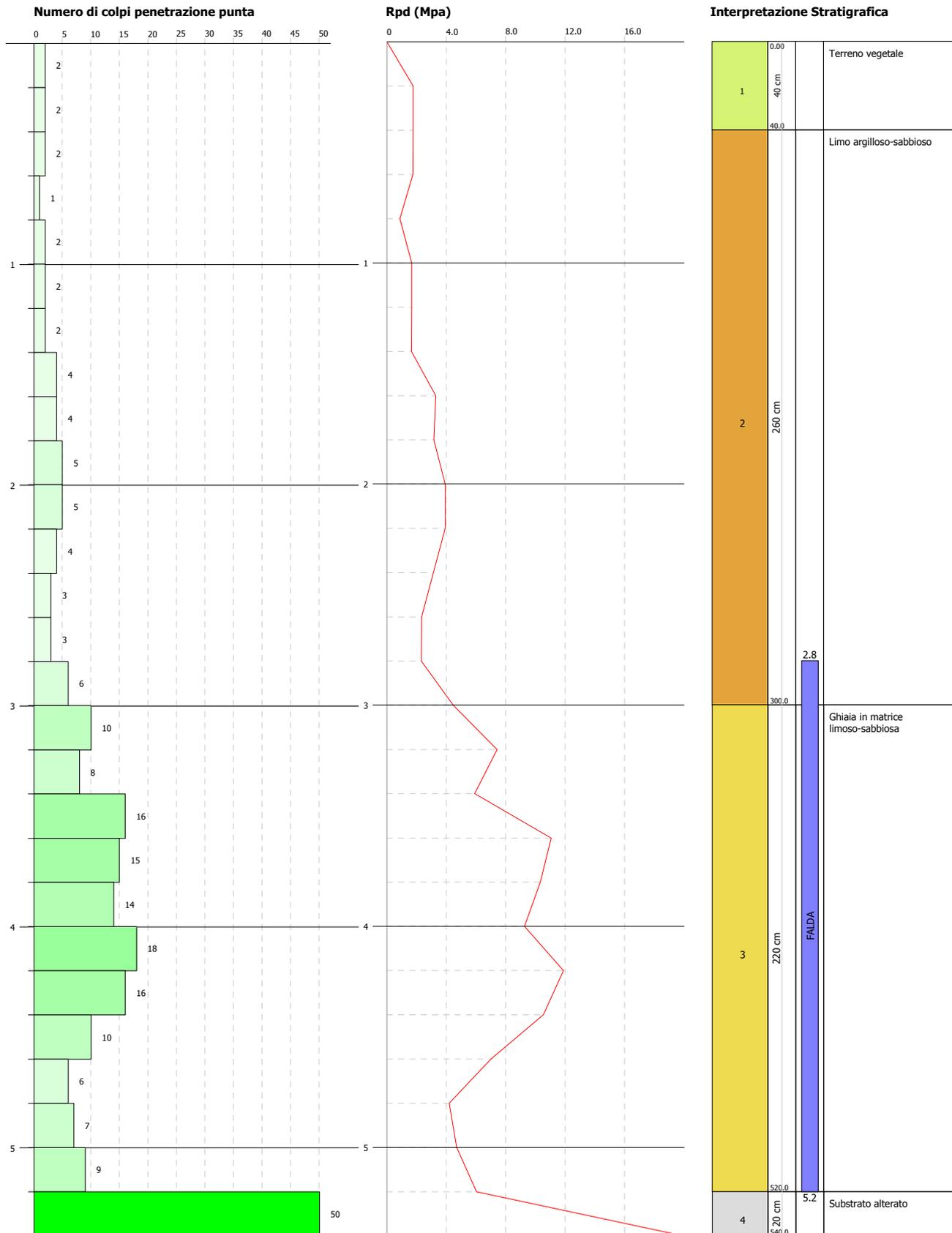


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIN19**  
**Strumento utilizzato... EMILIA (20)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Amm.ne Comunale di Sant'Angelo in Vado  
 Cantiere : San Lorenzo in Selvanera  
 Località : Sant'Angelo in Vado (PU)

Data :23/06/2020

Scala 1:25



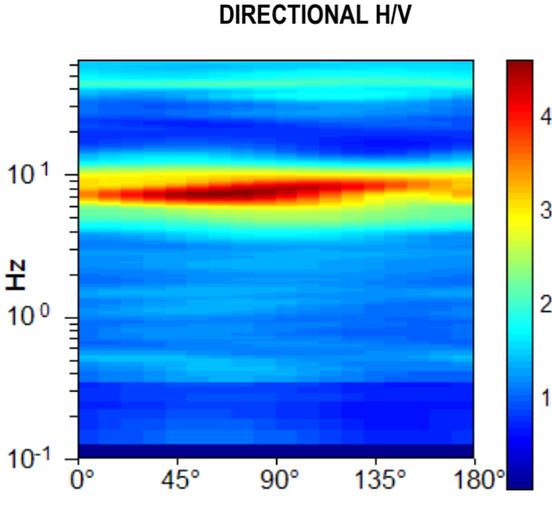
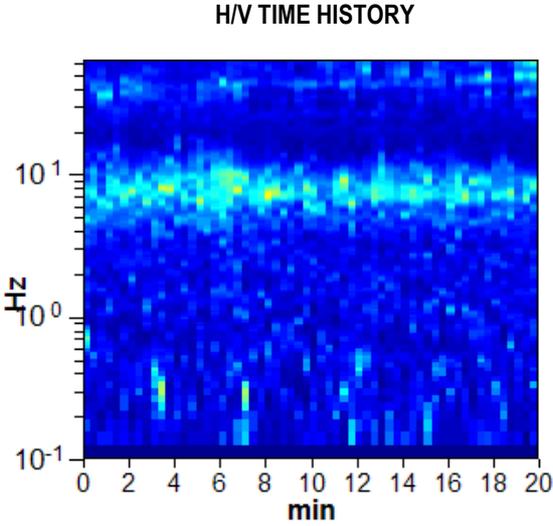
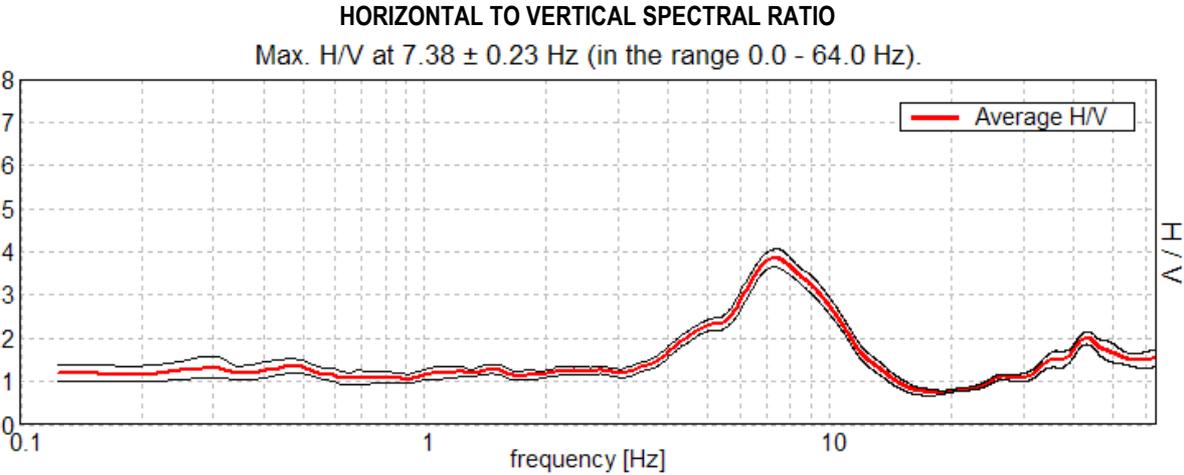
**PROVE SISMICHE HVSR**

<b>ID. PROVA</b>	<b>AREA</b>	<b>LOCALITA'</b>
TR6	-----	PARADISO
TR7	E	CA' PAIARDO
TR8	-----	CA' PAIARDO
TR9	E	CA' PAIARDO

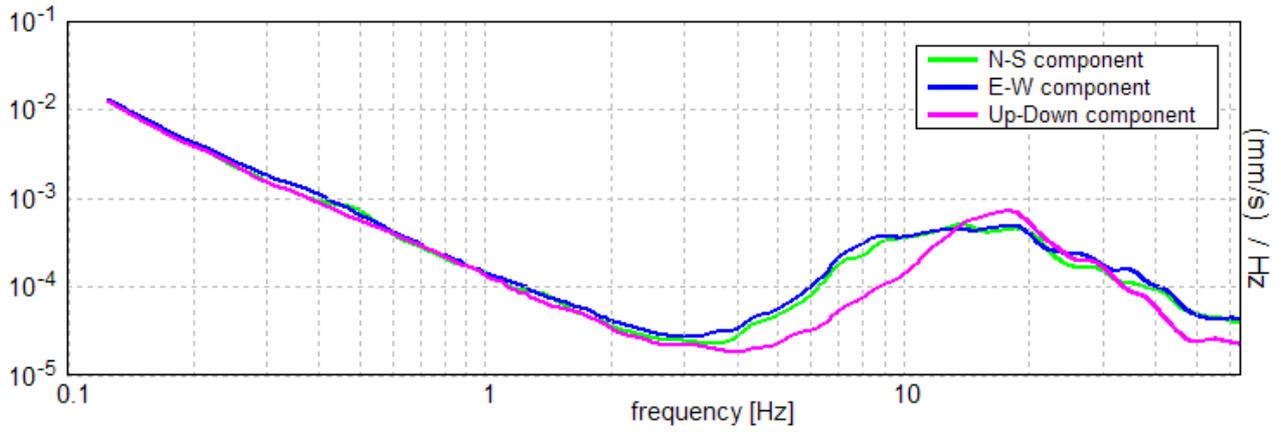
**TR6 LOCALITA' PARADISO**

Start recording: 25/03/14 - 13:00:40      End recording: 25/03/14 - 13:20:41  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

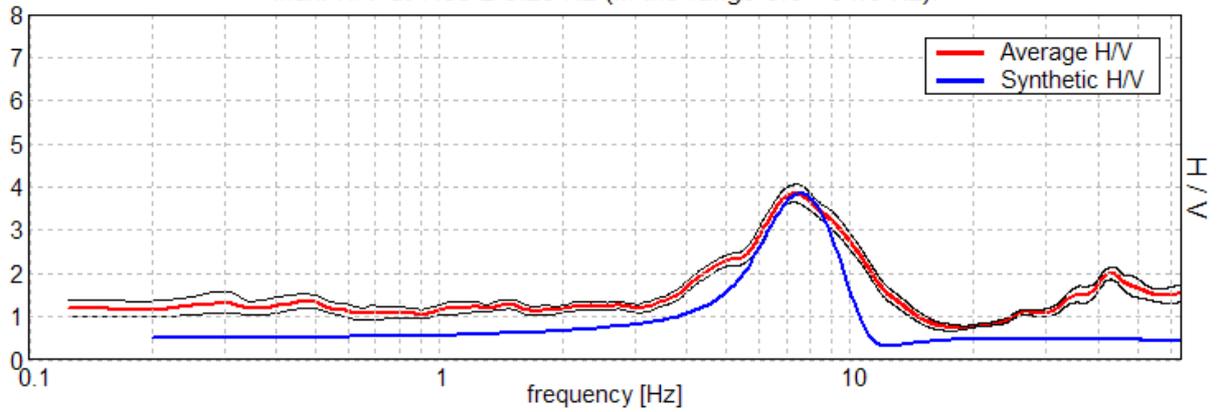


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



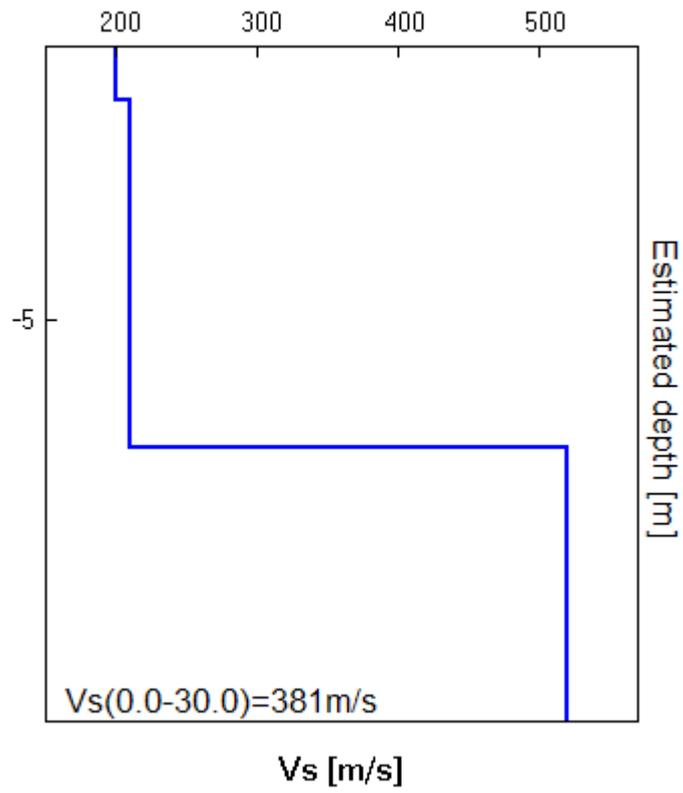
### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $7.38 \pm 0.23$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	200	0.45
7.30	6.30	210	0.35
inf.	inf.	520	0.25

Vs (0.0-30.0) = 381 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $7.38 \pm 0.23$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	7.38 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	8850.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 355 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	4.281 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	11.438 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	3.86 > 2	<b>OK</b>	
<b><math>f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.01542  < 0.05$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \sigma(f_0)</math></b>	$0.11372 < 0.36875$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \sigma(f_0)</math></b>	$0.1045 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \sigma(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma_A(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma_A(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

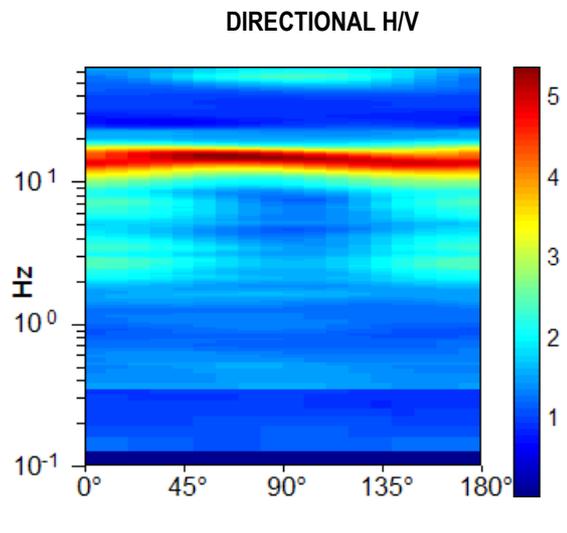
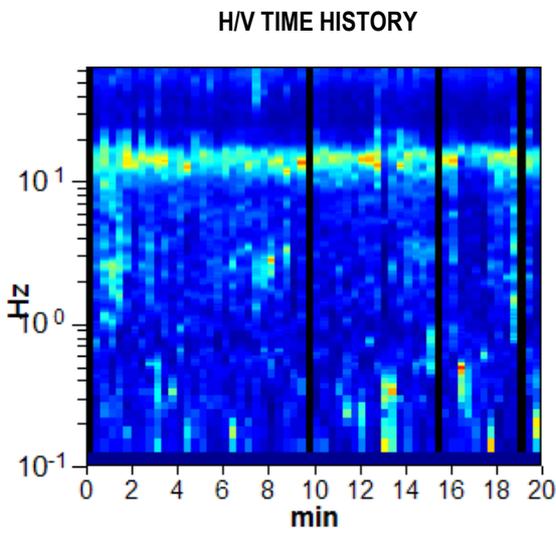
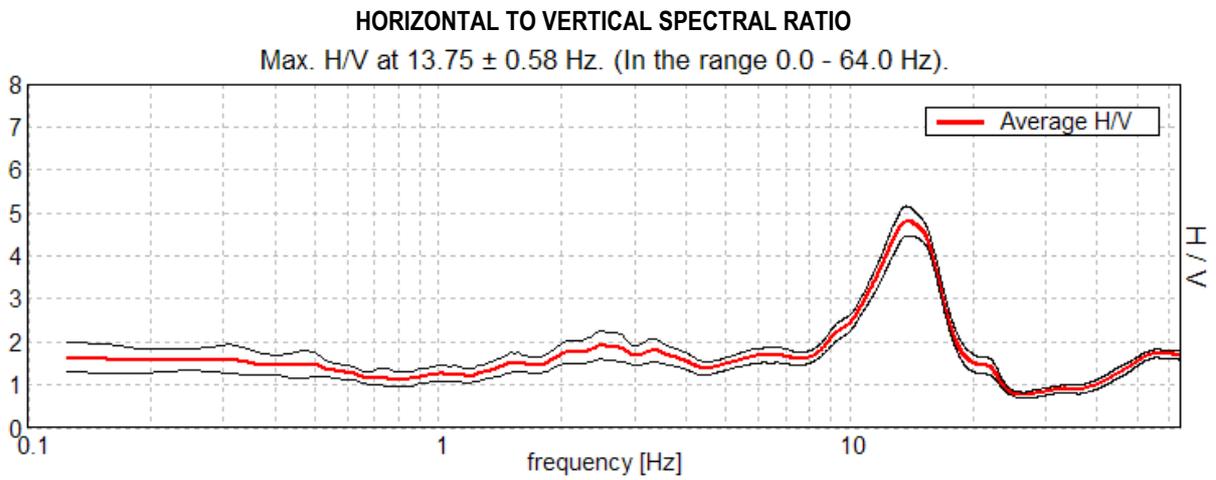
**Vs,30 = 381 m/sec  $\pm$  20% alla superficie**

**Vs,eq > Vs,30**

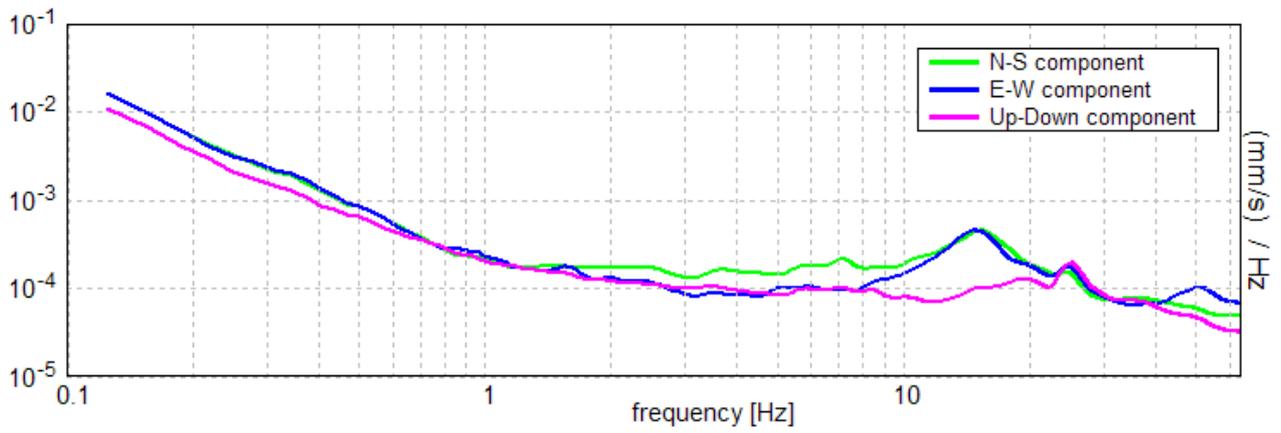
**TR7** | **AREA: E – LOCALITA' CA' PAIARDO**

Start recording: 31/03/14 - 10:30:55      End recording: 31/03/14 - 10:50:56  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

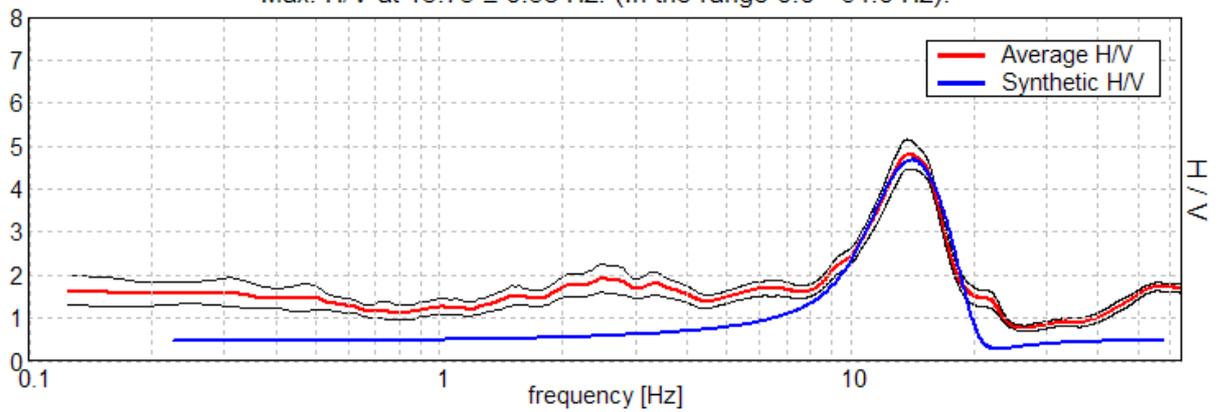


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



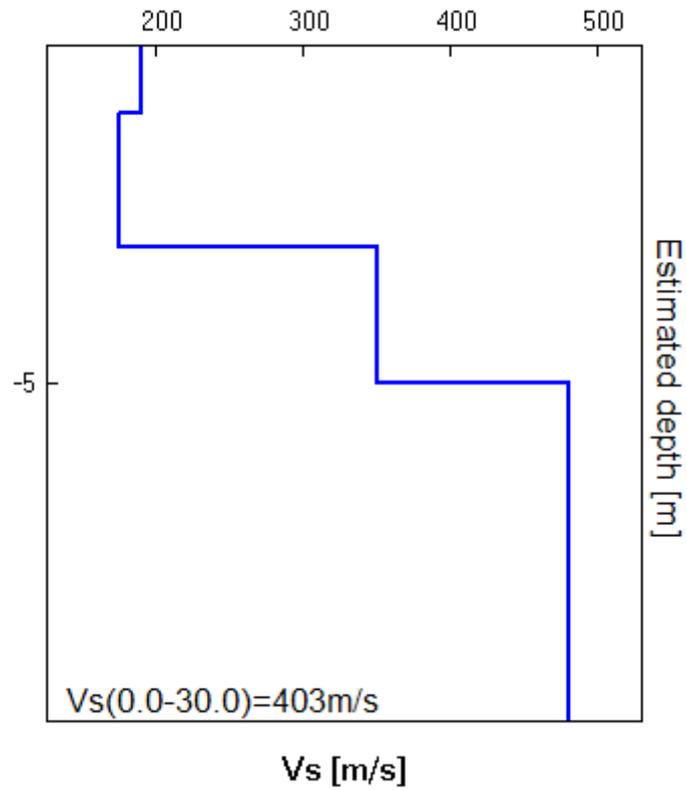
### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 13.75 ± 0.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	190	0.45
3.00	2.00	175	0.35
5.00	2.00	350	0.25
inf.	inf.	480	0.20

Vs(0.0-30.0) = 403 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 13.75 ± 0.58 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	13.75 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	15400.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 661 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists f - in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	9.906 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists f + in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	17.594 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	4.81 > 2	<b>OK</b>	
<b><math>f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.02071  < 0.05$	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \sigma(f_0)</math></b>	0.2848 < 0.6875	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \sigma(f_0)</math></b>	0.1702 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \sigma(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Vs,30 = 403 m/sec ± 20% alla superficie**

**Vs,eq > Vs,30**

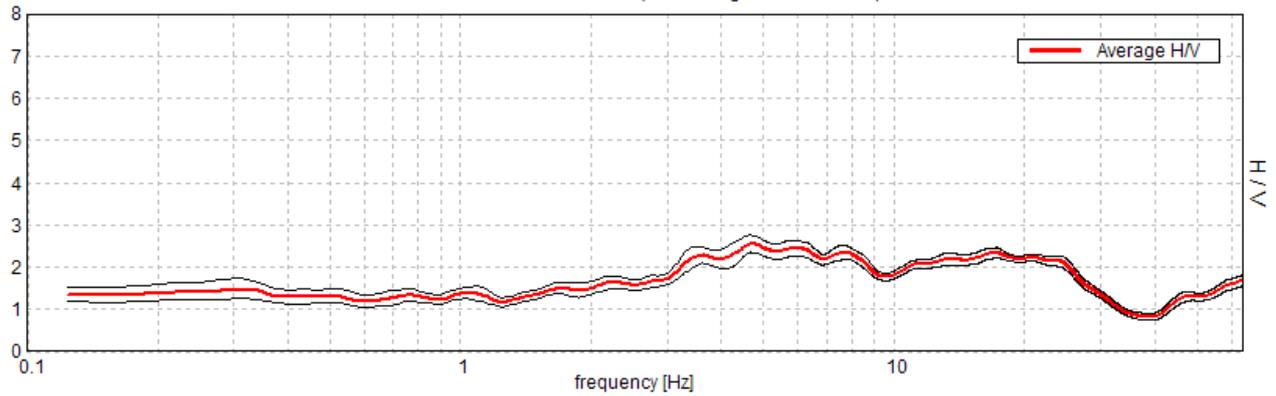
**TR8 LOCALITA' CA' PAIARDO**

Start recording: 31/03/14 - 15:16:22      End recording: 31/03/14 - 15:36:23  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

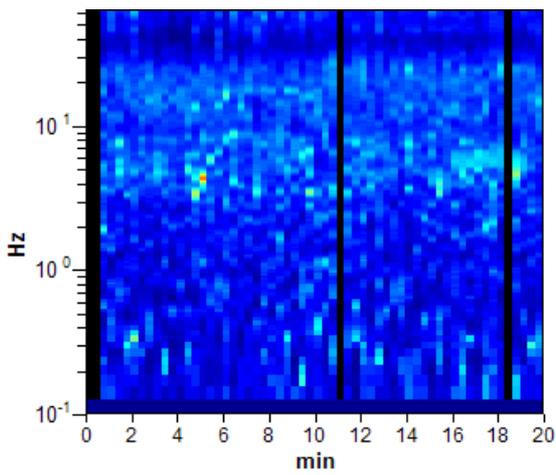
Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

**HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

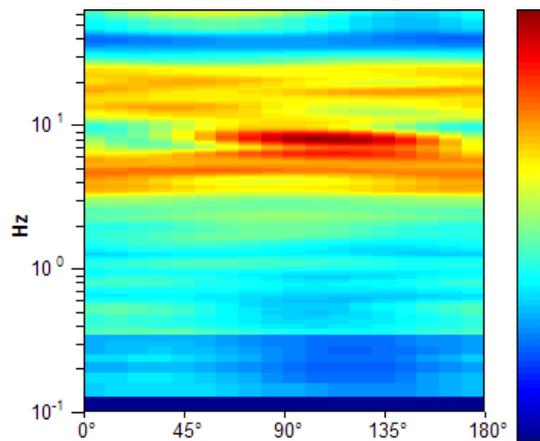
Max. H/V at  $4.69 \pm 0.15$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



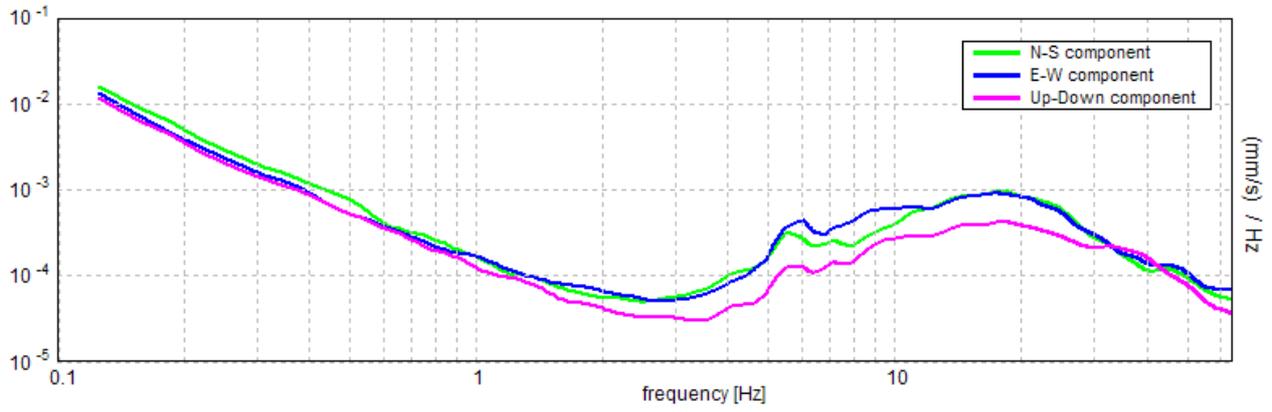
**H/V TIME HISTORY**



**DIRECTIONAL H/V**

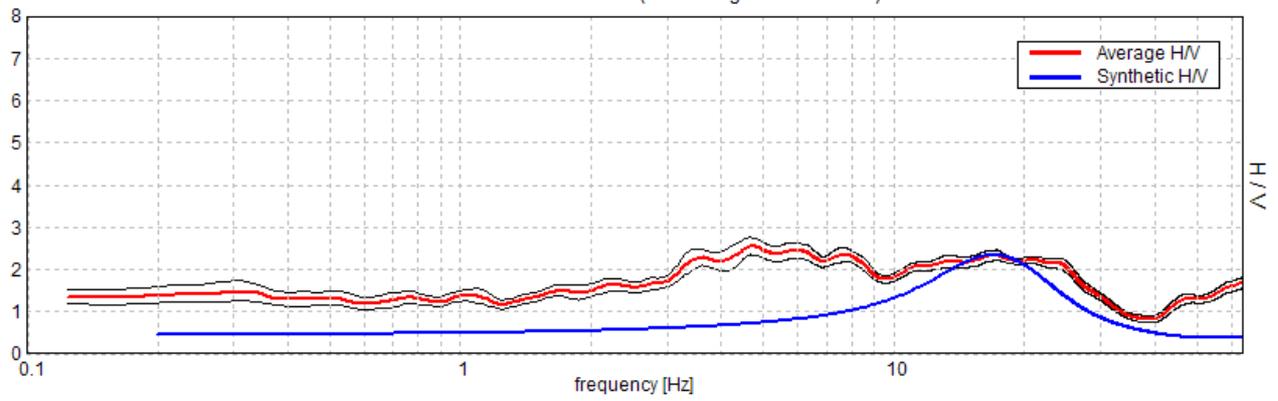


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



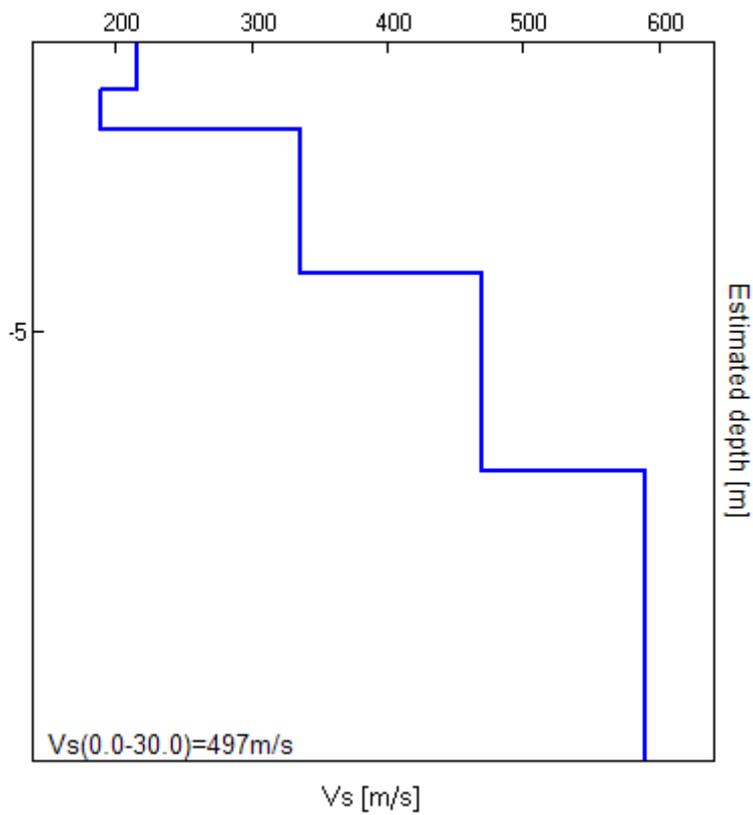
### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $4.69 \pm 0.15$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.80	0.80	216	0.40
1.50	0.70	189	0.38
4.00	2.50	336	0.35
7.40	3.40	470	0.30
inf.	inf.	590	0.29

Vs(0.0-30.0) = 497m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 4.69 ± 0.15 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	4.69 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	5250.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 226 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.375 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	2.56 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01581  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	$0.07409 < 0.23438$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \sigma(f_0)$	$0.1022 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \sigma(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

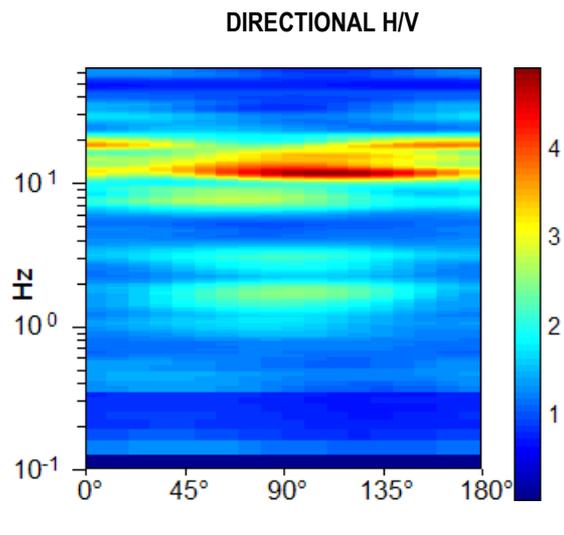
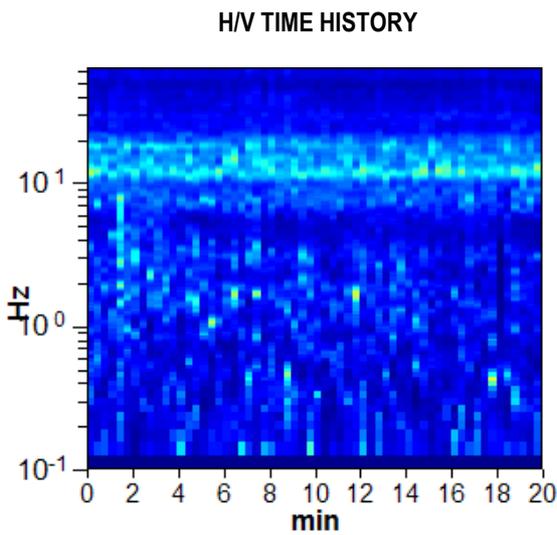
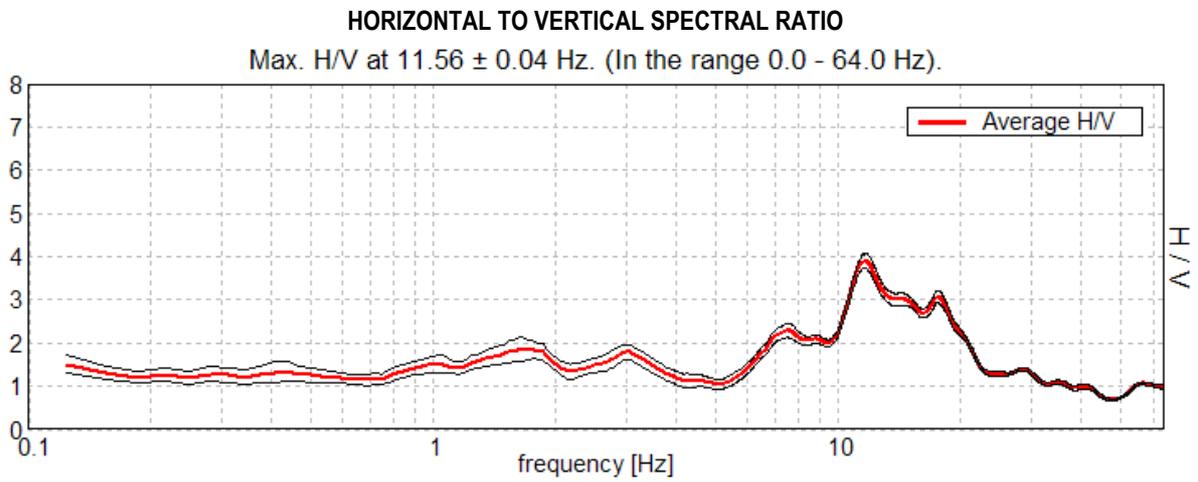
**Vs,30 = 497 m/sec ± 20% alla superficie**

**Vs,eq > Vs,30**

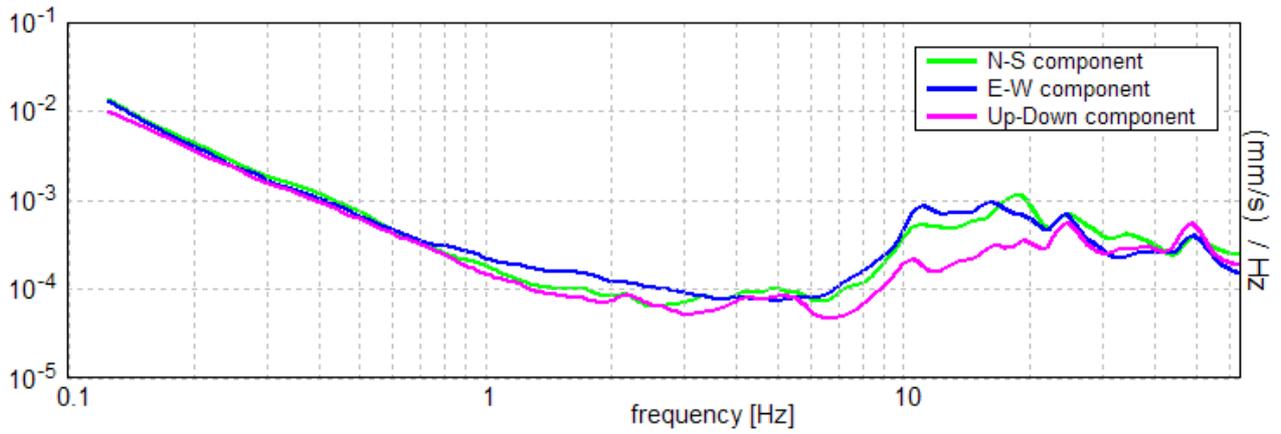
**TR9**      **AREA: E – LOCALITA' CA' PAIARDO**

Start recording: 31/03/14 - 16:49:07      End recording: 31/03/14 - 17:09:08  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 10%

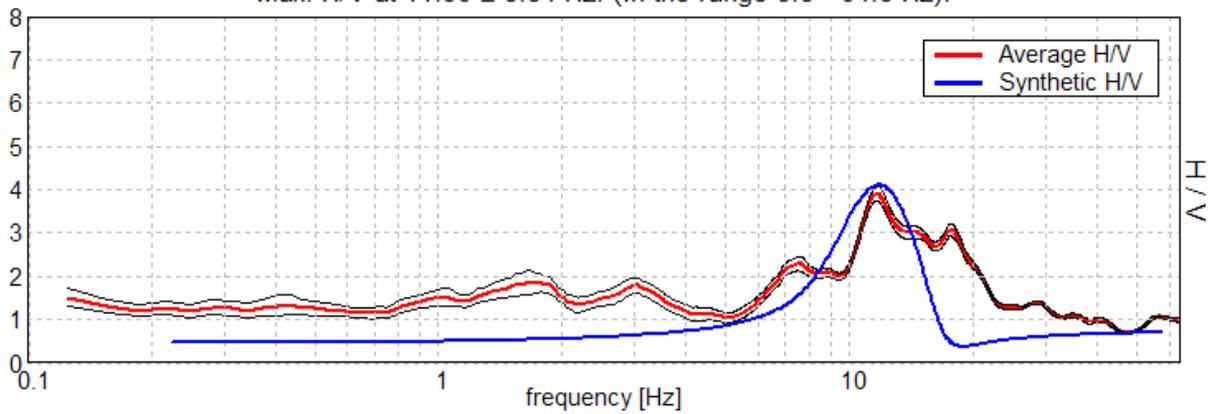


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



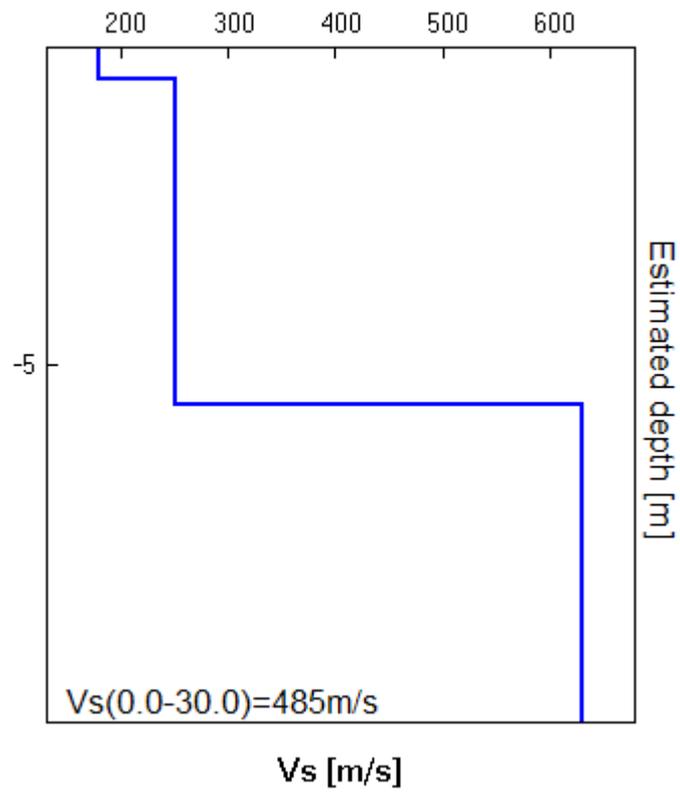
### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $11.56 \pm 0.04$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	180	0.35
5.60	5.10	250	0.35
inf.	inf.	630	0.35

Vs(0.0-30.0) = 485 m/s



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the [Grilla](#) manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 11.56 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable HVSR curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	11.56 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	13875.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 556 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear HVSR peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists f - in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	6.75 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists f + in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	21.125 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	3.90 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00173  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \sigma(f_0)$	0.02 < 0.57813	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \sigma(f_0)$	0.0803 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \sigma(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\sigma(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \sigma(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\sigma(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\sigma(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\sigma(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

**Vs,30 = 485 m/sec ± 20% alla superficie**

**Vs,eq > Vs,30**

**PROVE SISMICHE MASW**

<b>ID. PROVA</b>	<b>AREA</b>	<b>LOCALITA'</b>
<b>MASW1</b>	<b>D*</b>	<b>SAN LORENZO IN SELVANERA</b>

**MASW1**

**AREA: D\* – SAN LORENZO IN SELVA NERA**

## STRUMENTAZIONE USATA

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

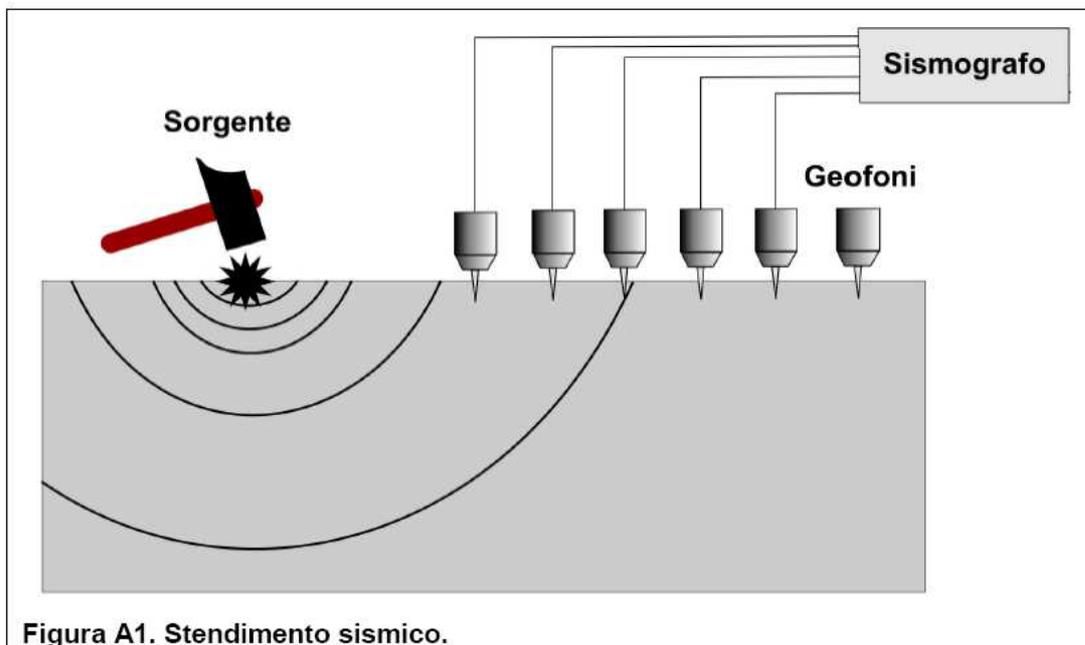


Figura A1. Stendimento sismico.

## SISTEMI DI ENERGIZZAZIONE

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

## MODALITA' OPERATIVA

Si sono disposti i geofoni sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.  
Si sono effettuate registrazioni di 1 sec.  
Si sono disposti 24 geofoni da 4.5 hz alla distanza di 2.0 metri, ottenendo così una traccia lunga 46.0 metri. Eseguendo varie battute a - 5 metri dal primo geofono per ottenere più tracce per meglio analizzare le onde superficiali.

## RISULTATI OTTENUTI

### MODELLO MEDIO

<b>Vs (m/s):</b>	<b>169</b>	<b>235</b>	<b>468</b>	<b>693</b>	<b>1206</b>	<b>1309</b>
<b>Spessore (m) =</b>	<b>1.5</b>	<b>2.6</b>	<b>4.2</b>	<b>5.0</b>	<b>4.6</b>	

### curva di dispersione (frequenza - velocità di fase onde di Rayleigh)

modo: 0 (modo fondamentale)

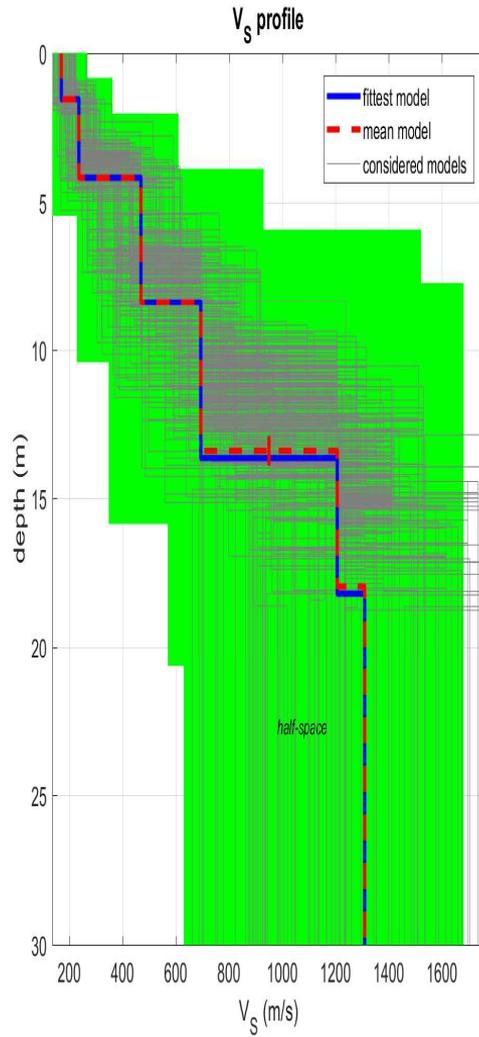
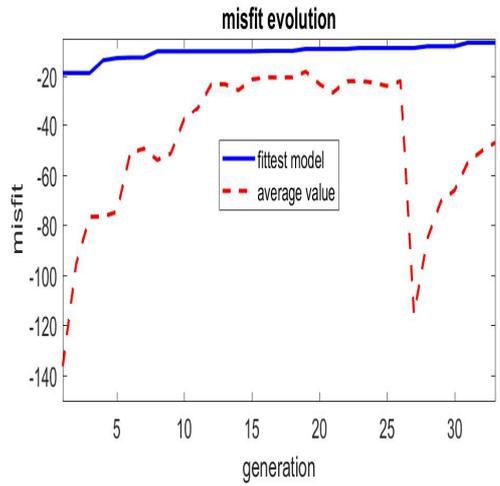
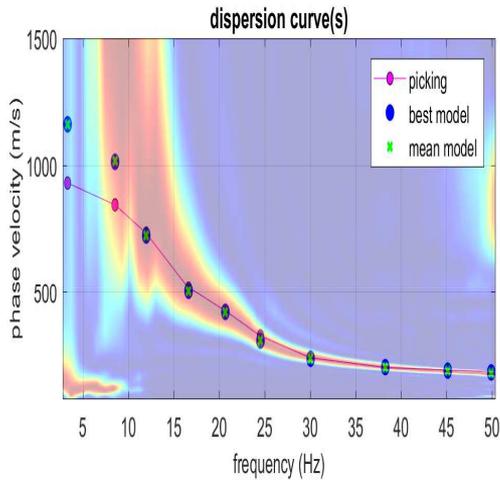
modello migliore  
Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
3.33703	1163.1572
8.54563	1017.7439
11.9772	726.41773
16.6343	504.18552
20.6786	421.28501
24.5391	308.18016
30.0541	237.20923
38.2653	204.07676
45.1284	190.38569
49.9081	183.4829

## CONCLUSIONI

**Vs,eq = 366 (± 20%) m/sec**

**Vs,30 = 605 (± 20%) m/sec**



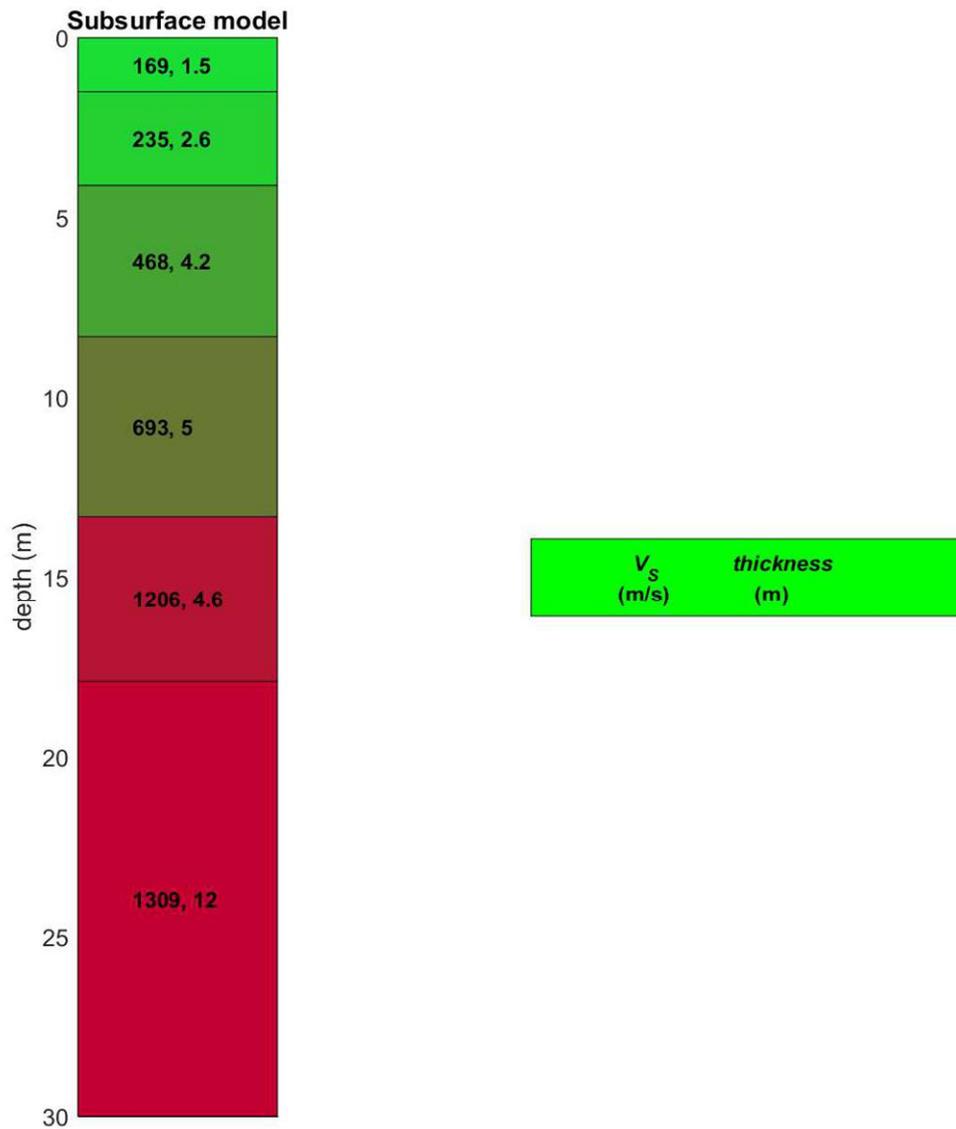
dataset: traccia 3.sg2

dispersion curve: guidi sant'angelo.cdp

Vs30 & VsE (best model): 603 369 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 605 366 m/s

RISULTATI MASW



## **ALLEGATO 15**

**PERICOLOSITA' SISMICA N.T.C. 2018**

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

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	<b><math>P_{VR} = 81\%</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>P_{VR} = 63\%</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>P_{VR} = 10\%</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>P_{VR} = 5\%</math></b>

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	<b><math>T_R = 30</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>T_R = 50</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>T_R = 475</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>T_R = 975</math></b>

#### 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  $P_{V_R}$  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:

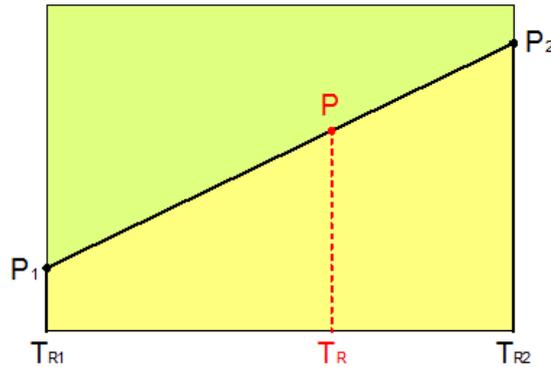
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

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  $T_{R1, 2}$ .

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:

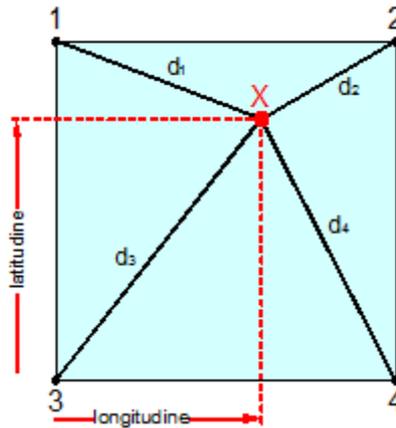
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g, F_0, T_C^*$ ) 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.

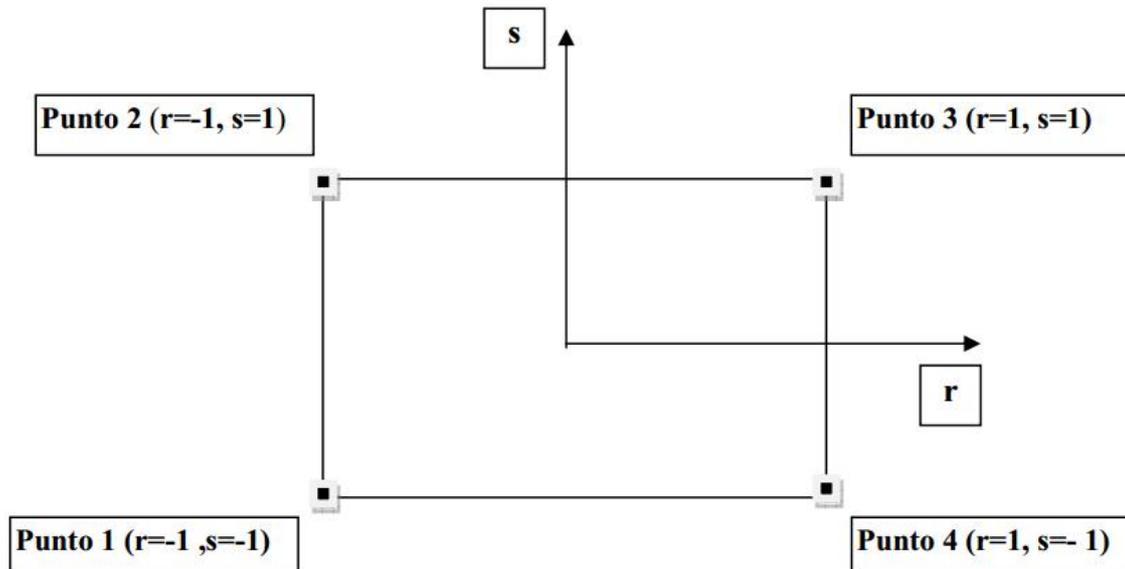


Figura 4.3 - Applicazione dell'interpolazione bilineare.

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 PERICOLOSITA' 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

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

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

$g$  accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  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
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	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:

$\beta_m$  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  $\beta_m$  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:

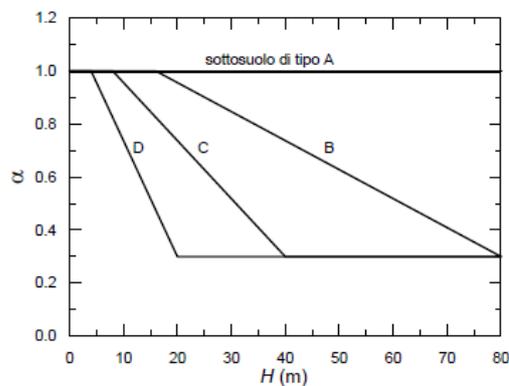
$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

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:

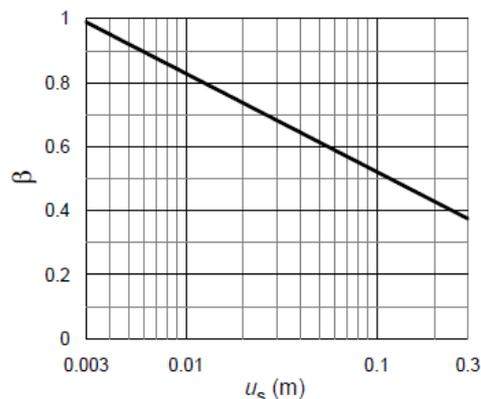


**Figura 5.1** - Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$ .

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  $\beta$  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  $\beta$ .

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<sub>g</sub>** è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - SETTORE E

Data: 15/06/2020

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): 43.6678276 [°]  
Longitudine (WGS84): 12.4252205 [°]  
Latitudine (ED50): 43.6687813 [°]  
Longitudine (ED50): 12.4261751 [°]

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	20519	43.679660	12.384050	3597.42
2	20520	43.680300	12.453200	2522.92
3	20742	43.630300	12.454060	4831.26
4	20741	43.629670	12.384970	5468.34

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	0.061	2.457	0.270
SLD	50	0.077	2.438	0.280
	72	0.091	2.423	0.288
	101	0.104	2.421	0.294
	140	0.119	2.424	0.299
	201	0.136	2.428	0.307
SLV	475	0.185	2.473	0.320
SLC	975	0.236	2.539	0.325
	2475	0.317	2.584	0.341

### Punto 2

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 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.456	0.271
SLD	50	0.077	2.435	0.281
	72	0.091	2.421	0.289
	101	0.104	2.419	0.294
	140	0.118	2.428	0.299
	201	0.136	2.435	0.308
SLV	475	0.185	2.482	0.320
SLC	975	0.235	2.543	0.326
	2475	0.316	2.585	0.342

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.438	0.270
SLD	50	0.080	2.432	0.279
	72	0.094	2.407	0.287
	101	0.109	2.404	0.292
	140	0.124	2.405	0.296
	201	0.143	2.414	0.304
SLV	475	0.194	2.476	0.317
SLC	975	0.244	2.565	0.322
	2475	0.323	2.636	0.337

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.458	0.270
SLD	50	0.077	2.438	0.281
SLV	475	0.184	2.476	0.320
SLC	975	0.235	2.539	0.325

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - SETTORE E

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 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°

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.018	0.053	0.076
kv	0.007	0.009	0.027	0.038
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.714	0.903	2.166	2.672
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

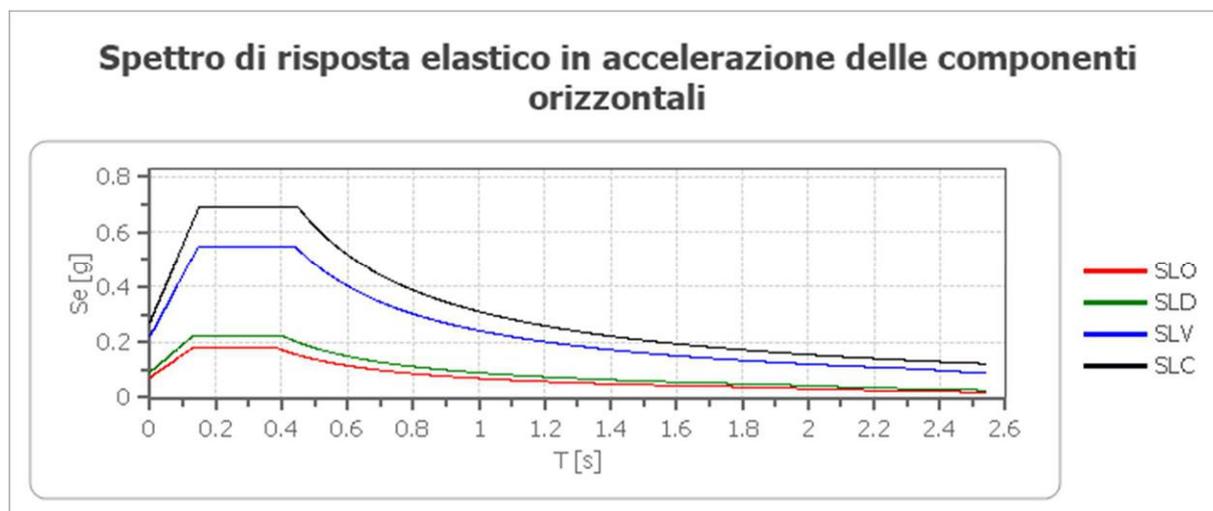
### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.714	0.903	2.166	2.672
Beta	--	0.470	0.380	--

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.714	0.903	2.166	2.672
Beta	--	0.470	0.380	--

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.061	2.458	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.843	0.073	0.179
SLD	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.907	0.092	0.225
SLV	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.200	1.000	0.147	0.442	2.336	0.221	0.547
SLC	1.0	0.235	2.539	0.325	1.160	1.380	1.000	1.160	1.000	0.150	0.449	2.539	0.272	0.692

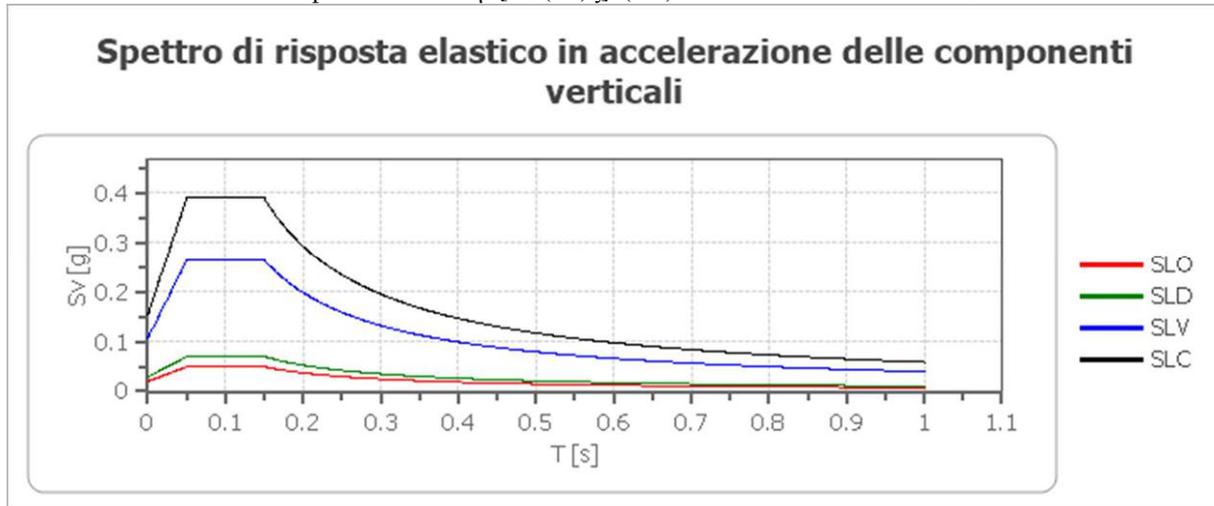
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.061	2.458	0.270	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.050
SLD	1.0	0.077	2.438	0.281	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.070
SLV	1.0	0.184	2.476	0.320	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.107	0.264
SLC	1.0	0.235	2.539	0.325	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.154	0.390

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ :

1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ :

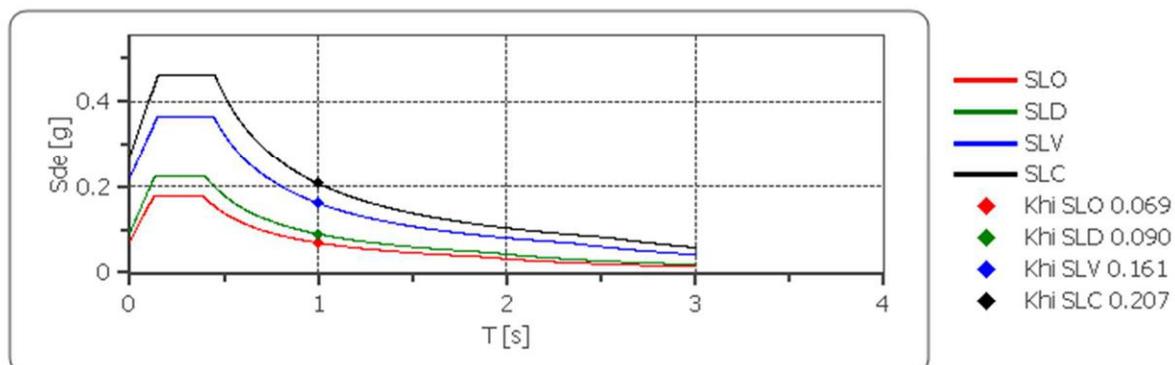
1.50

Periodo fondamentale  $T$ :

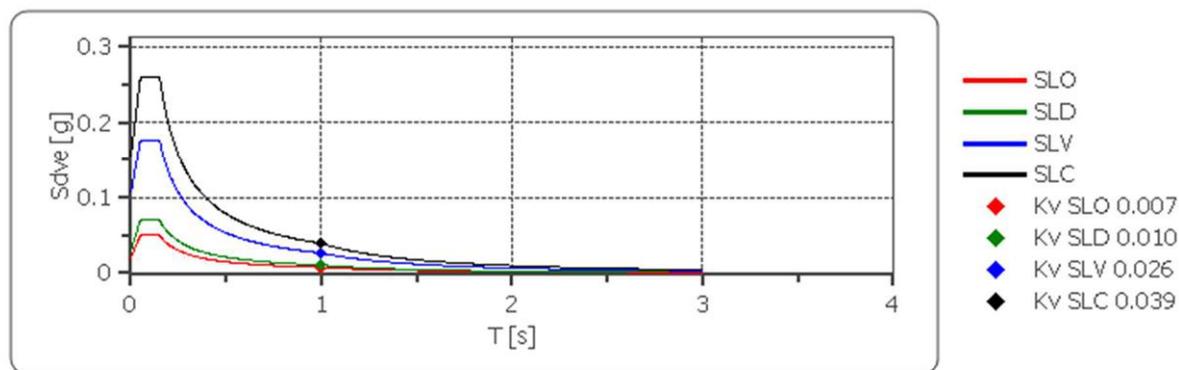
1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.069	0.090	0.161	0.207
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.007	0.010	0.026	0.039

### 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	0.061	2.458	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.843	0.073	0.179
SLO verticale	1.0	0.061	2.458	0.270	1.200	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.050
SLD orizzontale	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.907	0.092	0.225
SLD verticale	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.070
SLV orizzontale	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.200	1.500	0.147	0.442	2.336	0.221	0.365
SLV verticale	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.107	0.176
SLC orizzontale	1.0	0.235	2.539	0.325	1.160	1.380	1.000	1.160	1.500	0.150	0.449	2.539	0.272	0.461
SLC verticale	1.0	0.235	2.539	0.325	1.160	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.154	0.260

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - SETTORE D\*

Data: 15/06/2020

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): 43.6714211 [°]  
Longitudine (WGS84): 12.4276981 [°]  
Latitudine (ED50): 43.6723709 [°]  
Longitudine (ED50): 12.4286528 [°]

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	20519	43.679660	12.384050	3677.48
2	20520	43.680300	12.453200	2161.99
3	20742	43.630300	12.454060	5105.33
4	20741	43.629670	12.384970	5907.49

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	0.061	2.457	0.270
SLD	50	0.077	2.438	0.280
	72	0.091	2.423	0.288
	101	0.104	2.421	0.294
	140	0.119	2.424	0.299
	201	0.136	2.428	0.307
SLV	475	0.185	2.473	0.320
SLC	975	0.236	2.539	0.325
	2475	0.317	2.584	0.341

### Punto 2

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 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.456	0.271
SLD	50	0.077	2.435	0.281
	72	0.091	2.421	0.289
	101	0.104	2.419	0.294
	140	0.118	2.428	0.299
	201	0.136	2.435	0.308
SLV	475	0.185	2.482	0.320
SLC	975	0.235	2.543	0.326
	2475	0.316	2.585	0.342

### Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.063	2.438	0.270
SLD	50	0.080	2.432	0.279
	72	0.094	2.407	0.287
	101	0.109	2.404	0.292
	140	0.124	2.405	0.296
	201	0.143	2.414	0.304
SLV	475	0.194	2.476	0.317
SLC	975	0.244	2.565	0.322
	2475	0.323	2.636	0.337

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.061	2.459	0.270
SLD	50	0.077	2.438	0.281
SLV	475	0.184	2.476	0.320
SLC	975	0.234	2.538	0.326

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - SETTORE D\*

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 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°

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.015	0.018	0.053	0.076
kv	0.007	0.009	0.026	0.038
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.712	0.901	2.161	2.666
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

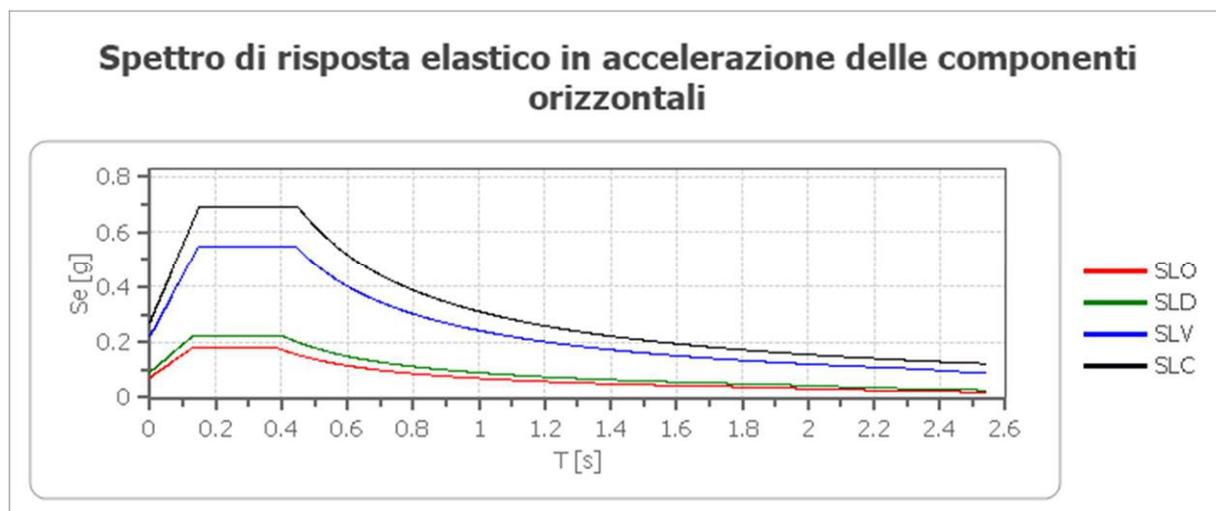
### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.712	0.901	2.161	2.666
Beta	--	0.470	0.380	--

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.043	0.084	--
kv	--	0.022	0.042	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.712	0.901	2.161	2.666
Beta	--	0.470	0.380	--

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.061	2.459	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.842	0.073	0.179
SLD	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.906	0.092	0.224
SLV	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.200	1.000	0.147	0.442	2.334	0.220	0.546
SLC	1.0	0.234	2.538	0.326	1.160	1.380	1.000	1.160	1.000	0.150	0.449	2.537	0.272	0.690

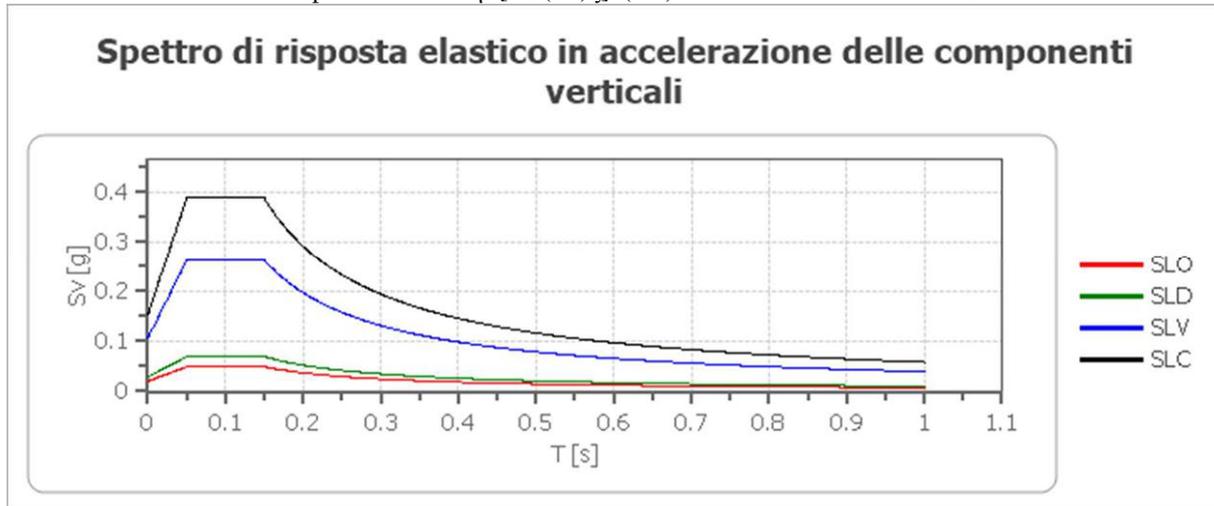
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.061	2.459	0.270	1	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.049
SLD	1.0	0.077	2.438	0.281	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.070
SLV	1.0	0.184	2.476	0.320	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.106	0.263
SLC	1.0	0.234	2.538	0.326	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.153	0.389

### Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ :

1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ :

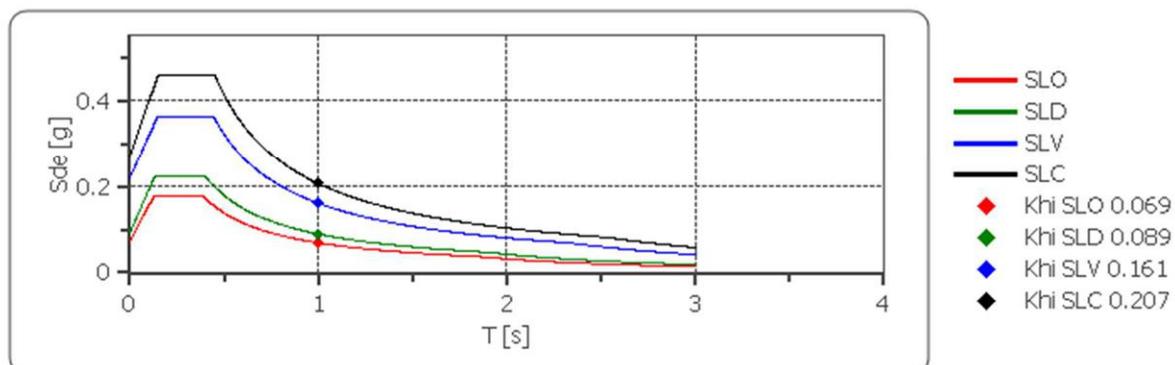
1.50

Periodo fondamentale  $T$ :

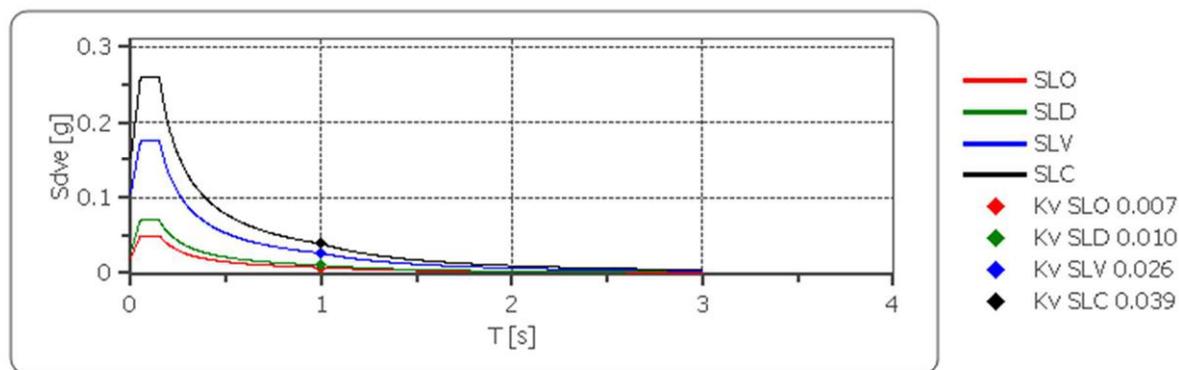
1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.069	0.089	0.161	0.207
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.007	0.010	0.026	0.039

### 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	0.061	2.459	0.270	1.200	1.430	1.000	1.200	1.000	0.129	0.387	1.842	0.073	0.179
SLO verticale	1.0	0.061	2.459	0.270	1.200	1.430	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.049
SLD orizzontale	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.906	0.092	0.224
SLD verticale	1.0	0.077	2.438	0.281	1.200	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.070
SLV orizzontale	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.200	1.500	0.147	0.442	2.334	0.220	0.364
SLV verticale	1.0	0.184	2.476	0.320	1.200	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.106	0.175
SLC orizzontale	1.0	0.234	2.538	0.326	1.160	1.380	1.000	1.160	1.500	0.150	0.449	2.537	0.272	0.460
SLC verticale	1.0	0.234	2.538	0.326	1.160	1.380	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.153	0.259