

**STUDIO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

**MARCO LAGRIMINO Ingegnere**

Viale Trento n. 18/E - Viterbo tel. 0761/332860 E-mail aedes.pro@virgilio.it

**PROVINCIA DI VITERBO**

**COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO**



**RIQUALIFICAZIONE STRADALE  
(STRADA ROCCACCIA E LITORANEA)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

TAV.

**F**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

PROGETTISTA:

**Ing. MARCO LAGRIMINO**

# STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE

Dr. Geologo Aurelio Baleani  
Via Monte Nevoso n. 11 - tel. 3483517863 fax 0761309008 – E-Mail: baleani@libero.it  
01100 VITERBO

## COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO (Provincia di Viterbo)

**PROGETTO:** *Manutenzione Straordinaria Strada della Roccaccia Pescia Romana*

**LOCALITA':** *Strada Roccaccia Pescia Romana – NCT F° 3*

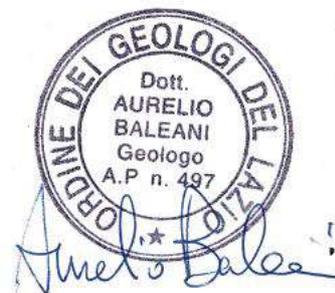
**COMMITTENTE:** *Amm.ne Com.le di Montalto di Castro*

## RELAZIONE GEOLOGICA

*(redatta ai sensi del DPR 328/01 art 41)*

*Indagini geotecniche e sismiche eseguite ai sensi del DGR Lazio n. 724 del 20.10.2020, DGR Lazio N. 189 del 13-04-2021, Regolamento Regionale N. 7 del 16/04/2021 e relazione geologica per gli adempimenti normativi di cui al D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) e circolare del 21/01/2019 N. 7 C.S.LL.PP previsti dal progetto per manutenzione straordinaria Strada della Roccaccia, Pescia Romana, Comune di Montalto di Castro, NCT F°3; Committente Comune di Montalto di Castro*

Viterbo, novembre 2021



# COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO

(Provincia di Viterbo)

**PROGETTO:** *Manutenzione Straordinaria Strada della Roccaccia Pesca Romana*

**LOCALITA':** *Strada Roccaccia Pesca Romana – NCT F° 3*

**COMMITTENTE:** *Amm.ne Com.le di Montalto di Castro*

## RELAZIONE GEOLOGICA

(redatta ai sensi del DPR 328/01 art 41)

*Indagini geotecniche e sismiche eseguite ai sensi del DGR Lazio n. 724 del 20.10.2020, DGR Lazio N. 189 del 13-04-2021, Regolamento Regionale N. 7 del 16/04/2021 e relazione geologica per gli adempimenti normativi di cui al D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) e circolare del 21/01/2019 N. 7 C.S.LL.PP previsti dal progetto previsti dal progetto per manutenzione straordinaria Strada della Roccaccia, Pesca Romana, Comune di Montalto di Castro, NCT F°3; Committente Comune di Montalto di Castro*

### 1. PREMESSA E DESCRIZIONE PROGETTO

Su incarico del Comune di Montalto di Castro (Servizio LL.PP. Determinazione n. del 00/00/2021), è stata eseguita, dal sottoscritto Dr. Geologo Aurelio Baleani una indagine geologica sui terreni interessati dal Progetto **“Manutenzione Straordinaria Strada della Roccaccia Pesca Romana”**. Il progetto prevede opere di manutenzione straordinaria della Strada Roccaccia con particolare riferimento alla realizzazione di un ponte di piccole dimensioni per l’attraversamento del Fosso della Padovella. Il ponte in questione avrà la stessa larghezza della Strada Roccaccia (circa 5 metri) ed una luce di circa 2,3 m. L’alveo del Fosso è ad una profondità di circa 2 metri dal piano stradale.

L’indagine, finalizzata alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geostratigrafiche e geologico – tecniche dei terreni di fondazione del piccolo ponte, redatta in conformità delle del D.P.R. 328/01 art. 41, delle Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C.2018) di cui al D.M. 17.01.2018, del D.G.R. Lazio n. 189 del 13-04-2021 e regolamento regionale N. 7 del 16-04-2021, stata condotta mediante:

1. Rilevamento geologico e geomorfologico esteso anche ad aree limitrofe con modellazione geologica del sito;
2. Definizione del livello di vulnerabilità e del programma delle indagini geotecniche e sismiche in base a quanto disposto dalla DGR Lazio n.375 del 05.07.2016 (BUR N. 56 del 14/07/2016) è **riportata a pag.17**;
3. Indagini in situ mediante esecuzione di N.2 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH con penetrometro superpesante cingolato semovente, di N. 2 indagini sismiche di superficie di cui una di tipo indiretto attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), e una di tipo indiretto passivo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio).
4. Caratterizzazione e modellazione geotecnica mediante elaborazione dei risultati delle prove geotecniche e sismiche, caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni di fondazione con definizione del modello lito-tecnico del volume significativo dell’indagine;
5. Zonazione sismica ai sensi dell’Ordinanza n. 3274, della Delibera G.R. Lazio n. 387 e delle N.T.C. D.M. 17.01.2018 con analisi della Risposta Sismica Locale e verifica alla liquefazione sulla scorta dei risultati delle prove in situ DPSH, dell’array sismico MASW e della prova HVSR;
6. Considerazioni conclusive.

COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

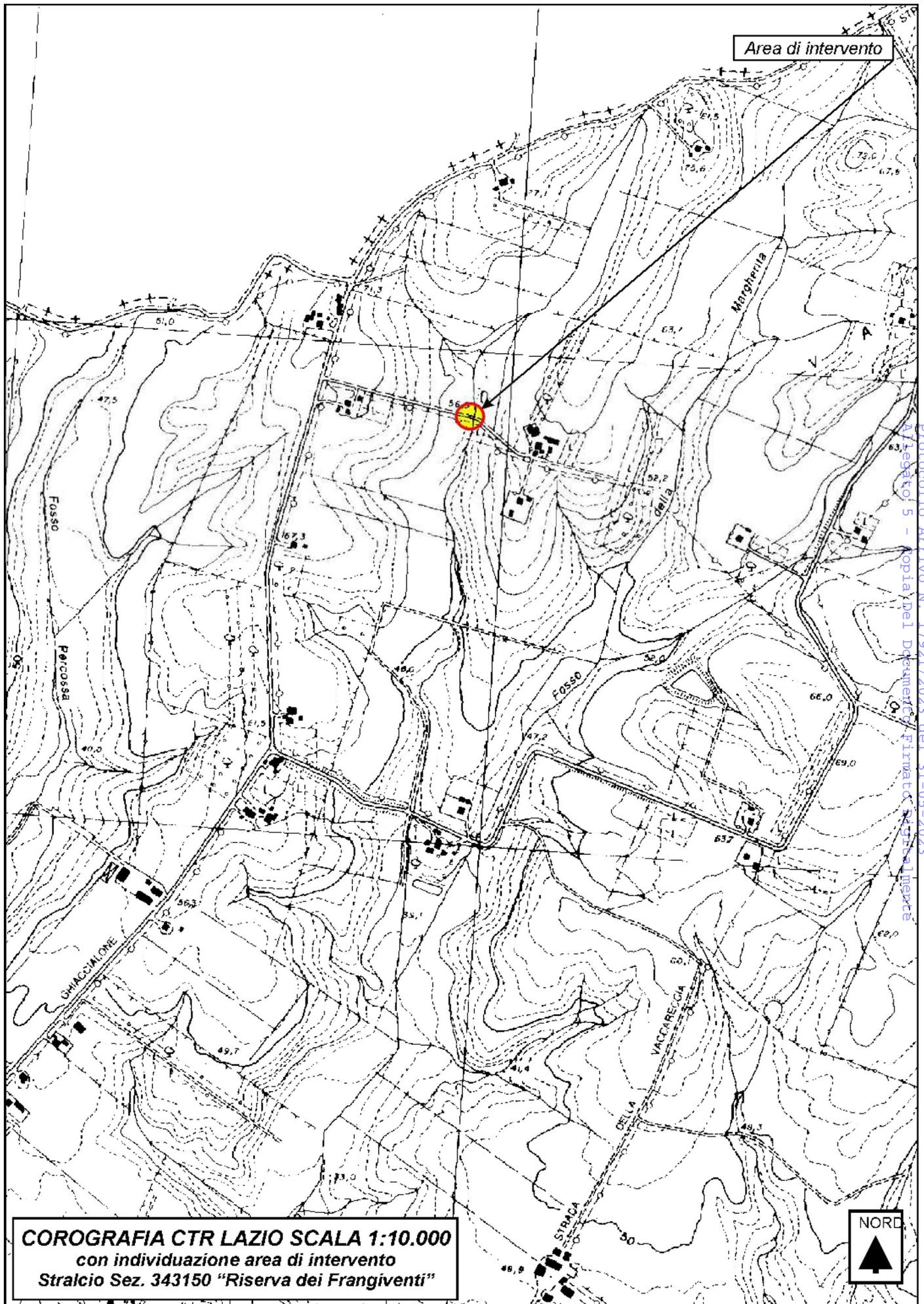
## 2. UBICAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto della presente indagine è ubicata in Strada Roccaccia, a Nord del centro abitato di Pescia Romana e poco a Sud del confine tra il Lazio e Toscana, alla quota di ca. 55 m s.l.m., ed è distinta al Catasto al Foglio 3 p.lle varie.

Nelle pagine seguenti vengono allegate le cartografie con il tracciato della Strada Roccaccia e l'individuazione dell'area interessata dall'attraversamento stradale del Fosso:

- Corografia IGM Lazio in scala 1:25.000 (Stralcio F° 136 Tav. III N.O. "Pescia Fiorentina");
- Corografia CTR Lazio in scala 1:10.000 (Stralcio Sez N. 353150);
- Corografia CTR Lazio in scala 1:5.000 (Stralcio Elemento N. 353154);
- Planimetria catastale in scala 1:4.000 (Stralcio F° 3);
- Planimetria catastale quotata in scala 1:2.000 (Stralcio F° 3);
- Planimetria generale in scala 1:1000 su base CTR con ubicazione prove in situ;
- Planimetria e Prospetto di progetto in scala 1: 1:100 con ubicazione prove in situ.





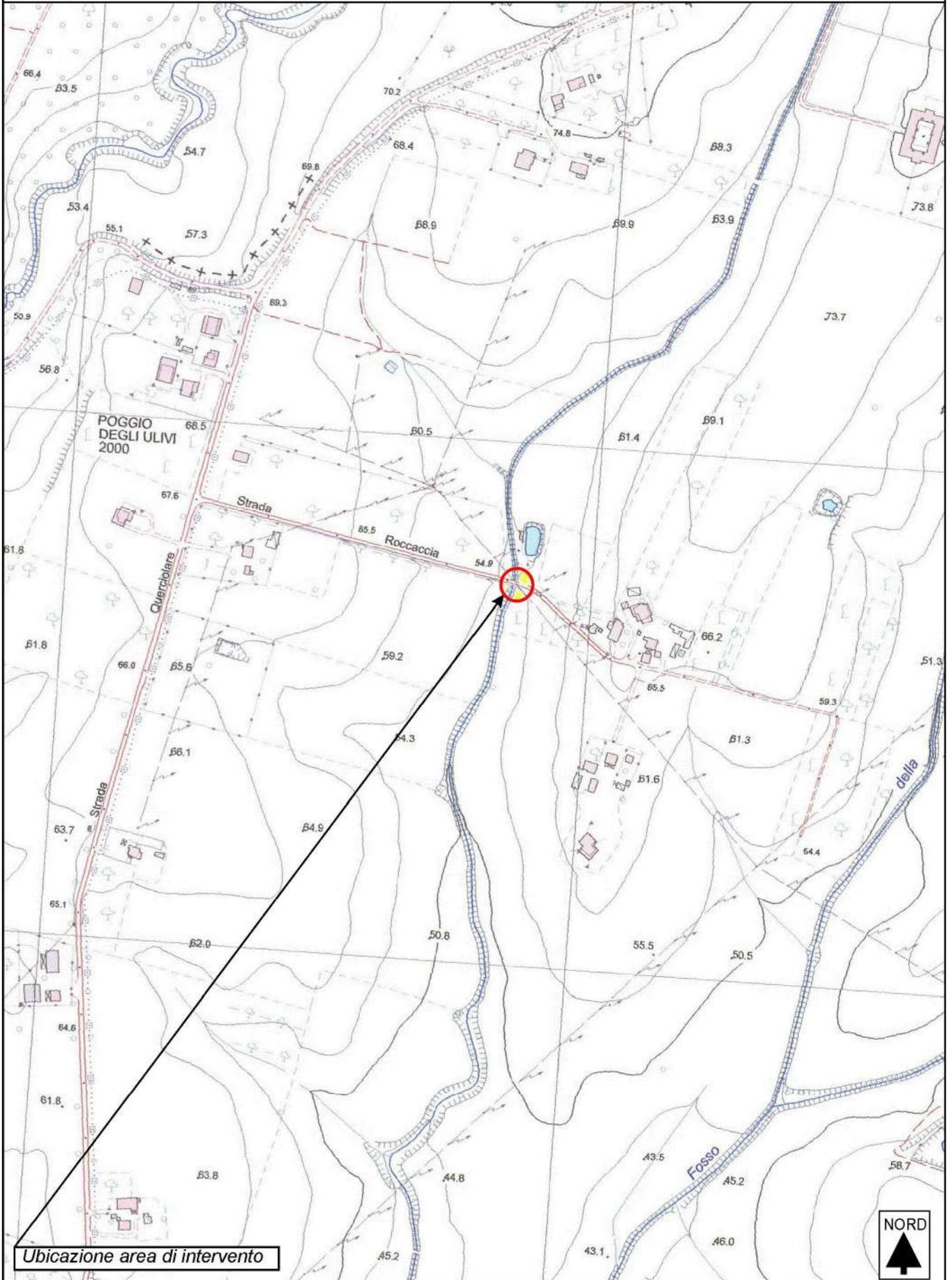
Area di intervento

**COROGRAFIA CTR LAZIO SCALA 1:10.000**  
con individuazione area di intervento  
Stralcio Sez. 343150 "Riserva dei Frangiventi"



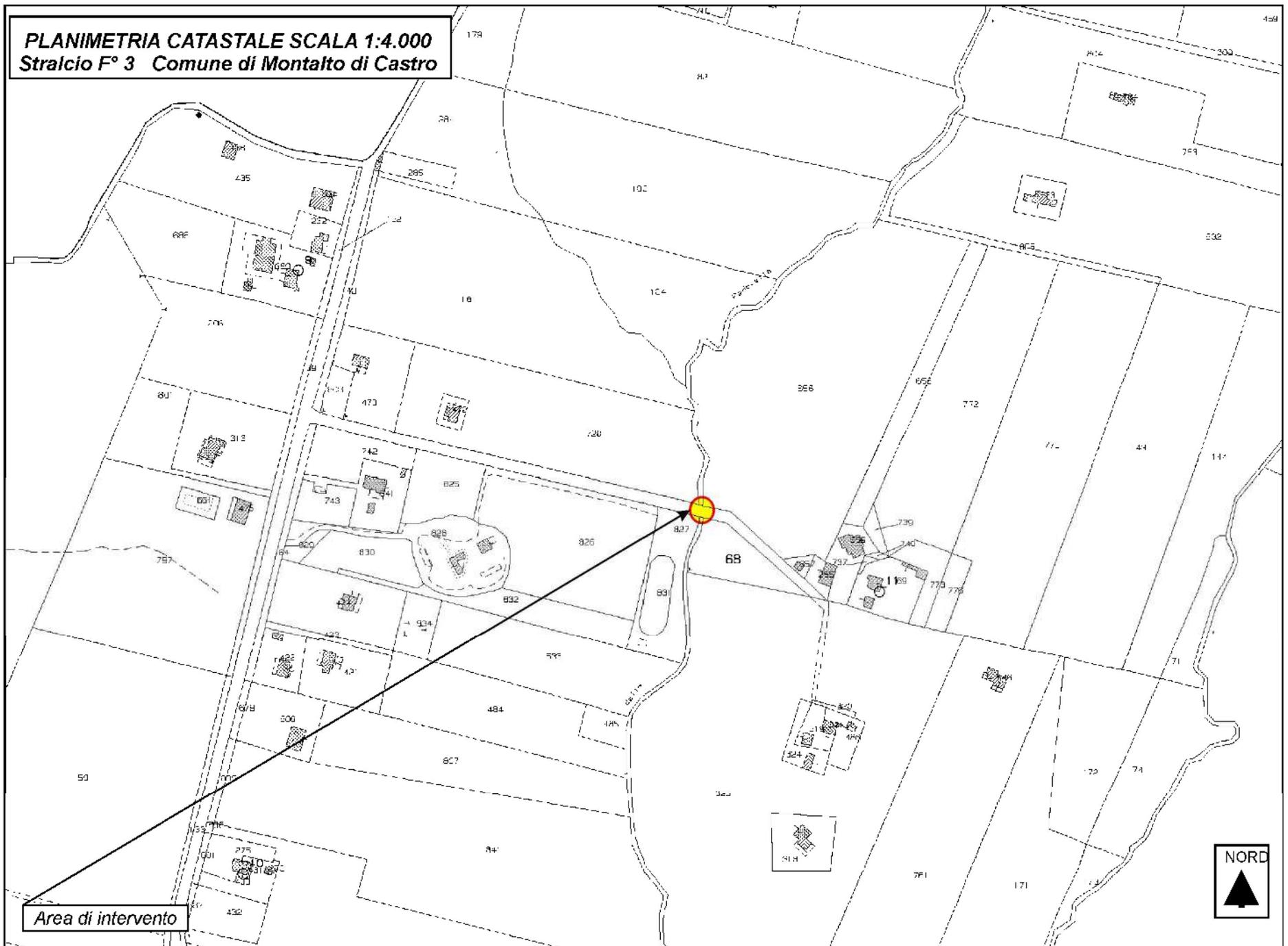
COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
Allegato 5 - Copia del Documento Firmato digitalmente

**COROGRAFIA CTR LAZIO SCALA 1:5.000**  
**Stralcio Elemento N. 343154**



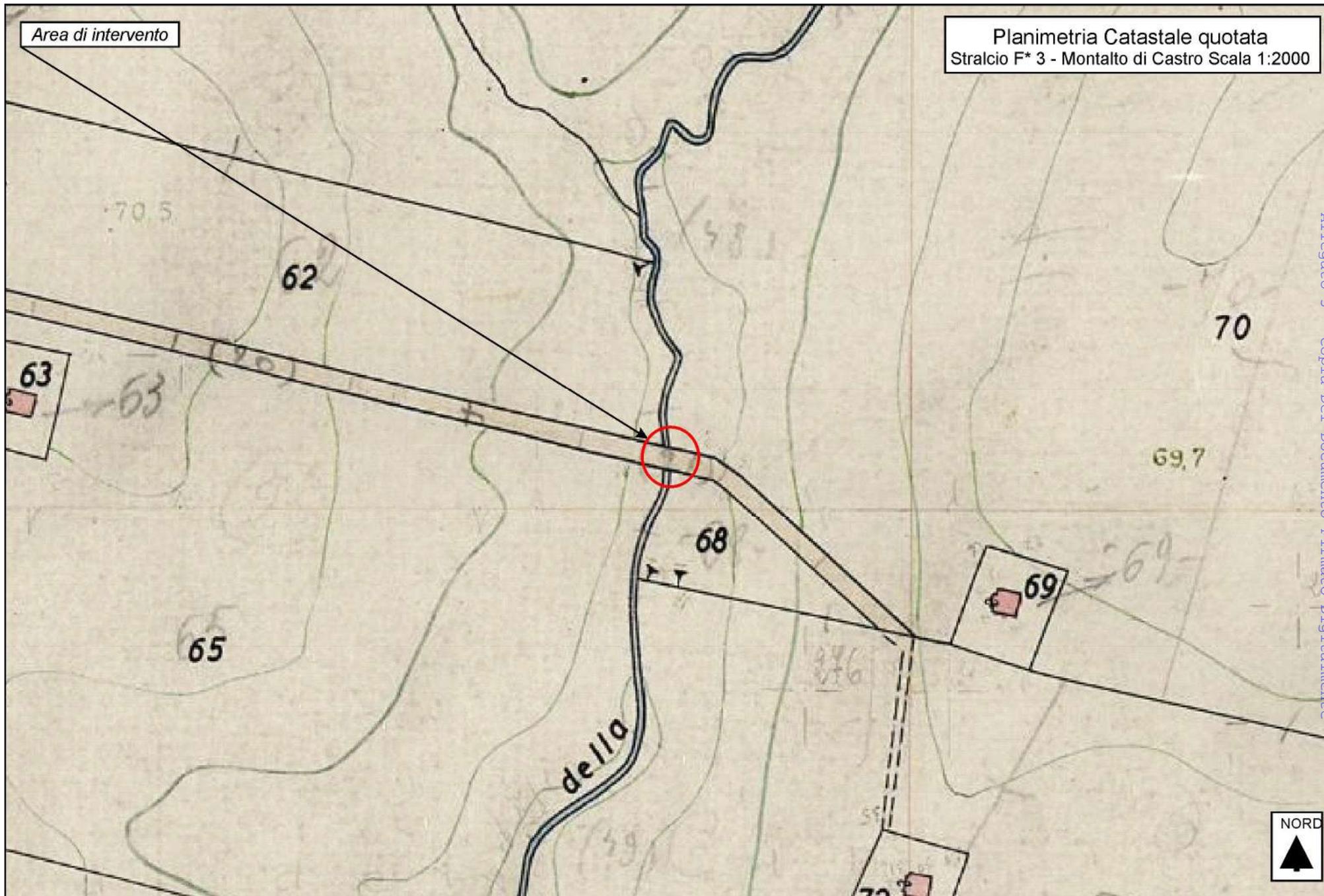
COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

**PLANIMETRIA CATASTALE SCALA 1:4.000**  
**Stralcio F° 3 Comune di Montalto di Castro**



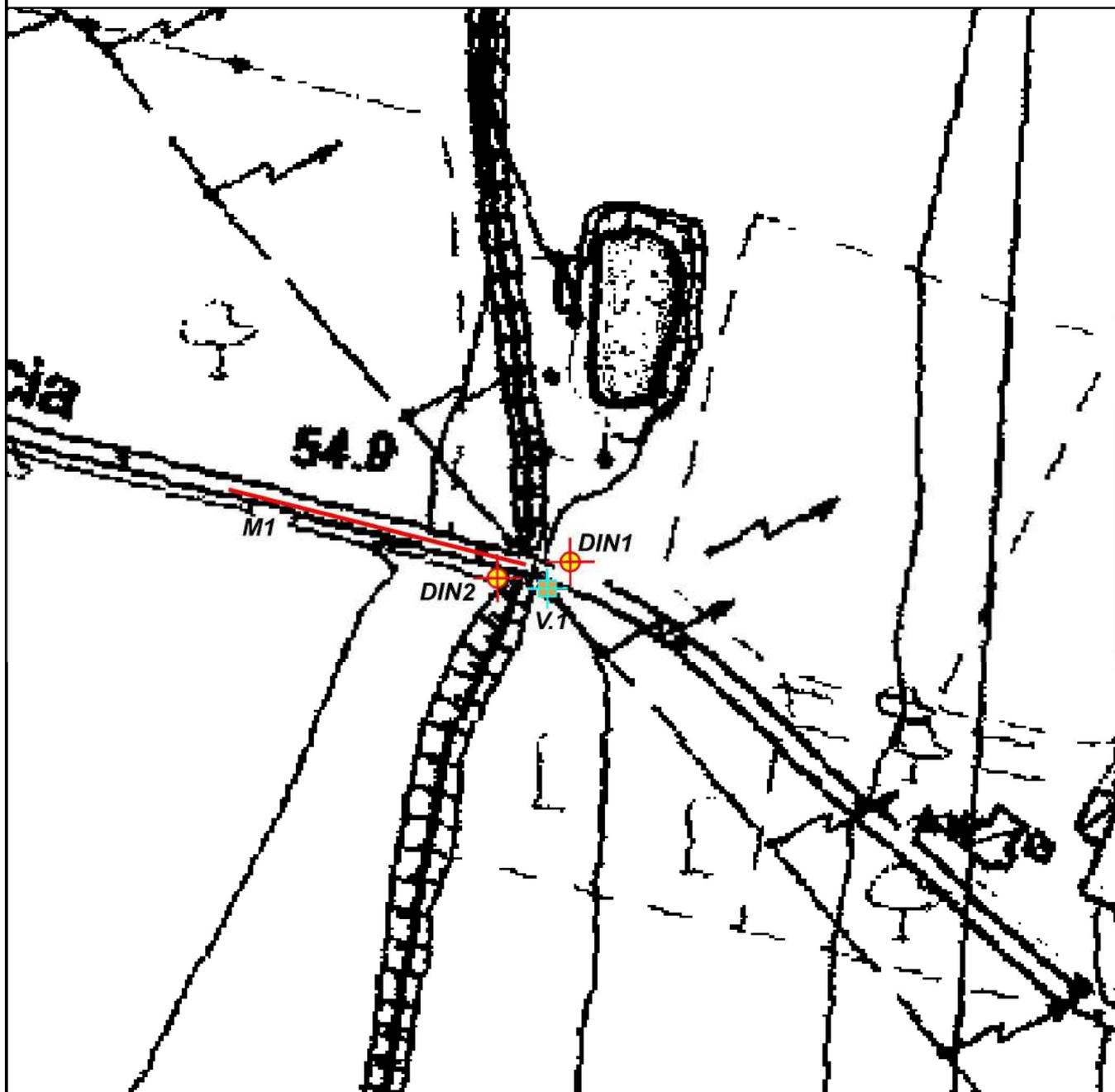
Area di intervento





COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
Protocollo Arriivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

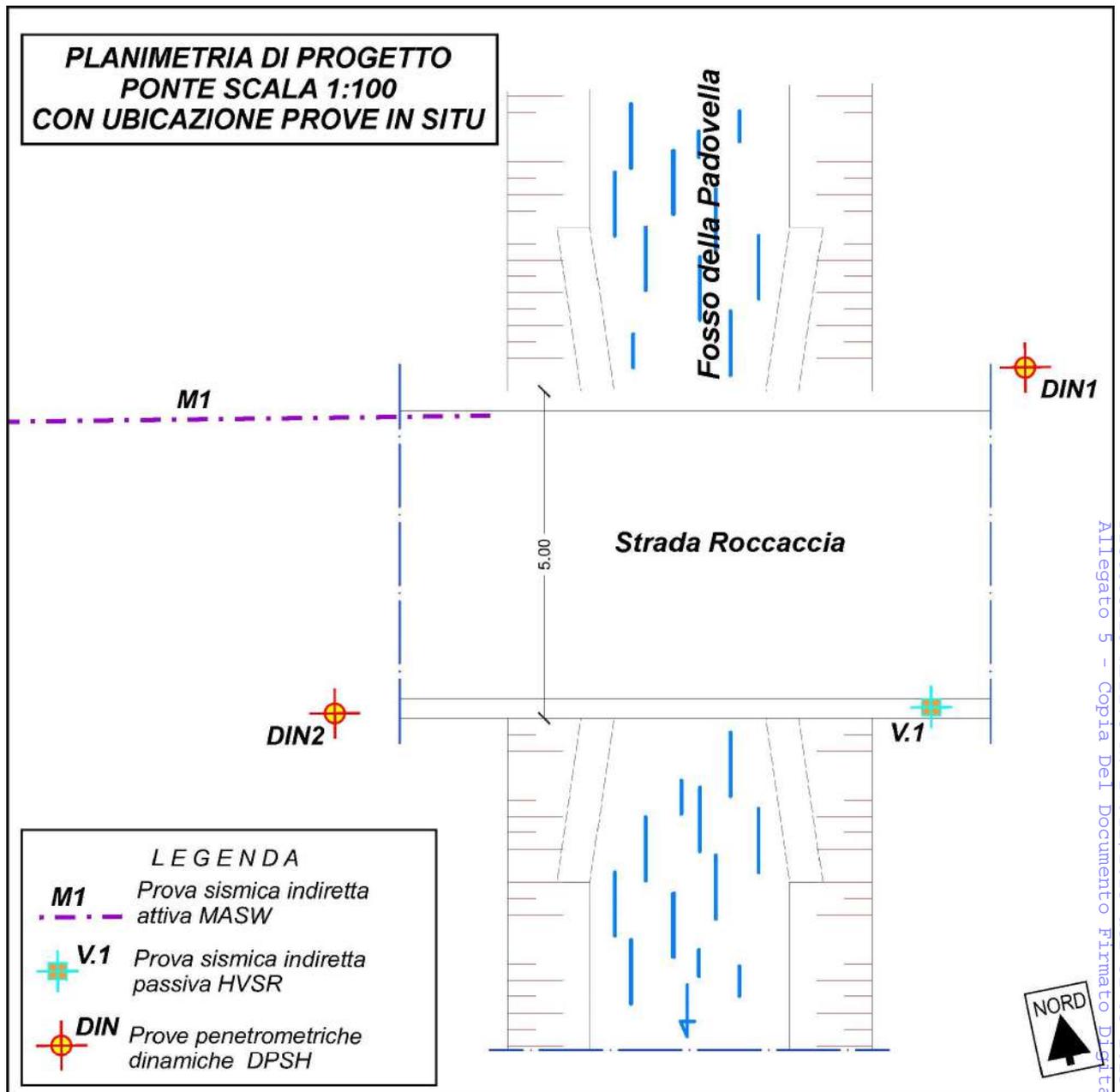
PLANIMETRIA GENERALE SCALA 1:1.000  
CON UBICAZIONE PROVE IN SITU



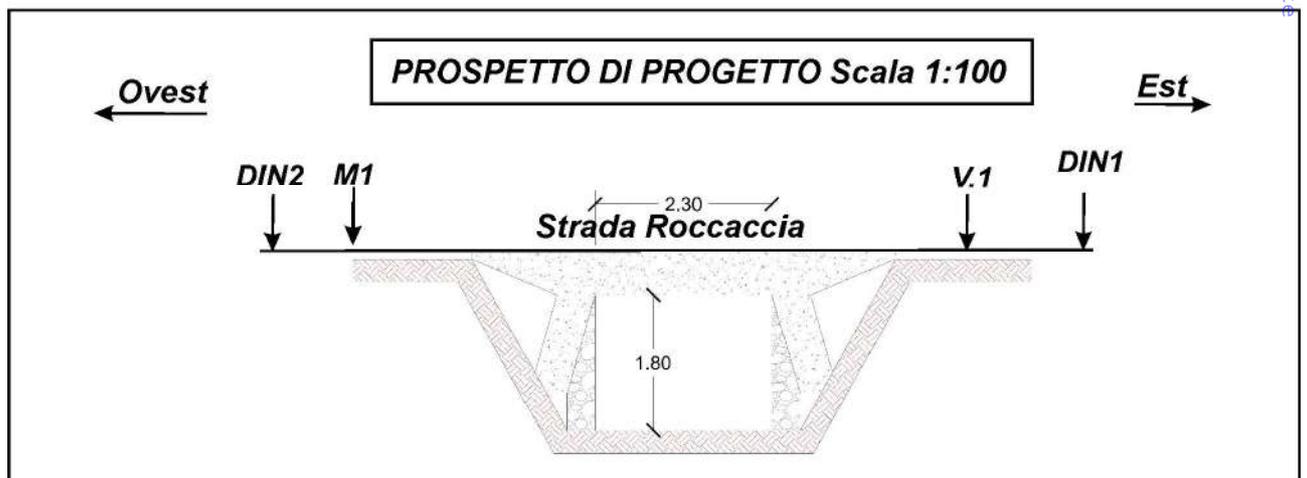
Legenda

-  **M1** Prova sismica indiretta attiva MASW
-  **V.1** Prova sismica indiretta passiva HVSR
-  **DIN** Prove penetrometriche dinamiche DPSH





COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
 Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
 Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente



### **3 GEOMORFOLOGIA E MODELLAZIONE GEOLOGICA**

#### **3.1 – Geomorfologia**

La Strada Roccaccia è ubicata a Nord-Est e ad una distanza di ca 3 Km dal centro abitato della frazione di Pescia Romana, in una zona pianeggiante, a quote comprese tra i 55 e i 64 m s.l.m. con una debolissima tendenza generale a scendere verso l'alveo del Fosso della Padovella, a carattere prevalentemente torrentizio, che drena le acque meteoriche e le convoglia verso il Fosso della Margherita che va poi nel Mar Tirreno.

Non sussistono problematiche legate ad eventuali esondazioni o frane in quanto il territorio rientra nell'ambito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (Ex ABR Lazio) ed è stato sottoposto agli studi per il PAI. Dall'esame di tali studi si è ricavato che la zona interessata dall'indagine:

- a) non è soggetta a inondazioni (valutate con tempo di ritorno  $T = 200$  anni)
- b) non rientra nell'ambito di zone a pericolosità geomorfologica elevata non essendo interessata da frane attive o quiescenti

Inoltre non si notano indizi di frane e/o scivolamenti antichi e/o recenti per cui, anche in considerazione della morfologia pianeggiante, la zona è da considerarsi, allo stato attuale, dotata di una buona stabilità complessiva.

A pag. viene allegato uno stralcio della ricognizione PAI Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (Ex ABR Lazio) in scala 1:10.000.

#### **3.2 – Modellazione geologica**

Il tracciato della Strada Roccaccia interessa una zona situata nell'ambito di quello che è considerato il bacino di subsidenza plio-pleistocenico di Montalto di Castro - Tarquinia, ovvero una zona che nei suddetti periodi (a partire da circa tre milioni d'anni fa) era oggetto di un continuo abbassamento ed in cui un mare litorale depositava i propri prodotti. Successivamente, durante il Pleistocene, gran parte del territorio ad Est fu ricoperto da terreni di natura vulcanica riferibili alle varie fasi esplosive dell'apparato Vulsino che aveva i suoi principali centri d'emissione nei dintorni dell'attuale Lago di Bolsena. In particolare nell'ambito dell'area di indagine e nelle zone limitrofe si rinvennero le seguenti formazioni:

- ⇒ Alluvioni antiche costituite essenzialmente da ciottoli e detriti in una matrice sabbiosa e sabbio limosa del Pleistocene che interessano tutta l'area di indagine.
- ⇒ Sabbie più o meno argillose conglomerati gialli e rossastri ed argille in facies marina e localmente salmastra, con materiale vulcanico del Tirreniano - Messiniano. Affiorano a Nord – Ovest e a Sud dell'area di intervento nelle zone incise dai corsi d'acqua.
- ⇒ Argille grigie a luoghi con gessi; molasse e conglomerati del Messiniano (Miocene) affioranti a Sud dell'area di studio, che rappresentano lo strato di base della serie stratigrafica esaminata..

In particolare il tracciato della Strada Roccaccia è interessata in affioramento a Est e a Ovest, sotto una coltre di terreno vegetale il cui spessore di ca. 50-100 cm, da alluvioni antiche del pleistocene legate a fenomeni deposizionali dei vari corsi d'acqua che scendevano verso il Mar Tirreno il cui principale è rappresentato dal Fiume Fiora. Queste alluvioni sono costituite essenzialmente da ciottoli e detriti arrotondati (prevalentemente filladi) in una matrice sabbiosa e sabbio limosa, il loro spessore è di circa 5-10 metri. Questa alluvioni sovrastano la formazione delle Sabbie più o meno argillose conglomerati gialli e rossastri ed argille in facies marina e localmente salmastra, con materiale vulcanico del Tirreniano – Messiniano che affiorano nella parte centrale del tracciato stradale, interessata anche dal Fosso della Padovella e quindi anche dal ponte per il suo attraversamento stradale.

Una sezione geologico-tecnica e sismica ricostruita in base alle prove in situ geotecniche e sismiche sulla base del prospetto di progetto in scala 1:100 è allegata a pag. 14.

La situazione geologica precedentemente descritta è riportata graficamente nella carta geologica in scala 1:10.000 e nella carta geologica di dettaglio in scala 1:1000 allegate rispettivamente a pag. 12 e a pag. 13.

- Nelle pagine seguenti sono allegate:
- Carta geologica in scala 1:10.000
  - Carta geologica di dettaglio in scala 1:1.000 con ubicazione prove in situ;
  - Sezione geologico tecnica e sismica (Prospetto di progetto in scala 1:100)
  - Documentazione fotografica che attesta l'esecuzione delle prove e evidenzia la morfologia e la situazione dei luoghi dell'area di intervento.
  - Stralcio della ricognizione PAI Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (Ex ABR Lazio) in scala 1:10.000.

#### **4. IDROGEOLOGIA**

Sulla scorta di notizie reperite da una ricerca bibliografica e cartografica su altri studi condotti nell'ambito della zona in cui ricade l'area interessata dall'intervento urbanistico in oggetto è stato possibile ricostruire lo schema idrogeologico della zona.

Si possono riconoscere le seguenti due unità idrogeologiche principali:

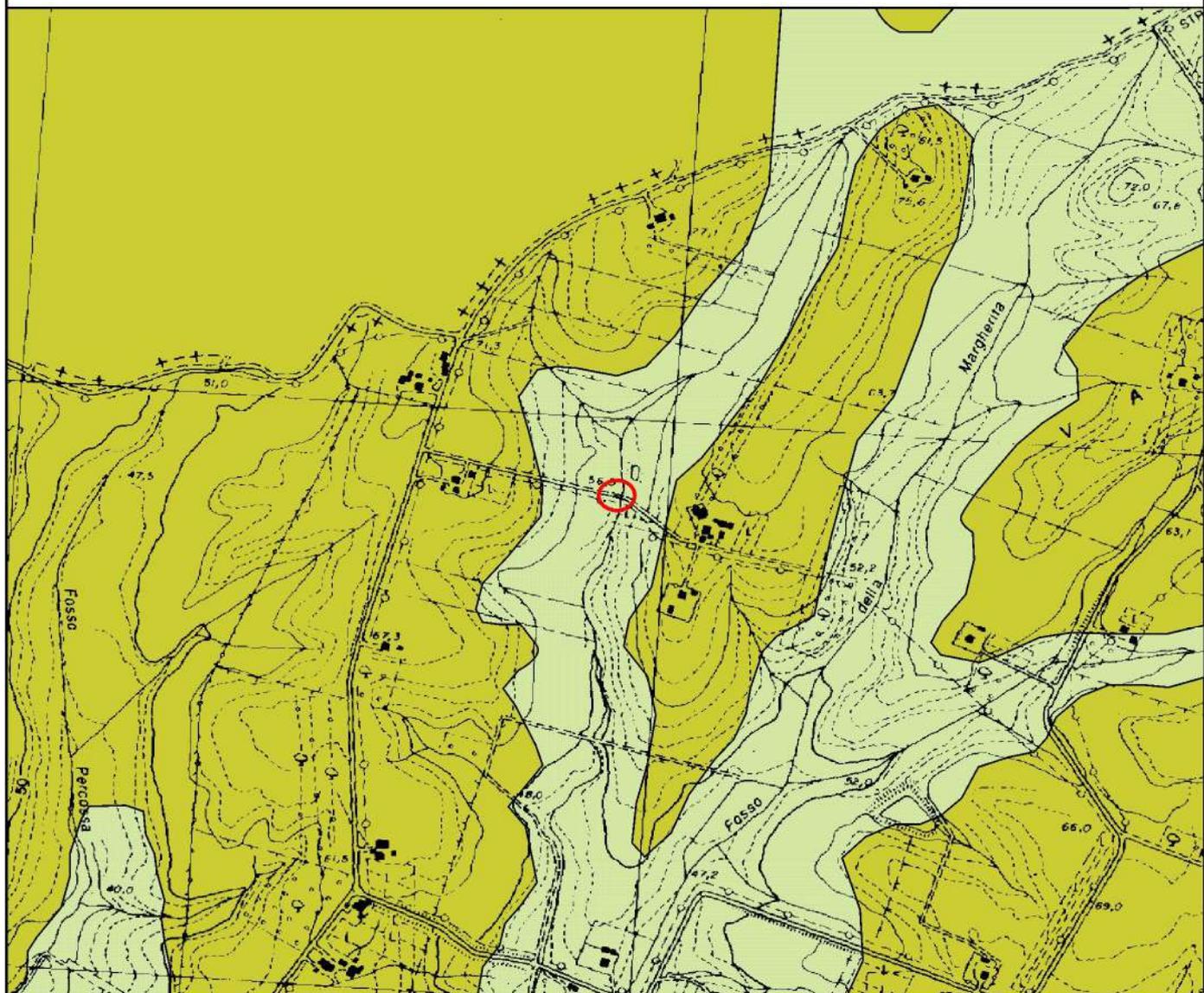
- 1) La prima unità idrogeologica è costituita dal complesso sabbioso ghiaioso con piroclastiti. Questa unità, che rientra nell'ambito della successione quaternaria, si presenta nella zona, come alternanze di lenti e livelli a stratificazione incrociata di limi e sabbie vulcaniche passanti a sabbie argillose e marne a permeabilità media, che tendono ad immergersi verso il mare, con spessori variabili, ma sempre superiori ad una ventina di metri, che aumentano verso il mare.
- 2) La seconda unità idrogeologica, sottostante la precedente, è costituita dal complesso del flysch che funge da acquiclude per l'unità idrogeologica superiore.

Pertanto l'idrogeologia della zona è riconducibile ad una falda acquifera contenuta nella prima unità idrogeologica e sostenuta dalla seconda unità idrogeologica.

L'area di intervento si colloca tra le isoipse 30 e 40 m s.l.m, per cui, considerando che la quota media è di 55 m s.l.m., la falda acquifera livella staticamente nella zona a profondità superiori ai 15 metri ca. dal piano campagna, pur essendo possibile il rinvenimento di lenti acquifere locali di modesta entità a profondità inferiori trattenute da livelli con maggiore componente argillosa. *L'escursione stagionale della falda acquifera è comunque inferiore a 20 cm.*

Il deflusso idrico ipogeo della falda acquifera è prevalentemente verso Sud- Ovest con delle modeste variazioni di direzioni localmente.

# CARTA GEOLOGICA SCALA 1:10.000



## LEGENDA



Alluvioni antiche costituite da detriti arrotondati della formazione delle filladi in matrice sabbio argillosa (Pleistocene)



Sabbie più o meno argillose, conglomerati gialli e rossastri ed argille (in facies marina e a luoghi salmastra) con materiale vulcanico (Tirreniano - Siciliano)



Individuazione area di indagine



**CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO SCALA 1:1.000  
CON UBICAZIONE PROVE IN SITU**



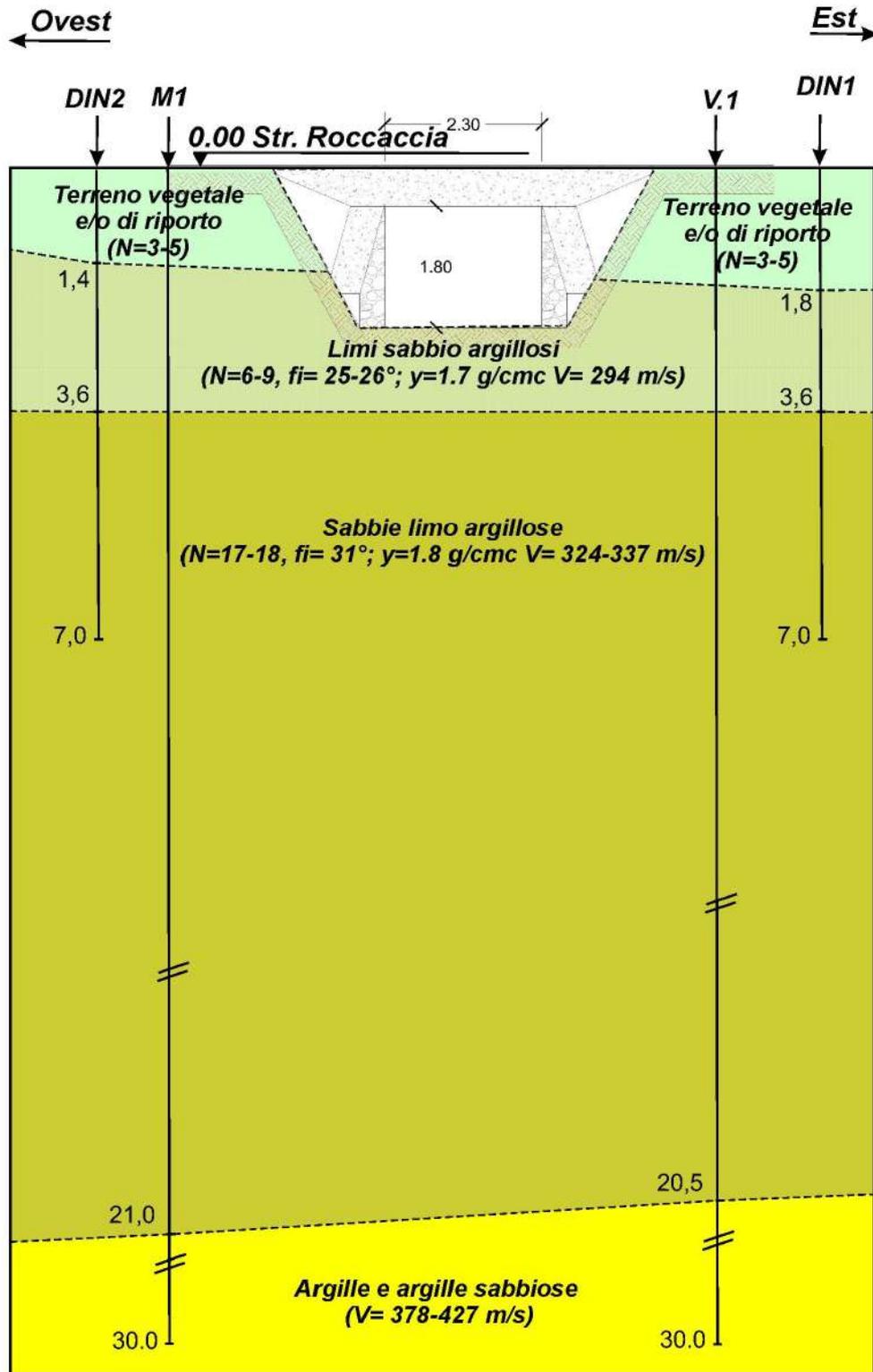
**Legenda**



-  *Alluvioni antiche costituite da detriti arrotondati della formazione delle filladi in matrice sabbio argillosa (Pleistocene)*
-  *Sabbie più o meno argillose, conglomerati gialli e rossastri ed argille (in facies marina e a luoghi salmastra) con materiale vulcanico (Tirreniano - Siciliano)*

-  **M1** *Prova sismica indiretta attiva MASW*
-  **V.1** *Prova sismica indiretta passiva HVSR*
-  **DIN** *Prove penetrometriche dinamiche DPSH*

**SEZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SISMICA Scala 1:100  
(PROSPETTO DI PROGETTO)**



**NOTE:** profondità in m riferite al piano stradale; N=Numero di colpi medio SPT; fi=angolo di attrito interno efficace; y= peso di volume; V=velocità onde sismiche

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



**Foto 1-2-3: esecuzione prove DPSH**



**Foto 4-5: esecuzione prove sismiche MASW e HVSR**

COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

# Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ABDAC (Ex ABR Lazio)

legge regionale 39/96 art 11.

## PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Approvato con Deliberazione Consiglio Regionale n° 17 del 04/04/2012 (B.U.R.L. 21 del 07/06/2012 S.O. n° 35) aggiornata con Decreti del Segretario Generale n° 1/2012, n° 2/2012, n° 3/2012, n° 4/2012, n° 5/2012, n° 6/2012, n° 1/2013, n° 2/2013, n° 4/2013, n° 5/2013, n° 6/2013, n° 7/2013, n° 8/2013, n° 9/2013, n° 10/2013, n° 11/2013, n° 12/2013, n° 1/2014, n° 2/2014, n° 4/2014, n° 1/2015, n° 2/2015, n° 3/2015, n° 4/2015, n° 5/2015, n° 6/2015, n° 7/2015

## AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO

Tavola: 2.05 Nord

Scala 1:10.000

Aggiornamento: 12/02/15

LIVELLI DI RISCHIO IN FUNZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL VALORE ESPOSTO  
(art. 4 comma 5)

ELEMENTI A Rischio	ELEMENTI LINEARI A Rischio	ELEMENTI PUNTUALI A Rischio
R4	R4	R4
R3	R3	R3
R2	R2	R2

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA  
PER PERICOLO D'INONDAZIONE  
(artt. 7 - 23 - 24 - 25 - 26)

-  Aree a Pericolo A1 (c. 2 art. 7 e art. 23)
-  Aree a Pericolo A2 (c. 2 art. 7 e art. 23 bis)
-  Aree a Pericolo B1 (c. 2 art. 7 e art. 24)
-  Aree a Pericolo B2 (c. 2 art. 7 e art. 25)
-  Aree a Pericolo C (c. 2 art. 7 e art. 26)

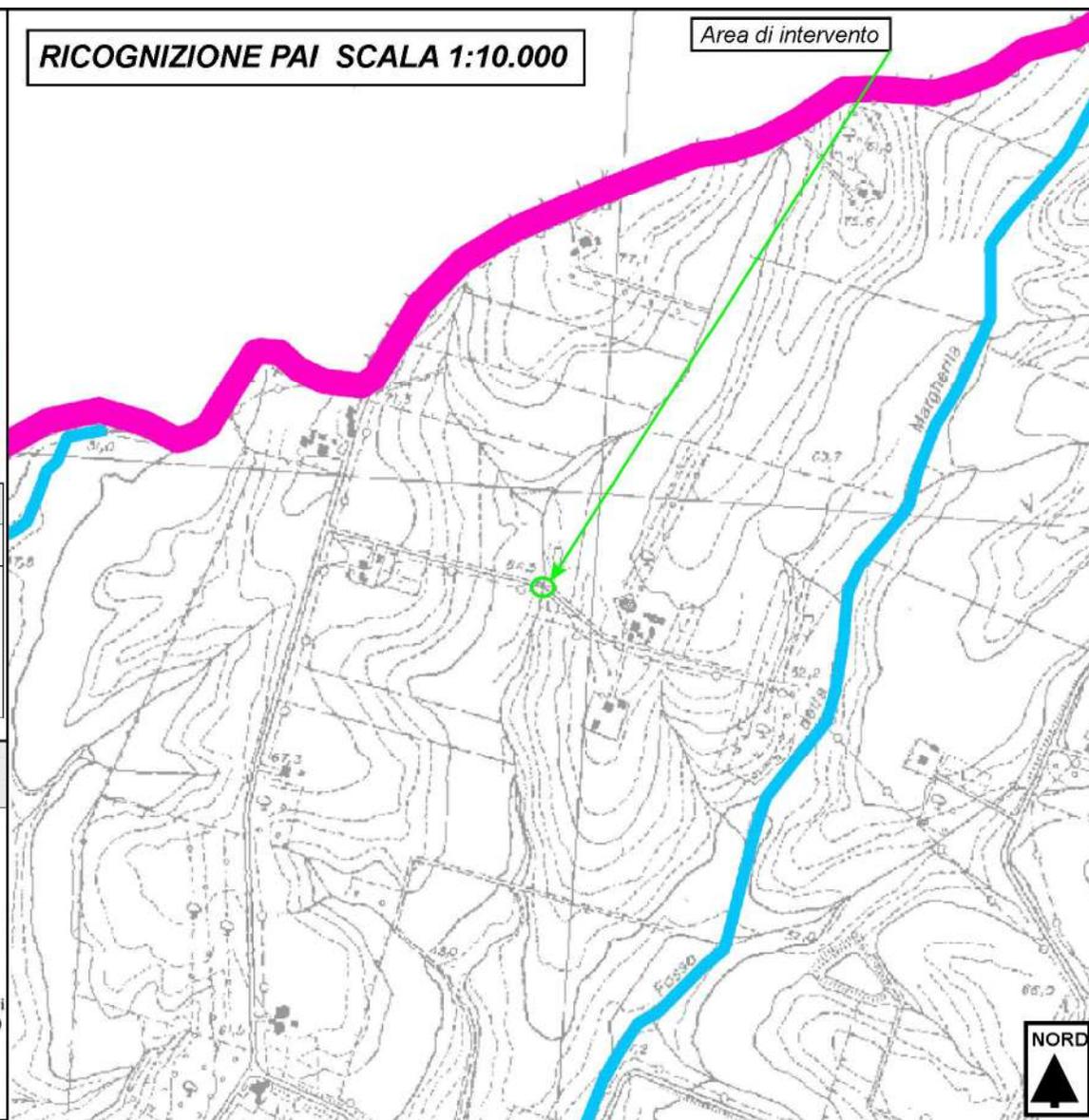
Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentire la definizione della pericolosità

AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO  
DI FRANA E D'INONDAZIONE  
(artt. 9 - 19 - 27)

-  Aree di Attenzione Geomorfologica (artt. 9 e 19)
-  Aree di Attenzione Idraulica (artt. 9 e 27)
-  Aree di Attenzione per presenza di cavità naturali o artificiali soggette a crolli
-  Corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)
-  Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27)

RICOGNIZIONE PAI SCALA 1:10.000

Area di intervento



COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
 Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
 Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

## **5. INDAGINI DIRETTE: DPSH, MASW e HVSR**

### **4.1 – Definizione della Vulnerabilità dell’opera e programma delle indagini in base a quanto disposto dalla D.G.R. Lazio n. 724 del 27.10.2020, della DGR Lazio N. 189 del 13-04-2021 e del Regolamento sismico regionale n. 7 del 16.04.2021**

La DGR n. 189/2021 e il regolamento sismico regionale N. 7/2021 ha introdotto la necessità di definire il livello di vulnerabilità dell’opera; a questa è stato associato un programma minimo di indagini geognostiche da eseguire per una completa ed esaustiva definizione delle condizioni geologiche e geotecniche del sedime locale.

- Il manufatto in progetto va collocato ai sensi DGR Lazio 489/2012 in classe d’uso 2 (Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d’uso III o in classe d’uso IV)
- La riclassificazione sismica della Regione Lazio, di cui alla DGR 387/09 in recepimento della OPCM 3274/03 e s.m.i., ha catalogato il territorio comunale di Montalto di Castro in categoria 3B
- Il territorio del Comune di Montalto di Castro è stato sottoposto allo studio di microzonazione sismica di livello 1 validata dalla Regione Lazio e l’area di intervento rientra nelle zone stabili sottozona Sa4 che evidenzia una stratigrafia di massima di ca 15 m di depositi marini e fluvio-lacustri antichi, a luoghi terrazzati, argille limose e limi sabbiosi con livelli ghiaiosi e sabbiosi, localmente presenti livelli tufaceo sabbio e tufiti, cui soggiace la formazione delle argille plioceniche. Lo stralcio della carta MOPS Montalto di Castro (Tav. 1) viene allegato nella pagina seguente.
- Il livello di vulnerabilità dell’opera è di tipo basso
- Viste le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito si è pertanto proceduto alla scelta del programma di indagine tenendo conto delle indagini minime obbligatorie di tipo geologico, geofisico e geotecnico indicate dalla DGR n. 189/2021 del 13-04-2021 e dal regolamento sismico N. 7/2021..

La stima di eventuali fattori condizionanti dal punto di vista geologico, sulla base di tutto quanto in precedenza descritto, porta alle seguenti conclusioni:

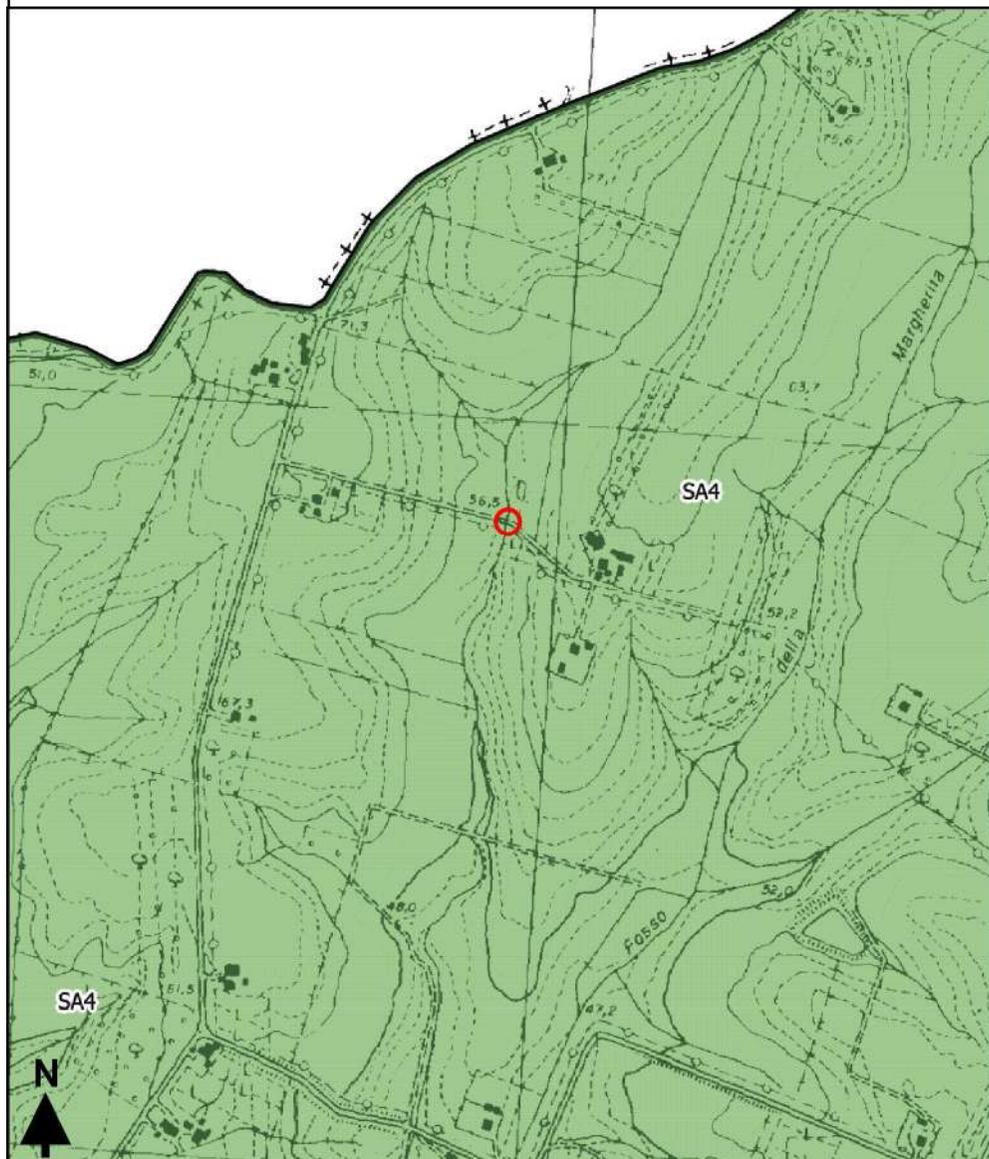
- La zona non manifesta fenomeni di subsidenza, cedimenti differenziali, dovuti alla presenza di terreni fortemente compressibili, e/o sinkhole;
- La zona non appare in condizioni di dissesto e/o di frana;
- la zona è suscettibile di amplificazione sismica,
- La zona non è compresa in aree R3 o R4 dei Piani della Autorità di Bacino competente (Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Centrale – Ex ABR Lazio);
- La zona non si trova entro 50 metri da faglie attive e capaci segnalate dall’INGV;
- La zona non è interessata dalla presenza di cavità sotterranee;
- La zona non è interessata da fenomeni di liquefazione delle sabbie;

Per quanto sopra il livello di vulnerabilità dell’opera come definita dalla DGR n. 375/2016 è definita “bassa” e, in conformità della stessa DGR e in relazione alla estensione areale ed all’altezza dell’opera, sono state programmate ed eseguite le seguenti indagini in situ:

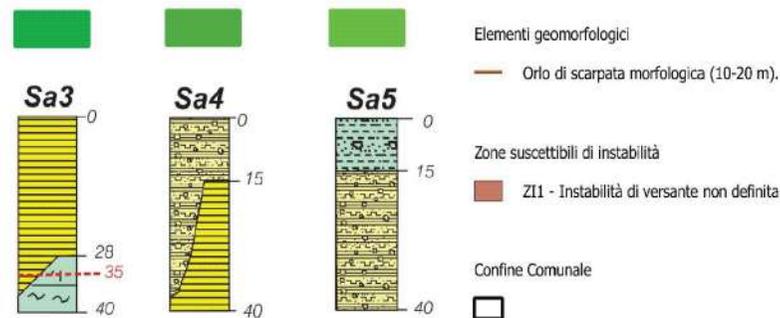
- a) N.2 prove DPSH con macchina superpesante cingolata;
- b) N. 1 prova sismica indiretta attiva MASW;
- c) N. 1 Misure delle frequenze fondamentali con prove sismiche indirette passive HVSR
- d) Documentazione fotografica.

# COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO STRALCIO CARTA MOPS LIVELLO 1 Scala 1:10.000 (TAV.1)

Validata ai sensi della DGR Lazio n. 545/2010 con determinazione n. A05733 del 11.07.2013 Regione Lazio Dipartimento istituzionale e Territorio



## Zone stabili suscettibili di amplificazione

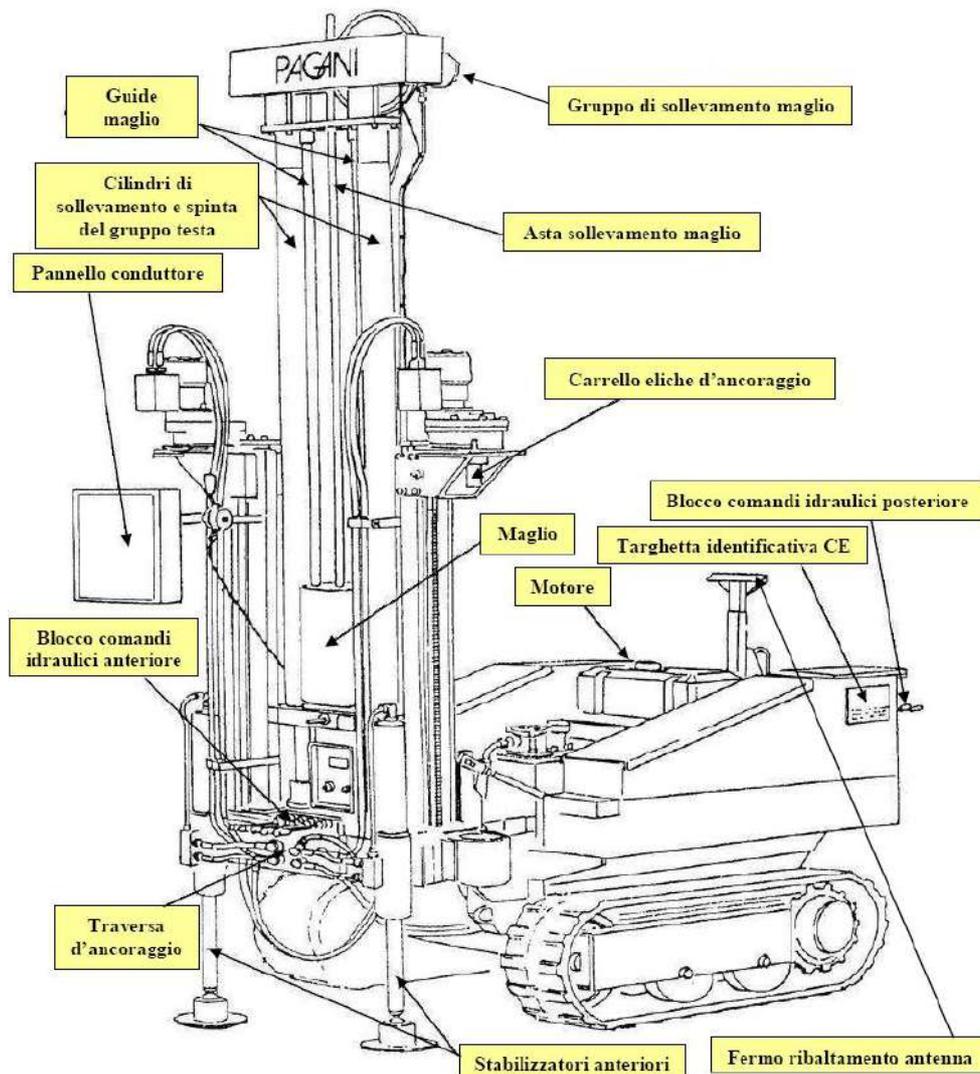


## LEGENDA LITOTECNICA

- Sabbie litoranee sciolte.
- Depositi alluvionali limosi, ghiaiosi e sabbiosi recenti ed attuali. Spessori massimi prossimi ai 12-15m da p.c.. Valori medi Nspt 2-12.
- Depositi marini e fluvio-lacustri antichi a luoghi terrazzati. Argille-limose, limi-sabbiosi con livelli ghiaiosi e sabbiosi. Localmente presenti livelli tufaceo sabbiosi intercalati ed interdigitati ad essi. Nspt compresi tra 3-20 colpi, fino a 30-40 colpi nei livelli ghiaiosi e tufacei.
- Lave sottosature e sature (Lss): fratturate alternate a livelli sociacei e tufacei.
- Tuffi e tufi terrosi. Nspt compresi tra 4-18 colpi fino a rifuto nei livelli più addensati.
- Depositi prevalentemente argillosi. Argille grigie e grigio azzurre plioceniche a luoghi debolmente sabbiose e con possibili livelli conglomeratici al tetto.
- Flysch.
- Bed-rock sismico stimato.
- Area di intervento

## 5.2 – Prove DPSH

La macchina Mod. TG63-10 cingolata di costruzione Pagani Geotechnical Equipment (Ved. Figura seguente) è un penetrometro in grado di effettuare prove penetrometriche statiche (CPT-CPTU-SCPTU, cioè tradizionali con punta meccanica o elettrica, che dinamiche. Nel caso di prove dinamiche, la macchina può essere configurata per svolgere prove tipo DPSH, DPH e DPM in accordo con le seguenti normative internazionali: ASTM 3441 per prove CPT; Eurocode. L'indagine sui terreni di fondazione in oggetto è stata effettuata mediante esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche continue DPSH (super-pesante) ubicate come riportato nella planimetria generale in scala 1:200, sulla pianta di progetto Piano terra in scala 1:200 e nella carta geologica di dettaglio in scala 1:1000 precedentemente allegate rispettivamente alle pag. 6-7-11. Le caratteristiche tecniche del penetrometro DPSH (S. Heavy) utilizzato sono riportate nello schema che precede i grafici con i risultati delle prove. I risultati di ogni singola prova vengono riportati in una tabella e in un grafico con il valore del numero dei colpi registrato ogni 20 cm di avanzamento della punta conica  $N_{(20)}$  in funzione della profondità in m. Il grafico comprende anche la valutazione della resistenza dinamica alla punta in funzione del numero dei colpi secondo la formula degli Olandesi (riportata sullo schema che precede i risultati). Viene poi fornita una elaborazione statistica dei risultati con la formazione dei diversi strati caratterizzati dallo stesso valore medio di  $N_{(20)}$  e il relativo valore di  $N_{SPT}$  derivante dalla correlazione. L'ultima tabella presentata è riferita alla elaborazione dei risultati secondo diversi autori per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei vari strati in condizioni drenate (terreni natura granulare) e non drenate (terreni prevalentemente argillosi coesivi).



**PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)**

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

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)**

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11,91 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

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

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

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

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

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

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Comune di Montalto di Castro - lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia - località : Strada Roccaccia Pesca Romana - note :	- data : 19/11/2021 - quota inizio : 55 - prof. falda : Falda non rilevata - pagina : 1
--	--

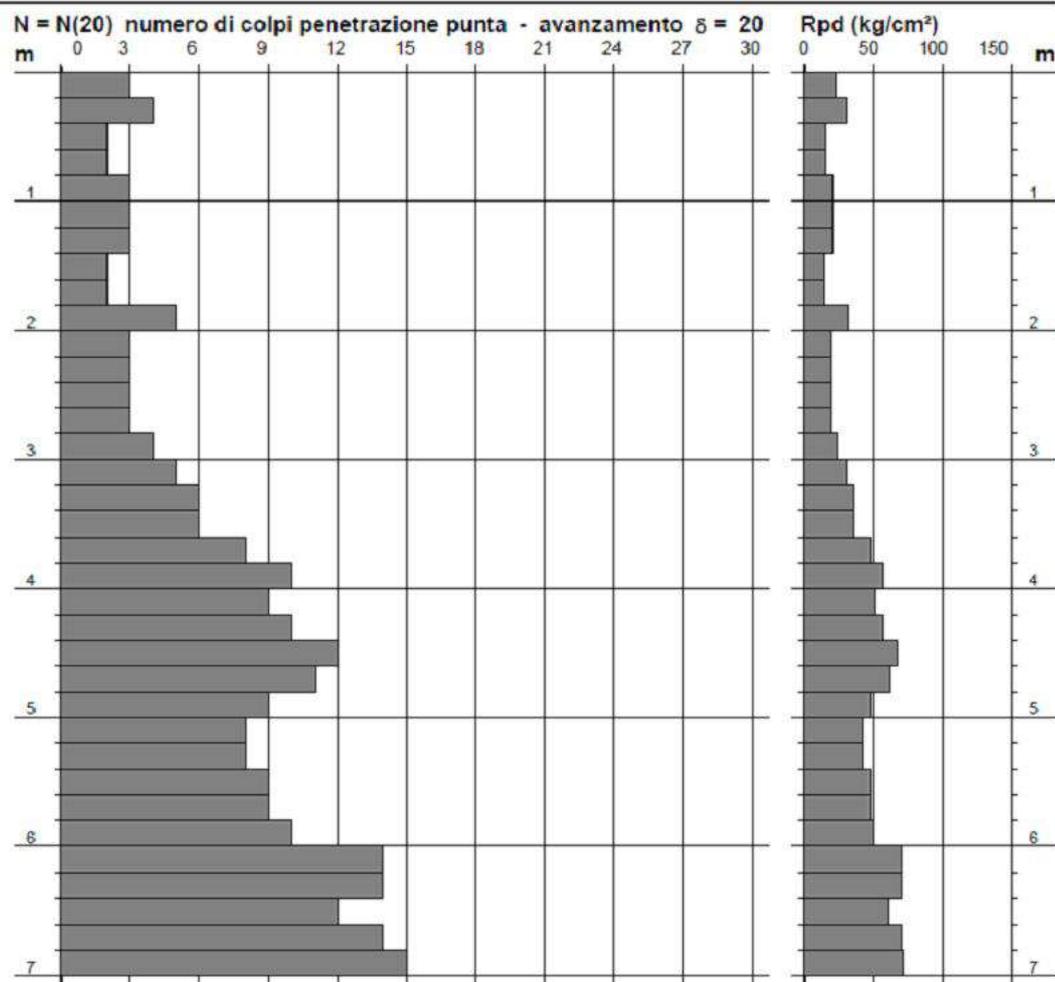
Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	3	22,3	---	1	3,60 - 3,80	8	48,2	---	4
0,20 - 0,40	4	29,8	---	1	3,80 - 4,00	10	56,6	---	5
0,40 - 0,60	2	14,9	---	1	4,00 - 4,20	9	51,0	---	5
0,60 - 0,80	2	14,9	---	1	4,20 - 4,40	10	56,6	---	5
0,80 - 1,00	3	20,7	---	2	4,40 - 4,60	12	68,0	---	5
1,00 - 1,20	3	20,7	---	2	4,60 - 4,80	11	62,3	---	5
1,20 - 1,40	3	20,7	---	2	4,80 - 5,00	9	48,1	---	6
1,40 - 1,60	2	13,8	---	2	5,00 - 5,20	8	42,7	---	6
1,60 - 1,80	2	13,8	---	2	5,20 - 5,40	8	42,7	---	6
1,80 - 2,00	5	32,2	---	3	5,40 - 5,60	9	48,1	---	6
2,00 - 2,20	3	19,3	---	3	5,60 - 5,80	9	48,1	---	6
2,20 - 2,40	3	19,3	---	3	5,80 - 6,00	10	50,6	---	7
2,40 - 2,60	3	19,3	---	3	6,00 - 6,20	14	70,8	---	7
2,60 - 2,80	3	19,3	---	3	6,20 - 6,40	14	70,8	---	7
2,80 - 3,00	4	24,1	---	4	6,40 - 6,60	12	60,7	---	7
3,00 - 3,20	5	30,1	---	4	6,60 - 6,80	14	70,8	---	7
3,20 - 3,40	6	36,1	---	4	6,80 - 7,00	15	72,0	---	8
3,40 - 3,60	6	36,1	---	4					

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Comune di Montalto di Castro - lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia - località : Strada Roccaccia Pesca Romana - note :	- data : 19/11/2021 - quota inizio : 55 - prof. falda : Falda non rilevata - pagina : 1
--	--



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Comune di Montalto di Castro  
- lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia  
- località : Strada Roccaccia Pescia Romana  
- note :  
- data : 19/11/2021  
- quota inizio : 55  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,20	2	14,9	---	1	3,60 - 3,80	12	72,3	---	4
0,20 - 0,40	2	14,9	---	1	3,80 - 4,00	13	73,6	---	5
0,40 - 0,60	2	14,9	---	1	4,00 - 4,20	13	73,6	---	5
0,60 - 0,80	2	14,9	---	1	4,20 - 4,40	11	62,3	---	5
0,80 - 1,00	2	13,8	---	2	4,40 - 4,60	10	56,6	---	5
1,00 - 1,20	2	13,8	---	2	4,60 - 4,80	12	68,0	---	5
1,20 - 1,40	2	13,8	---	2	4,80 - 5,00	11	58,8	---	6
1,40 - 1,60	5	34,5	---	2	5,00 - 5,20	12	64,1	---	6
1,60 - 1,80	8	55,2	---	2	5,20 - 5,40	10	53,4	---	6
1,80 - 2,00	5	32,2	---	3	5,40 - 5,60	12	64,1	---	6
2,00 - 2,20	3	19,3	---	3	5,60 - 5,80	12	64,1	---	6
2,20 - 2,40	4	25,7	---	3	5,80 - 6,00	13	65,7	---	7
2,40 - 2,60	5	32,2	---	3	6,00 - 6,20	11	55,6	---	7
2,60 - 2,80	7	45,0	---	3	6,20 - 6,40	14	70,8	---	7
2,80 - 3,00	6	36,1	---	4	6,40 - 6,60	12	60,7	---	7
3,00 - 3,20	6	36,1	---	4	6,60 - 6,80	13	65,7	---	7
3,20 - 3,40	7	42,2	---	4	6,80 - 7,00	14	67,2	---	8
3,40 - 3,60	7	42,2	---	4					

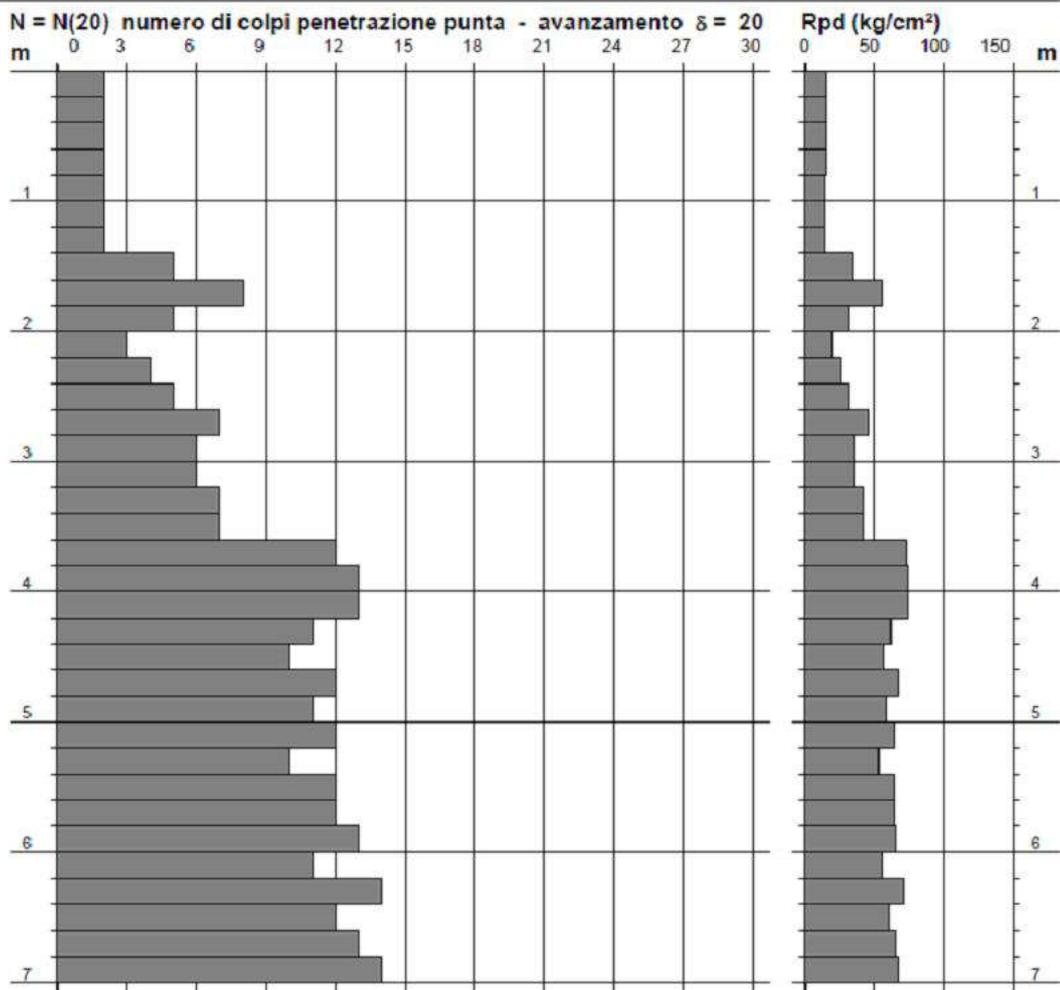
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIN 2

DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

Scala 1: 50

- committente : Comune di Montalto di Castro  
- lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia  
- località : Strada Roccaccia Pescia Romana  
- note :  
- data : 19/11/2021  
- quota inizio : 55  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Comune di Montalto di Castro  
- lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia  
- località : Strada Roccaccia Pescia Romana  
- note :

- data : 19/11/2021  
- quota inizio : 55  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,80	N	2,7	2	4	2,3	---	2,0	3,4	3	1,52	5
			Rpd	19,1	14	30	16,4	5,3	13,8	24,4			
2	1,80	3,60	N	4,2	3	6	3,6	1,3	2,9	5,5	4	1,52	6
			Rpd	26,2	19	36	22,8	7,4	18,8	33,7			
3	3,60	7,00	N	10,7	8	15	9,4	2,4	8,3	13,1	11	1,52	17
			Rpd	56,9	43	72	49,8	10,5	46,5	67,4			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.80	Terreno vegetale e/o di riporto	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	---	---	---	---
2	1.80	3.60	Limi sabbio argillosi	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	---	---	---	---
3	3.60	7.00	Sabbie limo argillose	17	45.5	31.0	322	1.97	1.56	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Comune di Montalto di Castro  
- lavoro : Manutenzione straordinaria Strada Roccaccia  
- località : Strada Roccaccia Pescia Romana  
- note :

- data : 19/11/2021  
- quota inizio : 55  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,40	N	2,0	2	2	2,0	---	2,0	2,0	2	1,52	3
			Rpd	14,4	14	15	14,1	---	13,8	15,0			
2	1,40	3,60	N	5,7	3	8	4,4	1,5	4,2	7,2	6	1,52	9
			Rpd	36,4	19	55	27,9	9,7	26,7	46,1			
3	3,60	7,00	N	12,1	10	14	11,0	1,2	10,9	13,3	12	1,52	18
			Rpd	64,5	53	74	59,0	6,1	58,4	70,7			

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 20$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.40	Terreno vegetale e/o di riporto	3	11.3	21.7	214	1.86	1.38	---	---	---	---
2	1.40	3.60	Limi sabbio argillosi	9	31.7	26.6	261	1.92	1.48	---	---	---	---
3	3.60	7.00	Sabbie limo argillose	18	47.0	31.4	330	1.98	1.57	---	---	---	---

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

### 5.3 - Prova sismica indiretta attiva MASW

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali (ground roll);
- estrazione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ , che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando il DoReMi che è un sismografo a trasmissione digitale del segnale concepito per garantire la massima flessibilità di utilizzo in tutte le indagini geofisiche; costituito da unità miniaturizzate e indipendenti distribuisce l'elettronica lungo tutto lo stendimento.

L'interfaccia del sismografo è alimentata con una piccola batteria al piombo (12V 2A) ed è collegata ad un geofono start. Lungo lo stendimento sono connessi 12 o 24 canali con il primo collegato all'interfaccia di testa. I geofoni sono applicati direttamente ai digitalizzatori posizionati lungo lo stendimento.

Per le prospezioni sismiche a rifrazione MASW sui terreni in oggetto si è disposto sul terreno un array lineare da 12 geofoni con spaziatura pari a 4.0 m. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 4 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey", Park et al., 2005; Dal Moro, 2008). Le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata possono essere così riassunte:

- 1 Unità di acquisizione sismografo DoReMi a 24 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments di Perugia
- 24 Geofoni verticali "Geospace" GS11D 4.5Hz 4k $\Omega$ .
- 1 Cavi sismici L = 150 m - 1 Sorgente Mazza da 10 Kg battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 4.0 m - Distanza sorgente 1° geofono 4 m
- Tempo di campionamento 1.0 ms - Tempo di registrazione 2 s

Di seguito sono restituiti i risultati della prova MASW, ubicata come riportato nella planimetria generale in scala 1:1000, sulla pianta di progetto in scala 1:100 e nella carta geologica di dettaglio in scala 1:1000 precedentemente allegate rispettivamente alle pag. 8-9-13.

Nel riquadro in alto a destra è riportato il sismogramma e sotto l'immagine di dispersione dell'energia sismica. In basso è visualizzata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente. Sulla sinistra sono riportati i grafici relativi al modello del terreno sotto forma di stratificazione  $V_s$  in m/s.

Dalla curva si può ricavare il valore della velocità progressiva  $V_{sX}$  (linea verde) relativa alle diverse profondità investigate  $V_{s10}$ ,  $V_{s20}$  e così via incluso il valore di  $V_{s30}$  o  $V_{s,eq}$ , ovviamente calcolato fino alla profondità di 30 m. A destra è visibile il sismogramma mentre nella parte centrale in basso è riportato il valore del parametro  $V_{s30}$  (o  $V_{s,eq}$ ) calcolato utilizzando la stratigrafia  $V_s$ .

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;

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

$N$  numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

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

Il sito viene classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  come riportato nella seguente tabella:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

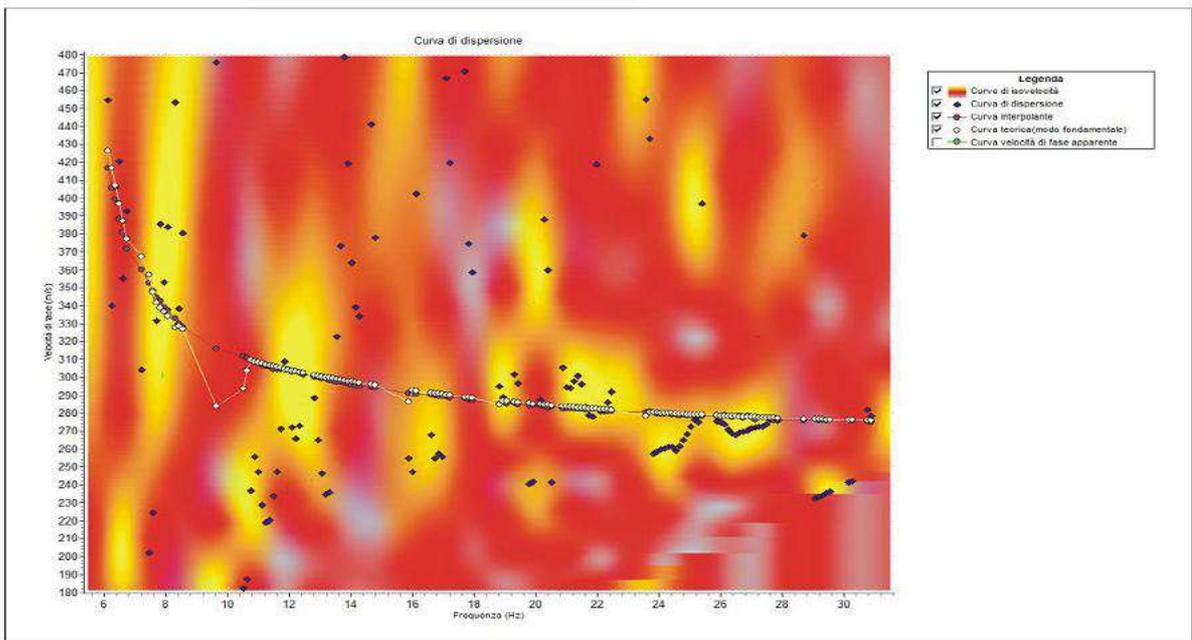
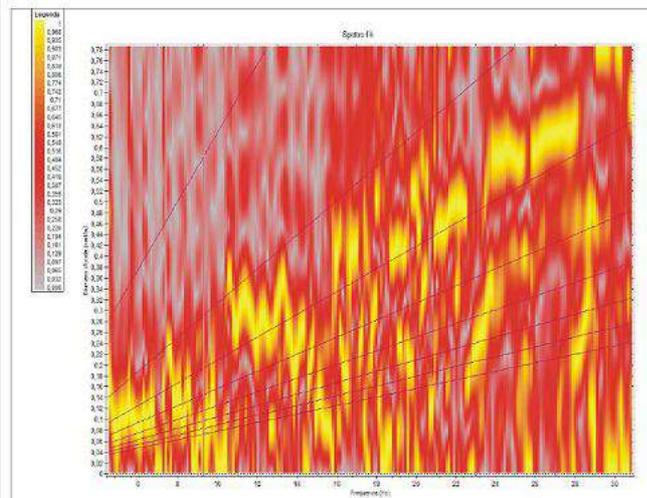
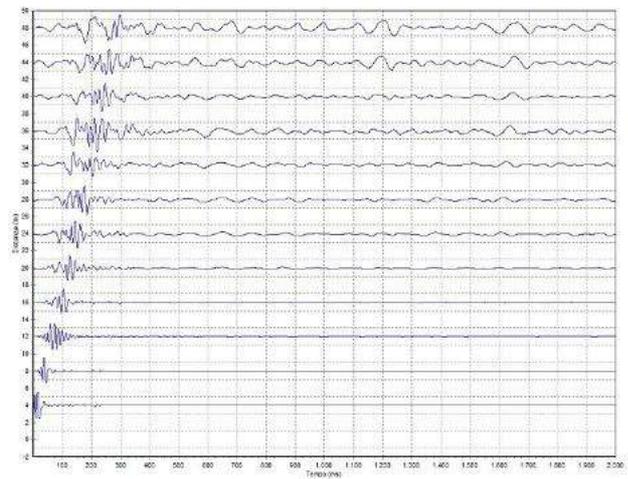
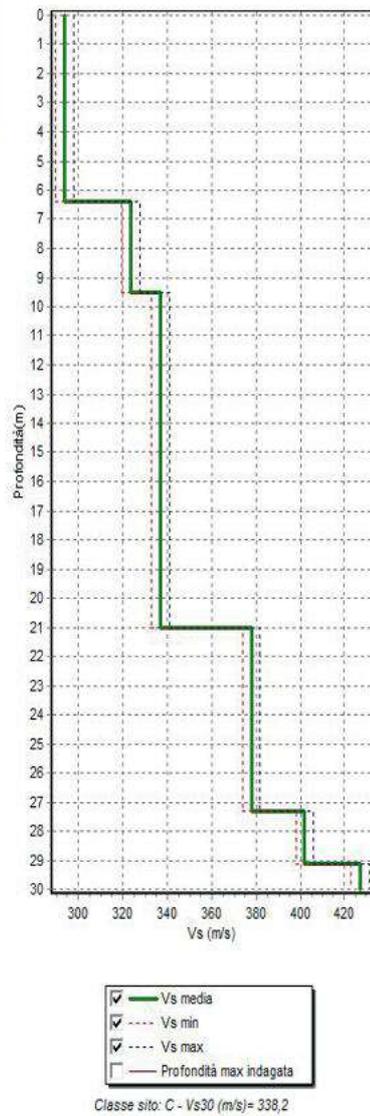
La stratigrafia  $V_s$  riportata nelle tavole allegate è quella utilizzata per il calcolo del  $V_{s30}$  ed è sismicamente equivalente e ragionevolmente prossima alla stratigrafia reale ma non esattamente coincidente:

<b>MASW MI Strada Roccaccia - Montalto di Castro</b>		
Descrizione	Prof. (m)	$V_s$ (m/s)
Limi sabbio argillosi	6,4	294
Sabbie limo argillose	9,5	324
	21,0	337
Argille sabbiose e sabbie argillose grigie e azzurre	27,3	378
	29,1	402
	30,0	427

Secondo l'OPCM il sito, avendo un valore di  $V_{s30} = 338,2$  m/s è classificabile come suolo di tipo C (vedi grafico allegato nella pagina seguente).

# Riassunto interpretazione MASW M1 - Loc. Strada Roccaccia - Montalto di Castro (VT)

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	6,4	294,0
2	9,5	324,0
3	21,0	337,0
4	27,3	378,0
5	29,1	402,0
6	30,0	427,0



COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
 Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
 Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

#### 5.4 – Prova sismica indiretta passiva HVSR.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

#### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

- Digitalizzatore sismico SARA electronic instruments srl;
- Risoluzione 24 bit;
- Orologio: sincronizzato tramite ricevitore GPS
- Campionamento: Simultaneo sui 3 canali pilotato dal microcontrollore
- Frequenze di campionamento: 10,20,25,50,100,200 SPS
- Filtro anti-alias 1 pole 8.8 Hz
- Soglia di rumore  $\leq -124$  dB @ 100 SPS

#### Settaggio utilizzato per l'acquisizione

- Frequenza: 200 Mhz
- Baud Rate: 115200
- Durata misurazione: 1200 s
- Formato file acquisizione: SAF Sesame

#### Risultati ottenuti

*Programma di elaborazione utilizzato GeoHVSR della Geosoft di Carpendolo (BS)*

Dalle indagini eseguite si può individuare un picco H/V massimo di 1,22, corrispondente ad una frequenza pari a  $f_0 = 6,37$  Hz

L'elaborazione della prova ha permesso la valutazione della  $V_{s30}$  che è risultata di 345,7 m/s, confermando in pratica i risultati della MASW precedentemente elaborata.

Qui di seguito si riportano gli elaborati frutto delle elaborazioni eseguite.

- Tabella parametri picchi stratigrafici delle onde di Raleigh e Love
- Riassunto interpretazione prova HVSR con Spettro H/V

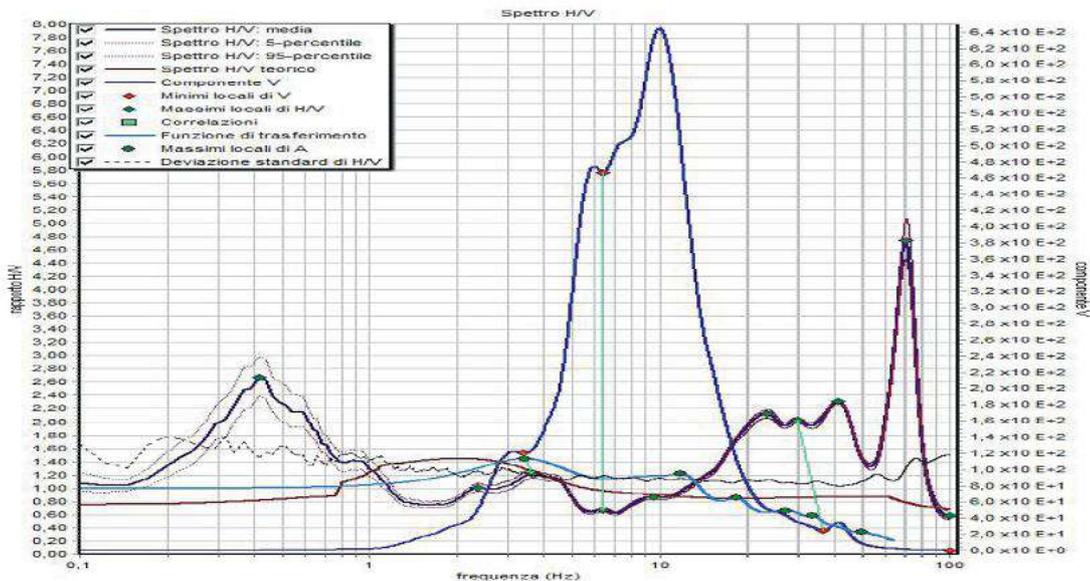
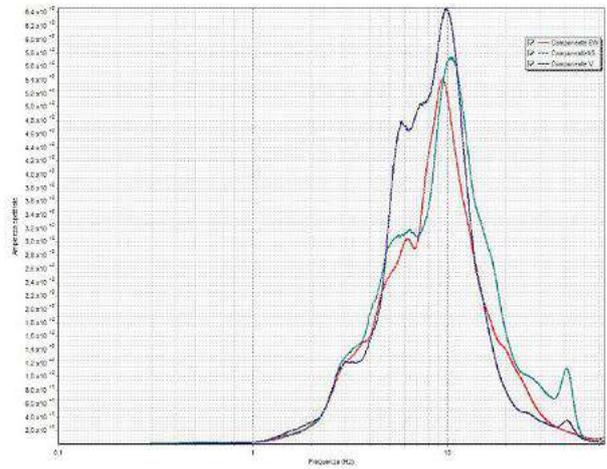
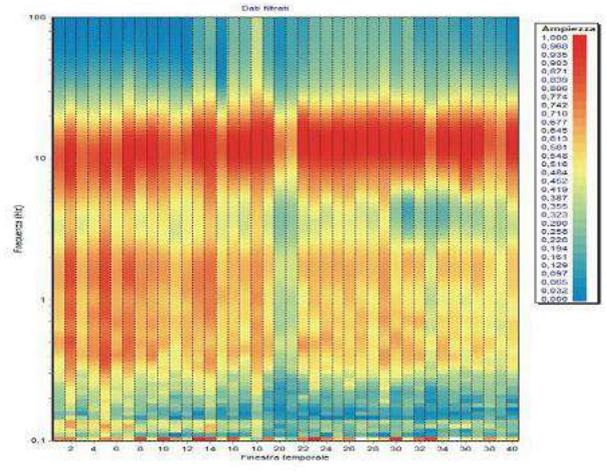
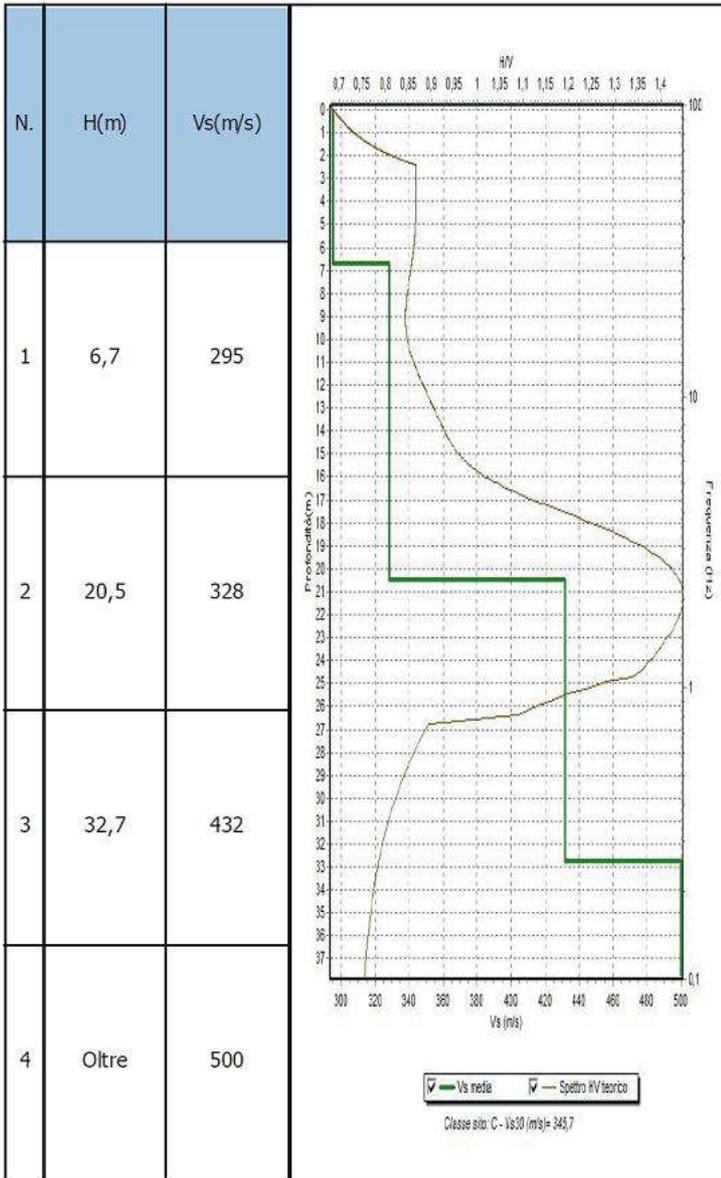
#### Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V onde di Rayleigh e Love V1 - Loc. Strada Roccaccia - Montalto di Castro

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $fp > 10/Lw$  - S2:  $Lw \times Nw \times fp > 200$  - S3:  $sa < 2$  per  $0,5fp < f < 2fp$

LEGENDA: Lw=lunghezza della finestra (s) - Nw=n. finestre - fp(Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa=deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	3,64	1,22	0,41	9,7	5,65	4,78	Si	Si	Si
2	6,37	0,67	0,07	4,59	2,68	2,26	Si	Si	Si
3	29,83	1,13	0,14	0,59	0,34	0,29	Si	Si	Si

# Riassunto interpretazione HVSR V1 - Loc. Strada Roccaccia - Montalto di Castro (VT)



COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO  
 Protocollo Arrivo N. 17921/2023 del 31-05-2023  
 Allegato 5 - Copia Del Documento Firmato Digitalmente

## 6. MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA, CLASSIFICAZIONE SISMICA

### 6.1 - Modello lito-tecnico del volume significativo dell'indagine

Le caratteristiche fisiche e geotecniche in termini di valori medi rilevate dalle prospezioni geofisiche e dalle prove geotecniche in situ sono riportate nella seguente tabella in cui è stato elaborato il Modello litologico e geotecnico del volume significativo dell'indagine, eseguita nella zona interessata dal ponte per l'attraversamento stradale del Fosso della Padovella. Le quote sono riferite al piano stradale attuale (ca. 50 m s.l.m.):

<i>Modello litologico e geotecnico del volume significativo dell'indagine</i>								
<i>Prof. (m)</i>	<i>N</i>	<i>K Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>f<sub>i</sub> gradi</i>	<i>y daN/mc</i>	<i>E daN/cm<sup>2</sup></i>	<i>Dr (%)</i>	<i>cu (Kg/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Descrizione terreno</i>
0,0-1,8	3-5	-	-	1500	-	-	-	Terreno vegetale e/o di riporto
1,8-3,6	6-9	3,0-3,5	25-26	1750	238-261	22-31	-	Limi sabbio argillosi
3,6-21	17-18	1,2-1,6	31,0	1800	322-330	45-47	-	Sabbie limo argillose
21-30	33-42	7,8-8,0	-	2000	-	-	2,0	Argille e argille sabbiose

*in cui: Prof. (m): profondità di rinvenimento di ogni singolo strato in metri riferito al piano strada Roccaccia; N = numero di colpi medio equivalente a NSPT; K = coefficiente di sottofondo (Winkler); f<sub>i</sub> = angolo di attrito interno in cond. drenate (terreni prev. Sabbiosi); E = modulo di deformazione drenato; Y = peso di volume; Dr = densità relativa; cu = coesione non drenata.*

Nel corso delle prove non è stata rinvenuta presenza di acqua. Sulla scorta dei rilievi e delle prove effettuate l'area di intervento è interessata, sotto una coltre di terreno vegetale e/o di riporto, naturalmente compattato, di spessore variabile tra 1,4 e 1,8 m, da limi sabbio argillosi fino alla profondità di -3,6 m e successivamente da Sabbie limo argillose, entrambi riferibili ai cicli marini deposizionali Tirreniani. Le argille e argille sabbiose di base plio pleistoceniche grigie e azzurre si rinvengono intorno ai 21 metri di profondità con spessore superiore ai 10 metri come verificato con le prove sismiche MASW e HVSr. La falda acquifera nella zona livella ad una profondità superiore ai 15 m dal p.c. con variazioni stagionali non superiori ai 20 cm. Il deflusso idrico ipogeo è verso Sud-Ovest. E' possibile localmente il rinvenimento di sottili lenti acquifere di modesta entità a profondità inferiori ai 15 metri nell'ambito dei sedimenti Tirreniani trattenute da livelli granulometricamente più argillosi.

A pagina 14 è stata allegata una sezione geologico-tecnica e sismica rappresentativa del modello litologico e geotecnico dei terreni di fondazione del ponte per l'attraversamento stradale, elaborata sulla base del Prospetto di progetto in scala 1:100.

### 6.2 - Pericolosità sismica di base

Al fine della definizione delle azioni sismiche di progetto, di cui al § 3.2 delle NTC18 e della Circolare, occorre partire dalla "pericolosità sismica di base". La stima di quest'ultima, intesa come accelerazione orizzontale massima attesa ag su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale (categoria "A" e T1 delle NTC18), pertanto in condizioni ideali, viene eseguita mediante un approccio "sito dipendente"; cioè la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica sia per la valutazione della sicurezza sia per il progetto degli interventi, è calcolata direttamente per il sito in esame.

Per far ciò sono state calcolate, in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate geografiche della zona in esame, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento utilizzato per la carta di pericolosità dell'INGV, che risultano le seguenti: **Latitudine 42,43216 Longitudine 11,52737**. Tramite il software sperimentale del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti è possibile stimare i parametri di azione sismica del sito in esame, per i diversi stati limite, desunti dai tabulati di cui all'allegato B delle NTC2018

### 6.3 - Risposta sismica locale (RSL), categoria suolo di fondazione e fattore di fondazione

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, secondo quanto esposto nelle NTC2018, per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche (S) del sottosuolo e dalla configurazione topografica (T) del sito in esame. Entrambi questi fattori concorrono a modificare

l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido ed orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, determinano la risposta sismica locale (RSL), così come definita al § 7.11.3.1 delle NTC18. Gli effetti della RSL possono essere valutati con metodi semplificati, se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro di risposta elastico, oppure mediante specifiche analisi quando l'azione è descritta mediante accelerogrammi.

Nella fattispecie, dall'analisi e mediazione dei dati ricavati, si può valutare l'effetto della risposta sismica locale, mediante la classificazione sismica del suolo. Infatti, l'esecuzione delle prospezioni geofisiche HVSR e MASW, nonché la modellazione geologica e geotecnica dei terreni di fondazione, hanno consentito di procedere con l'approccio semplificato, così come raccomandato al § 3.2.2 delle NTC18, in quanto si è concretizzata la condizione imposta dalle norme stesse, necessaria per poterlo applicare, ovvero un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche dei terreni con la profondità.

Per quanto sopra esposto, essendo il sottosuolo, a partire dal piano di posa delle fondazioni, per profondità tra 0 e 30 m, caratterizzato da valori della velocità  $V_{s30}$  compresi tra:

$$\text{MASW M1: } V_{s30} = 338,2 \text{ m/s} \quad - \quad \text{HVSR V1: } V_{s30} = 345,7 \text{ m/s} \quad -$$

***Prove sismiche indirette valore medio:  $V_{s30} = 341,9 \text{ m/s}$***

secondo le nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 4.02.2008 suppl. ord. n° 30), è da inserire nella **categoria C "Depositi di terreno a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s.

Le condizioni topografiche sono di tipo semplice per cui si può ricorrere alla categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.III della NTC 2018. Il sito rientra nella categoria topografica T1, cioè superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

#### **6.4 – Verifica alla liquefazione**

Le NTC 2018 richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste la progettazione di un manufatto. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. Prima della vera e propria verifica della suscettibilità di liquefazione, le NTC 2018 propongono una griglia di casi per i quali il sito non presenta possibilità di liquefazione dei terreni. Le NTC recitano al punto 7.11.3.4.2 che "La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

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

Nel caso in esame ci troviamo nelle condizioni di cui al punto 1 di cui sopra pertanto la verifica a liquefazione è stata omessa, in ottemperanza alle previsioni del § 7.11.3.4.2 delle NTC18, in quanto è stato riscontrato il manifestarsi di almeno una delle 5 condizioni previste; in particolare è possibile escludere eventi sismici attesi di magnitudo superiore a 5. (punto 1). La verifica a liquefazione è stata pertanto omessa.

## 7. CONCLUSIONI

L'area di indagine ricade in zona in zona sismica 3B, che corrisponde ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresa tra  $0,062 < a_g/g < 0,10$ . Per ricavare i parametri sismici significativi del sito in esame secondo quanto disposto dalle NTC2018, di cui al DM 17/01/2018 e s.m. e i., si fa specifico riferimento alle coordinate geografiche del sito che risultano le seguenti: **Latitudine 42,43216** **Longitudine 11,52737**.

Il terreno di fondazione, come si è potuto determinare dai risultati delle prove sismiche HVSR e MASW, risulta caratterizzato da un valore medio di  $V_{s30} = 341,9$  m/s ed è classificabile come suolo di **categoria C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"**, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/sec. Le condizioni topografiche sono di tipo semplice per cui si può ricorrere alla categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.III della NTC 2018. Il sito rientra nella categoria topografica T1, cioè superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

Le caratteristiche fisiche e geotecniche in termini di valori medi rilevate dalle prospezioni geofisiche e dalle prove geotecniche in situ sono riportate nella seguente tabella in cui è stato elaborato il Modello litologico e geotecnico del volume significativo dell'indagine eseguita nella zona interessata dal ponte per l'attraversamento stradale del Fosso della Padovella. Le quote sono riferite al piano stradale attuale (ca. 50 m s.l.m.):

<i>Modello litologico e geotecnico del volume significativo dell'indagine</i>								
<i>Prof. (m)</i>	<i>N</i>	<i>K</i> <i>Kg/cm<sup>c</sup></i>	<i>f<sub>i</sub></i> <i>gradi</i>	<i>y</i> <i>daN/mc</i>	<i>E</i> <i>daN/cm<sup>q</sup></i>	<i>Dr</i> <i>(%)</i>	<i>cu</i> <i>(Kg/cm<sup>q</sup>)</i>	<i>Descrizione terreno</i>
0,0-1,8	3-5	-	-	1500	-	-	-	Terreno vegetale e/o di riporto
1,8-3,6	6-9	3,0-3,5	25-26	1750	238-261	22-31	-	Limi sabbio argillosi
3,6-21	17-18	1,2-1,6	31,0	1800	322-330	45-47	-	Sabbie limo argillose
21-30	33-42	7,8-8,0	-	2000	-	-	2,0	Argille e argille sabbiose

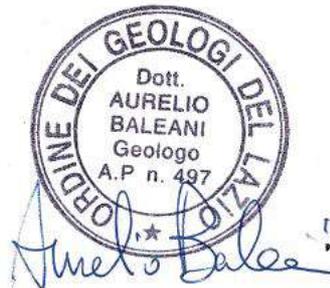
*in cui: Prof. (m): profondità di rinvenimento di ogni singolo strato in metri riferito al piano strada Roccaccia; N = numero di colpi medio equivalente a NSPT; K = coefficiente di sottofondo (Winkler); f<sub>i</sub> = angolo di attrito interno in cond. drenate (terreni prev. Sabbiosi); E = modulo di deformazione drenato; Y = peso di volume; Dr = densità relativa; cu = coesione non drenata.*

Nel corso delle prove non è stata rinvenuta presenza di acqua. Sulla scorta dei rilievi e delle prove effettuate l'area di intervento è interessata, sotto una coltre di terreno vegetale e/o di riporto, naturalmente compattato, di spessore variabile tra 1,4 e 1,8 m, da limi sabbio argillosi fino alla profondità di -3,6 m e successivamente da Sabbie limo argillose, entrambi riferibili ai cicli marini deposizionali Tirreniani. Le argille e argille sabbiose di base plio pleistoceniche grigie e azzurre si rinvengono intorno ai 21 metri di profondità con spessore superiore ai 10 metri come verificato con le prove sismiche MASW e HVSR. La falda acquifera nella zona livella ad una profondità superiore ai 15 m dal p.c. con variazioni stagionali non superiori ai 20 cm. Il deflusso idrico ipogeo è verso Sud-Ovest. E' possibile localmente il rinvenimento di sottili lenti acquifere di modesta entità a profondità inferiori ai 15 metri nell'ambito dei sedimenti Tirreniani trattenute da livelli granulometricamente più argillosi.

In conclusione si dichiara che la verifica a liquefazione è stata omessa, in ottemperanza alle previsioni del § 7.11.3.4.2 delle NTC18 e s. m. e i., in quanto è stato riscontrato il manifestarsi di almeno una delle 5 condizioni previste; in particolare è possibile escludere eventi sismici attesi di magnitudo superiore a 5.

Si rimane a disposizione per eventuali ulteriori sopralluoghi di verifica nel corso degli scavi per la realizzazione del manufatto in progetto.

Viterbo, novembre 2021



# **COMUNE DI MONTALTO DI CASTRO**

*(Provincia di Viterbo)*

**PROGETTO: Manutenzione Straordinaria Strada della Roccaccia Pescia Romana**

**LOCALITA': Strada Roccaccia Pescia Romana – NCT F° 3**

**COMMITTENTE: Amm.ne Com.le di Montalto di Castro**

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

*(redatta ai sensi del DPR 328/01 art 41)*

*Indagini geotecniche e sismiche eseguite ai sensi del DGR Lazio n. 724 del 20.10.2020, DGR Lazio N. 189 del 13-04-2021, Regolamento Regionale N. 7 del 16/04/2021 e relazione geologica per gli adempimenti normativi di cui al D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) e circolare del 21/01/2019 N. 7 C.S.LL.PP previsti dal progetto previsti dal progetto per manutenzione straordinaria Strada della Roccaccia, Pescia Romana, Comune di Montalto di Castro, NCT F°3; Committente Comune di Montalto di Castro*

### **COMUNICAZIONE ASSICURAZIONE RISCHI PROFESSIONALI D.P.R. n. 137/12**

Ai sensi del D.P.R. n 137/12 il sottoscritto Aurelio Baleani, nato a Viterbo il 02/04/1955, geologo iscritto all'Albo Regionale dei Geologi del Lazio al n. 497 dichiara di essere in possesso della seguente polizza assicurativa di responsabilità civile:  
Polizza multirischi del professionista N° 1/2472/122/56617572 stipulata con UNIPOL UGF Assicurazioni Agenzia di Viterbo  
Massimale assicurato: €1.000.000,00 (Euro unmilione)

Viterbo, novembre 2021.

