

**INTERVENTI RIFERITI A OPERE PUBBLICHE  
MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO**

**COMUNE DI TRESANA  
PROVINCIA DI MASSA CARRARA**



**MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO  
CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA  
INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA  
CUP: F28H22000860001**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**COMMITTENTE:**  
**Comune di Tresana**  
Piazzale 25 Aprile  
54012 Tresana (MS)

**R.U.P.:**  
**Geom. Giulio Boni**  
Piazzale 25 Aprile  
54012 Tresana (MS)

**PROGETTISTA**  
**L.A.B. INGEGNERIA**  
**SOCIETA' COOPERATIVA**  
**Ing. Marco Tabardi**  
Via Provinciale 66  
54010 Podenzana (MS)

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
**L.A.B. INGEGNERIA**  
**SOCIETA' COOPERATIVA**  
**Geol. Giusti Francesco**  
Via Provinciale 66  
54010 Podenzana (MS)

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Tav. N.10	Data: Febbraio 2024	Scala:	File: T.10_Relazione geologica
-----------	------------------------	--------	--------------------------------



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



**Italiadomani**  
PIANO NAZIONALE  
DI RIPRESA E RESILIENZA



**MINISTERO  
DELL'INTERNO**

# - COMUNE DI TRESANA -

Indagini geologiche e geognostiche a corredo del progetto denominato "*Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della Strada Interna al Castello di Tresana*"

Codice CUP: F28H22000860001

Committente: **Amministrazione Comunale di Tresana**

## IL GEOLOGO INCARICATO:

Dott. Geol. Francesco Giusti  
Via Tinelli n.25/A 54100 Massa  
Cell.328/7639542  
e-mail: [giustifrancesco2@gmail.com](mailto:giustifrancesco2@gmail.com)  
PEC: [f.giusti@pec.geologitoscana.net](mailto:f.giusti@pec.geologitoscana.net)



*Relazione geologica e sulle indagini geognostiche*

**INDICE**

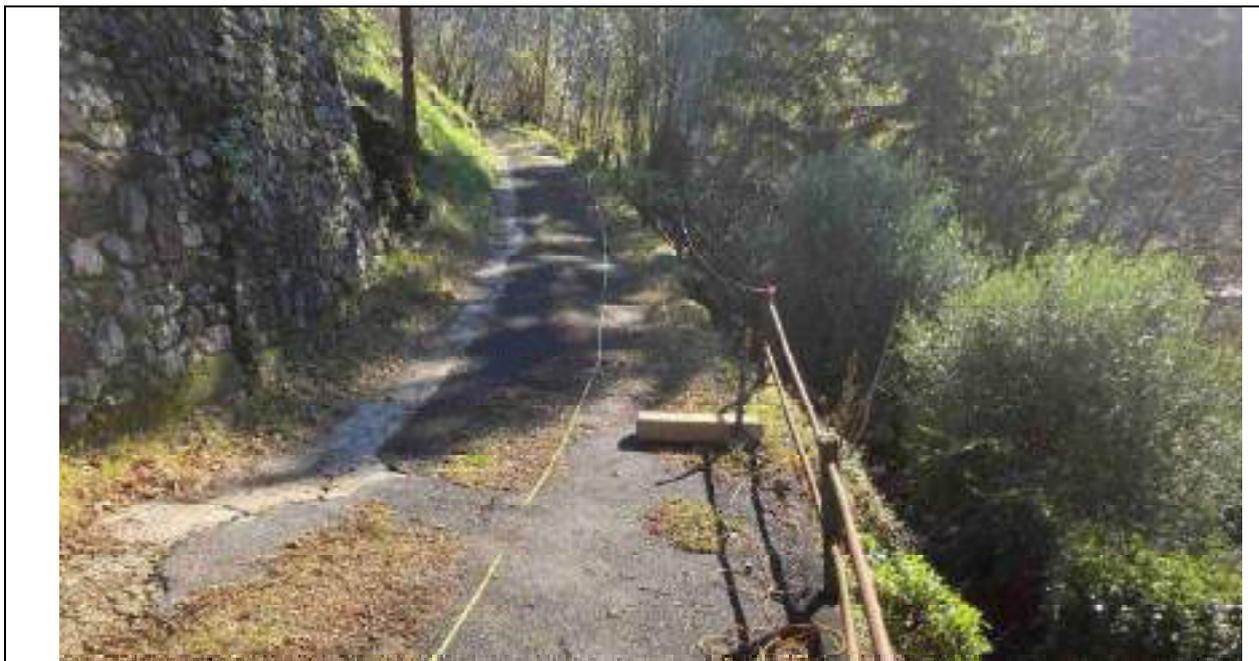
<b>1 - PREMESSA</b>	pag. 2
<b>2 - RELAZIONE GEOLOGICA</b>	pag. 5
2.1 Inquadramento geografico	pag. 5
2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico	pag. 7
2.3 Idrografia superficiale ed idrogeologia	pag. 11
<b>3 - VINCOLISTICA E PERICOLOSITA' DELL'AREA IN ESAME</b>	pag. 12
3.1 Considerazioni sulla vincolistica dell'area in esame	pag. 12
3.2 Pericolosità geomorfologica così come risulta dalle cartografie degli Enti sovraordinati	pag. 15
3.3 Pericolosità geomorfologica così come risulta dalle cartografie del Piano Strutturale Intercomunale	pag. 17
<b>4 – MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO</b>	pag. 18
4.1 Indagini geognostiche eseguite	pag. 18
4.2 Indagine di sismica a rifrazione	pag. 19
4.3 Considerazioni e risultati dell'indagine sismica eseguita	pag. 19
4.4 Prova penetrometrica dinamica superpesante	pag. 27
4.5 Prove penetrometriche dinamiche medie	pag. 29
4.6 Presenza di acqua	pag. 34
4.7 Caratterizzazione litostratigrafica	pag. 34
4.8 Caratterizzazione geotecnica	pag. 35
4.9 Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto	pag. 38
4.10 Considerazioni in merito al Vincolo Idrogeologico	pag. 39
4.11 Gestione delle terre e rocce da scavo	pag. 42
<b>5 – RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA</b>	pag. 43
5.1 Pericolosità sismica di base	pag. 43
5.2 Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato	pag. 44
5.3 Valutazione della categoria di sottosuolo per l'utilizzo dell' <b>approccio semplificato</b>	pag. 45
5.4 Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato	pag. 46
5.5 Risposta sismica locale mediante approccio semplificato	pag. 46
5.6 Valutazione dell'azione sismica	pag. 47
5.7 Coefficiente sismico orizzontale e verticale	pag. 48
5.8 Considerazioni sulla stima del potenziale di liquefazione	pag. 50
<b>6 – VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE</b>	pag. 51
6.1 Normativa di riferimento	pag. 51
6.2 Condizioni di saturazione adottate	pag. 52
6.3 Verifica di sicurezza allo <b>stato attuale</b> in condizioni statiche adottando l' <b>Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)</b>	pag. 54
6.4 Verifica di sicurezza allo <b>stato attuale</b> in condizioni sismiche adottando l' <b>Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)</b>	pag. 57
<b>7 – IDROGRAFIA SUPERFICIALE E REGIMAZIONE DELLE ACQUE</b>	pag. 60
<b>8 - CONCLUSIONI</b>	pag. 61

## 1 – PREMESSA

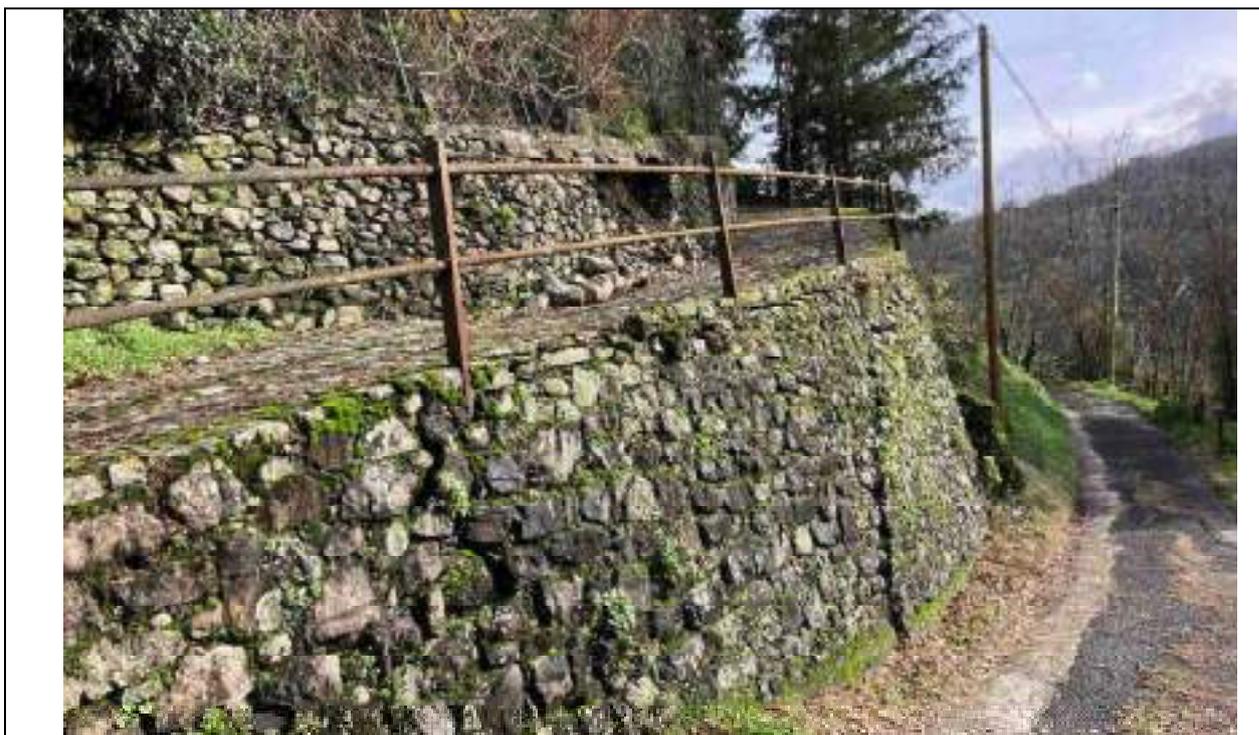
Per incarico dell'**Amministrazione Comunale di Tresana**, in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" e al D.P.G.R. n.48/R del 8 Agosto 2003, noto come "**Regolamento Forestale della Toscana**", sono state eseguite indagini geologiche e geognostiche a corredo del progetto denominato "*Mitigazione movimento gravitativo con messa in sicurezza della Strada Interna al Castello di Tresana*".

Si tratta di un dissesto che interessa due tratti della viabilità comunale di accesso al nucleo storico ed al Castello di Tresana; la viabilità presente più in basso risulta asfaltata e conduce alla Chiesa e al nucleo storico di Tresana, mentre quella presente più in alto risulta pavimentata con un selciato in pietra e conduce alla vecchia entrata del Castello.

Il dissesto interessa anche i muri di contenimento delle due viabilità (vedi **Foto n.1** e **n.2**).

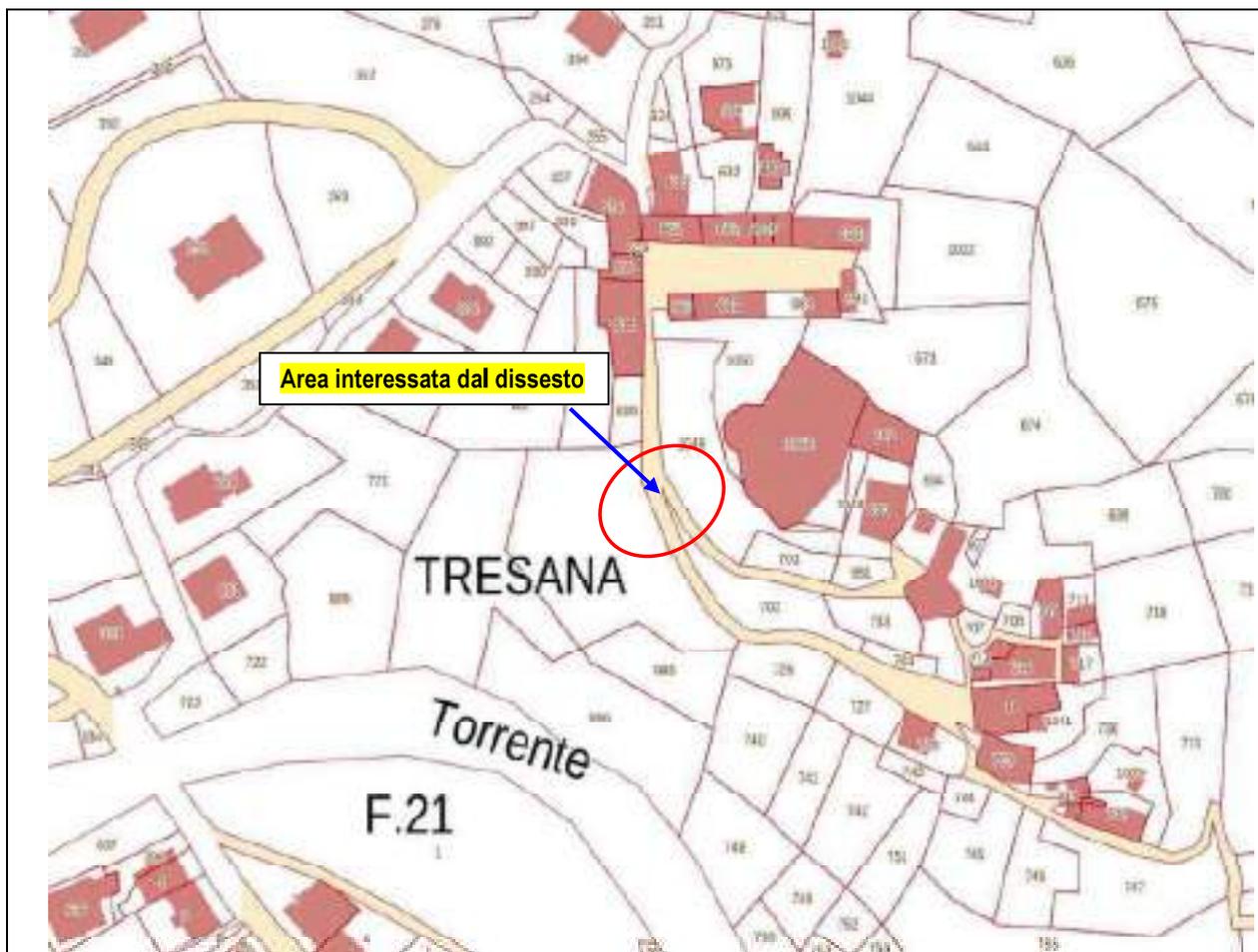


**Foto n.1** – Immagine del dissesto che ha interessato la carreggiata della strada asfaltata presente più in basso.



**Foto n.2** – Immagine del dissesto che ha interessato la strada in selciato ed i muri di contenimento.

Nella **Fig. n.1** si riporta un estratto della Planimetria Catastale in cui vengono individuati i due tratti di strada interessati dal dissesto.



**Fig. n.1** – Identificazione su un estratto della planimetria catastale dell'area interessata dal dissesto.

Queste criticità con dissesti diffusi è causata principalmente da cedimenti del sottofondo dovuti alla pressoché totale assenza di opere d'arte, oltre alla carenza o inefficienza di adeguate opere di regimazione idraulica.

L'intervento in progetto tende ad essere di tipo preventivo mirato ad evitare che il progredire dei dissesti rilevati possa far peggiorare ulteriormente la situazione con il rischio di rendere non più transitabile la sede viaria.

Nei due tratti di strada interessati dal dissesto non sono presenti opere di regimazione idraulica.

La mancanza della zanella a monte e delle giuste pendenze non consente di raccogliere adeguatamente le acque che quindi si riversano in modo incontrollato a valle della sede stradale favorendo il dilavamento del terreno e l'accentuazione dei fenomeni di cedimento.

Le cause alla base dell'attuale situazione d'instabilità sono quindi da imputare principalmente a fattori naturali di predisposizione al dissesto idrogeologico, quali le scadenti caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti, che sono state ulteriormente aggravate dalla mancanza di opportune opere di regimazione idraulica e dall'abbandono della manutenzione del bosco.

Per ottenere indicazioni in merito alle spessori delle coperture detritiche e valutare le principali caratteristiche geotecniche dei terreni presenti è stata condotta una campagna geognostica calibrata sulla scorta dell'esperienza maturata negli anni su dissesti verificatisi in condizioni litologiche e morfologiche simili anche in aree limitrofe a quella d'intervento.

In particolare è stata eseguita un'indagine di sismica a rifrazione, consistente in n.4 profili di cui due con onde P e SH e due con sole onde P, n.1 prova penetrometrica dinamica superpesante e n.4 prove penetrometriche dinamiche medie.

La posizione dei geofoni dei profili sismici e delle prove penetrometriche è stata rilevata mediante l'utilizzo di una Stazione Totale e riportata su un ingrandimento della CTR della Carta Aerogotogrammetrica in scala 1:2.000.

L'elaborazione dei dati ricavati ha consentito la stesura della presente **Relazione geologica e di quella sulle indagini geognostiche**.

Le tavole relative ai **vincoli** e alle **pericolosità** dell'area sono state inserite all'interno della relazione mentre gli elaborati prodotti fuori testo sono i seguenti:

Tav. n.1.1	= Corografia da GEOscopio	(Scala 1:5.000)
Tav. n.1.2	= Inquadramento geografico	(Scala 1:2.000)
Tav. n.1.3	= Inquadramento geografico	(Scala 1:1.000)
Tav. n.2.1	= Stralcio della " <i>Carta geologica regionale CARG</i> "	(Fuori scala)
Tav. n.2.2	= Stralcio della " <i>Carta geologico-geomorfologica</i> " redatta a corredo dello studio di MS1 del Comune di Tresana	(Fuori scala)
Tav. n.2.3	= Stralcio della " <i>Carta della pericolosità geomorfologica</i> " da Piano Intercomunale	(Fuori scala)
Tav. n.3.1	= Ubicazione indagini geognostiche su aerofotogrammetria	(Scala 1:500)
Tav. n.3.2	= Ubicazione indagini geognostiche su aerofotogrammetria	(Scala 1:300)
	Tabelle e grafici penetrometrici	
Tab. n.1-3a-3b-5a-5b-7	= Tabella dei tempi di arrivo dell'indagine sismica	
Fig. n.1-3a-3b-5a-5b-7	= Dromocrone e sezione sismostratigrafica	
Tab. n.2-4-6-8	= Tabelle spessori-velocità	
Fig. n.2-4-6-8	= Sezioni sismiche interpretative	(Scala 1:200)
	Relazione sulle Verifiche di stabilità globale del versante allo Stato Attuale	

## 2 - RELAZIONE GEOLOGICA

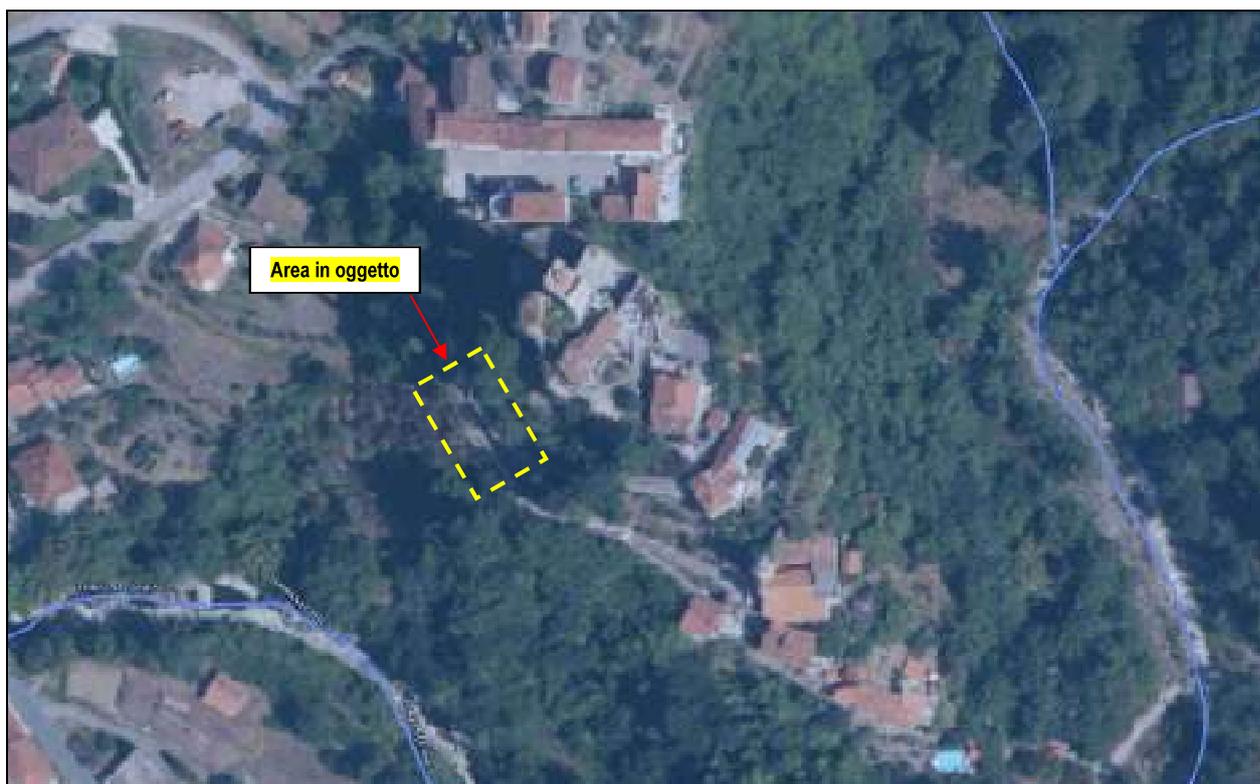
### 2.1 Inquadramento geografico

L'area interessata dai dissesti si localizza lungo le strade di accesso al nucleo storico dell'abitato di Trezana (vedi Ubicazione nelle **Tav. n.1, n.2, n.1.3** e nell'estratto fuori scala di **Fig. n.2**).



**Fig. n.2** – Estratto fuori scala della Carta Tecnica Regionale con evidenziato il dissesto rilevato e le indagini eseguite.

Nella **Fig. n.3** si riporta un'immagine da satellite dell'area oggetto d'indagine.



**Fig. n.3** – Immagine da satellite con evidenziata l'area oggetto d'indagine.

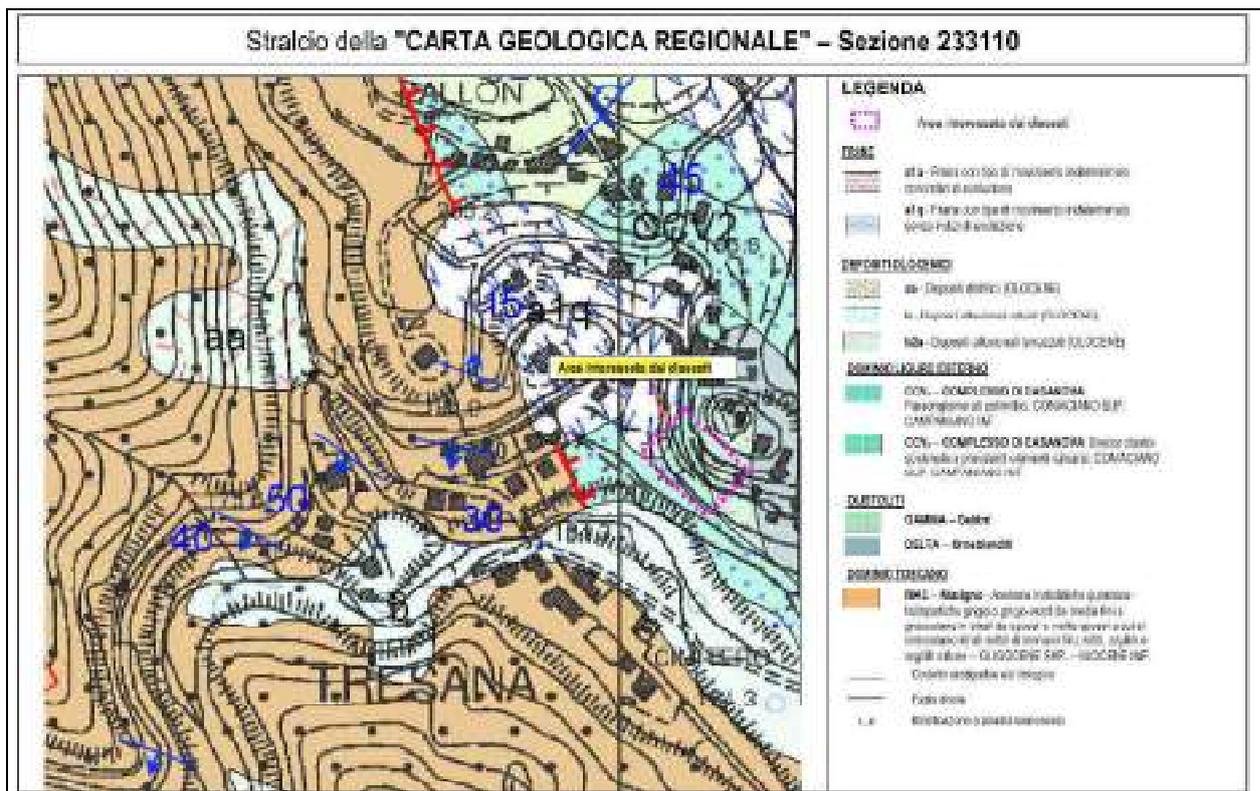
Nella **Fig. n.4** si riporta un'immagine ripresa dall'alto dell'area interessata dai dissesti.



**Fig. n.4** – Immagine dall'alto con evidenziata l'area interessata dai dissesti.

## 2.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Nella **Tav. n.2.1** e nella **Fig. n.5** si riporta un estratto della “*Carta geologica*” così come risulta dalla Cartografia Geologica Regionale (**CARG**) Sezione 233110.



**Fig. n.5** – Estratto della “*Carta geologica*” estratta dalla Carta Geologica Regionale della Toscana (CARG) con l'area interessata dai dissesti evidenziata nel riquadro fucsia.

Dalla cartografia emerge che nell'area in oggetto il substrato roccioso è rappresentato dalla Formazione del “*Complesso di Casanova*” appartenente al Dominio Ligure Esterno e più in particolare al membro **CCV3** delle “*Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei*” come di seguito costituito:

	<b>CCV<sub>3</sub></b>	<b>“Complesso di Casanova”</b> : “ <i>Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei</i> ” CONIACIANO SUP. – CAMPANIANO INF.
--	------------------------	--

Poco a valle viene segnalata la presenza di “*Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti*” come di seguito costituiti:

	<b>CCV<sub>2</sub></b>	<b>“Complesso di Casanova”</b> : “ <i>Paraconglomerati polimitici</i> ” CONIACIANO SUP. – CAMPANIANO INF.
--	------------------------	---

Poco a monte viene segnalata la presenza di un termine olistolitico appartenente sempre al Complesso di Casanova costituito da “*Gabbri*”:

	<b>GAMMA</b>	<b>Gabbri</b>
--	--------------	---------------

Nella Tav. n.2.2 e nella Fig. n.6 si riporta un estratto della “Carta geologico-geomorfologica” redatta a corredo dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Tresana.

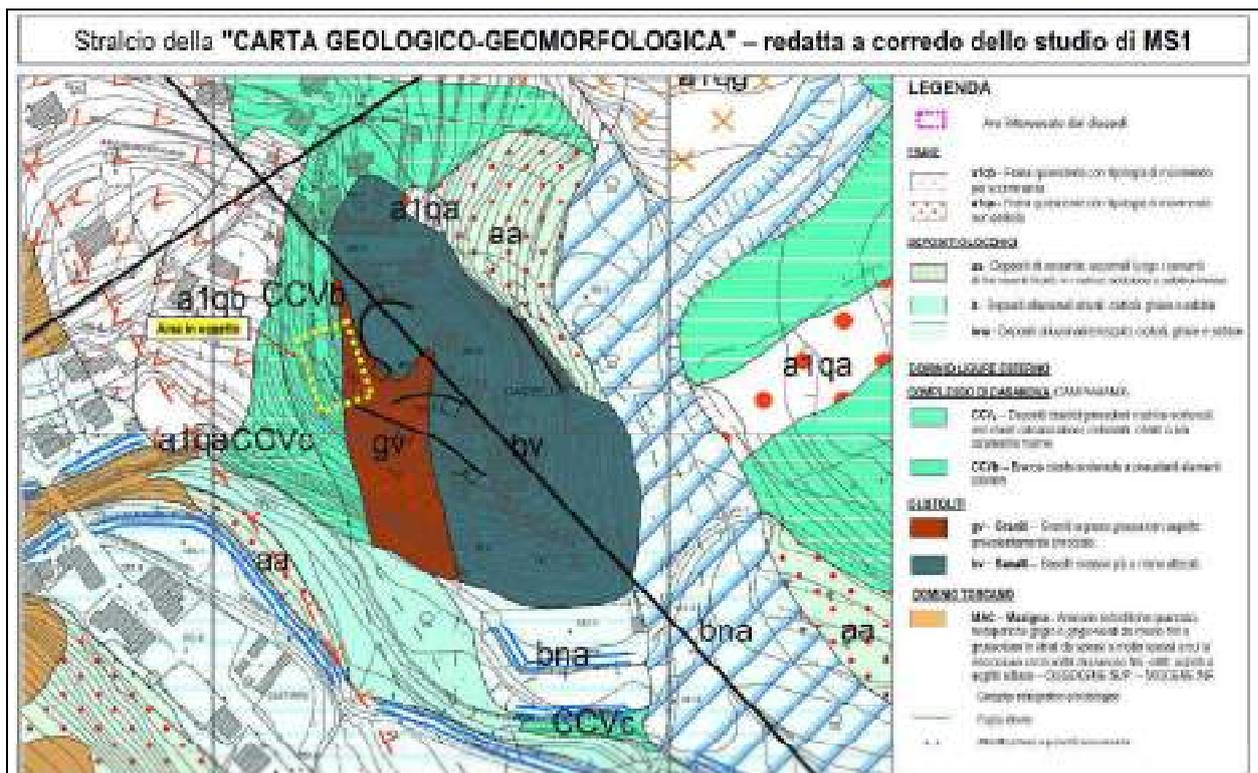


Fig. n.6 – Estratto della “Carta geologica” estratta dalla Carta Geologica Regionale della Toscana (CARG) con l’area in esame evidenziata nel riquadro giallo.

Da questa cartografia emerge che nell’area in oggetto il substrato roccioso è rappresentato dalla Formazione del “Complesso di Casanova” appartenente al Dominio Ligure Esterno e più in particolare al membro delle “**Breccie clasto-sostenute**” così costituite:

	<b>CCVb</b>	“ <b>Complesso di Casanova</b> ”: <b>Breccie clasto-sostenute</b> a prevalenti elementi calcarei” CONIACIANO SUP. – CAMPANIANO INF.
--	-------------	---

Poco a valle viene segnalata la presenza di “**Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti**” come di seguito costituiti:

	<b>CCVc</b>	“ <b>Complesso di Casanova</b> ”: <b>Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti, con clasti calcarei silicei, radiolariti, ofioliti e più raramente marne</b> ” CONIACIANO SUP. – CAMPANIANO INF.
--	-------------	---

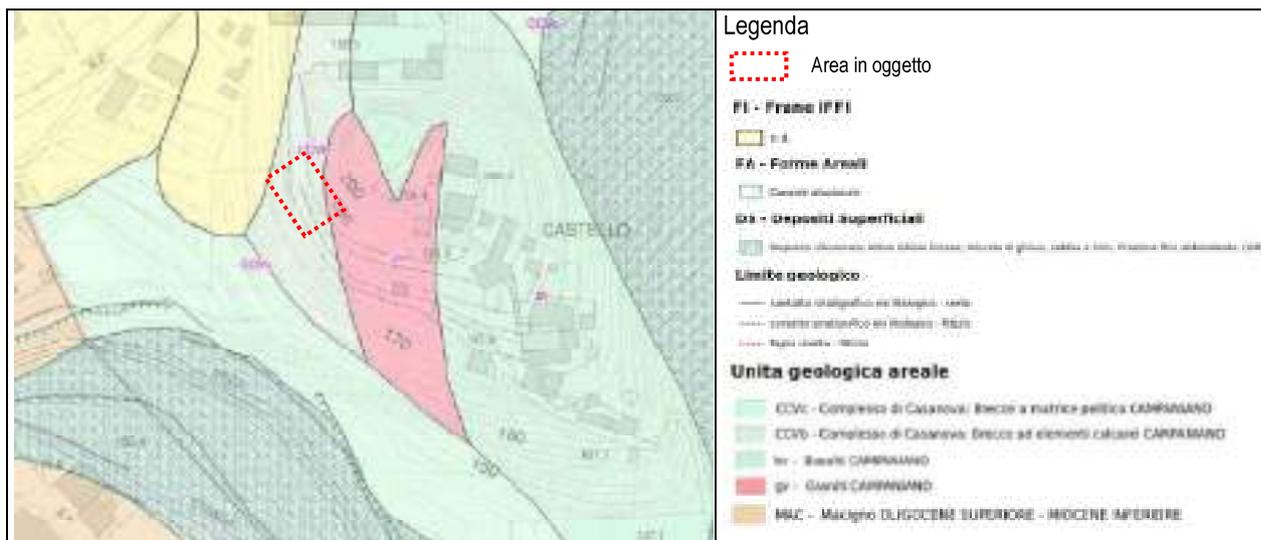
Poco a monte viene segnalata la presenza di un termine olistolitico appartenente sempre al Complesso di Casanova costituito da “**Graniti**”:

	<b>gv</b>	<b>Graniti</b> : graniti a grana grossa con aspetto prevalentemente brecciato
--	-----------	---

seguita anche da un altro termine olistolitico costituito da “**Basalti**”:

	<b>bv</b>	<b>Basalti</b> : basalti massivi più o meno alterati
--	-----------	--

Nella **Fig. n.7** è stato riportato un estratto della “*Carta geologico-geomorfologica*” allegata al “*Database Geomorfologico della Regione Toscana*” così come si ritrova su GEOscopio.



**Fig. n.7** – Estratto della “*Carta geologico-geomorfologica*” allegata al “*Database Geomorfologico della Regione Toscana*” con l’area in esame evidenziata nel riquadro rosso.

Questa cartografia risulta in accordo con quella vista in precedenza.

Nell’area in oggetto il substrato roccioso è rappresentato dalla Formazione del “*Complesso di Casanova*” appartenente al Dominio Ligure Esterno e più in particolare al membro delle “**Breccie ad elementi calcarei**” così costituite:

	<b>CCVb</b>	<b>“Complesso di Casanova”</b> : Breccie ad elementi calcarei” - CAMPANIANO
--	-------------	---

Poco a valle viene segnalata la presenza di “**Breccie a matrice pelitica**” come di seguito costituite:

	<b>CCVc</b>	<b>“Complesso di Casanova”</b> : Breccie a matrice pelitica” - CAMPANIANO
--	-------------	---

Poco a monte viene segnalata la presenza di un termine olistolitico appartenente sempre al Complesso di Casanova costituito da “**Graniti**” come di seguito costituita:

	<b>gv</b>	<b>Graniti</b> : graniti a grana grossa con aspetto prevalentemente brecciato
--	-----------	---

Seguita anche da un altro termine olistolitico costituito da “**Basalti**”:

	<b>bv</b>	<b>Basalti</b> : basalti massivi più o meno alterati
--	-----------	--

La disgregazione meccanica e l'alterazione chimica di tutti questi substrati hanno prodotto una copertura detritica, a componente prevalentemente limo-argillosa con inclusi clasti, che ha rivestito quasi per intero il versante per cui la roccia affiora solamente in aree limitate.

Nella **Fig. n.8** si riporta un'immagine dell'affioramento del substrato roccioso presente nell'area in dissesto rappresentato dalla Formazione del "*Complesso di Casanova*" appartenente al Dominio Ligure Esterno e più in particolare al membro delle "**Brecce clasto-sostenute**" a prevalenti elementi calcarei.



**Fig. n.8** – Immagine del substrato roccioso presente nell'area in oggetto costituito dal membro delle "**Brecce clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei**" appartenenti alla formazione del "**Complesso di Casanova**".

Le indagini geognostiche hanno evidenziato la presenza in superficie di un livello in cui si ritrovano elementi litoidi minuti immersi in matrice di natura limo-argillosa.

A questa copertura detritica segue un livello detritico più consistente che potrebbe essere il risultato della microfratturazione subita dalla parte superficiale del substrato roccioso oppure dalla parte fortemente fratturata e degradata del substrato roccioso.

Più in profondità si trova il substrato roccioso compatto, caratterizzato da parametri geotecnici nettamente migliori, che si comporta, rispetto al precedente, come un livello "impermeabile" favorendo lo scorrimento delle acque di infiltrazione profonda.

## 2.3 Idrografia superficiale ed idrogeologia

Il reticolo idrografico e di gestione, individuato dalla Regione Toscana attuando quanto disposto dalla Legge regionale 79/2012 all'art.22 lettera e, è stato approvato, in fase di prima attuazione della legge, nel 2013 e più volte aggiornato in seguito a modifiche territoriali o infrastrutturali.

L'area in oggetto ricade all'interno del "**Consorzio 1 Toscana Nord**" e nell'immagine di **Fig. n.9** si riporta un estratto della "*Carta del reticolo idrografico e di gestione*" del reticolo aggiornato e attualmente vigente così come approvato con Delibera di Consiglio Regionale 55/2023.



**Fig. n.9** – Estratto della Carta del "**Reticolo idrografico e di gestione**" con l'area in oggetto evidenziata nel riquadro giallo.

L'area in oggetto si trova lungo una dorsale delimitata ad est e ad ovest da due rami del Torrente Osca.

In merito alle caratteristiche idrogeologiche la copertura detritica, costituita da frammenti litoidi in abbondante matrice sabbio-limoso, è caratterizzata da una permeabilità media; questa situazione facilita l'infiltrazione delle acque che tendono a saturare la copertura detritica fino a giungere al contatto con la roccia più fratturata meno permeabile.

Sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in sito è possibile distinguere (dall'alto verso il basso):

- UNITA' IDROGEOLOGICA SUPERFICIALE: costituita da depositi detritici di versante dotati di una permeabilità primaria media variabile in funzione dell'assortimento granulometrico.

Permeabilità primaria media (valori di riferimento:  $10^{-5}$  m/sec  $< K < 10^{-4}$  m/sec).

- UNITA' IDROGEOLOGICA INTERMEDIA: costituita dalle coperture più profonde e/o dalla parte superficiale fratturata e degradata del substrato roccioso il quale, essendo caratterizzato localmente dalla presenza di un reticolo di fratture più o meno aperto e/o interconnesso, presenta comunque una bassa permeabilità secondaria per fessurazione.

Permeabilità secondaria da media a bassa. (valori di riferimento:  $10^{-7}$  m/sec  $< K < 10^{-5}$  m/sec)

- UNITA' IDROGEOLOGICA PROFONDA: costituita dal substrato roccioso compatto il quale non è in grado di acquisire un'apprezzabile permeabilità secondaria.

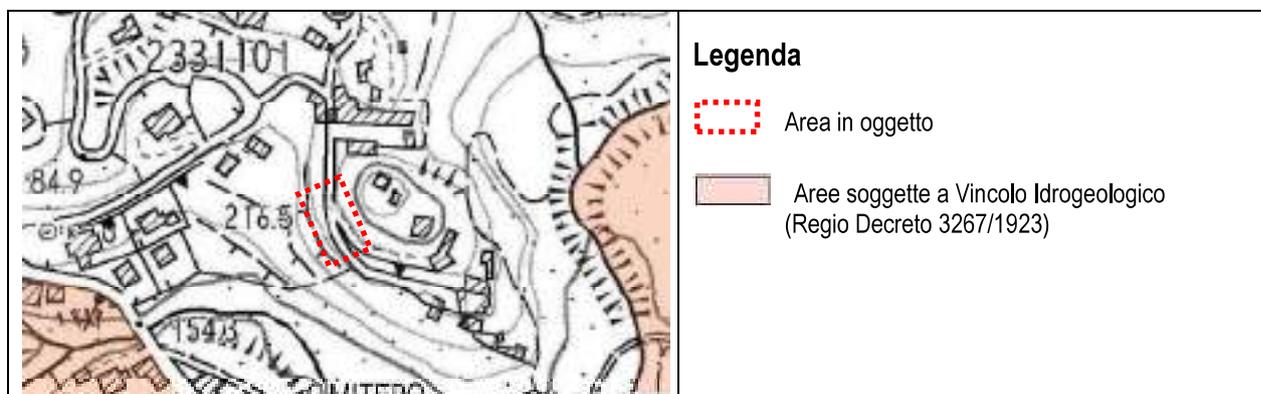
Permeabilità da bassa a molto bassa (valori di riferimento:  $K < 10^{-8}$  m/sec).

### 3 - VINCOLISTICA E PERICOLOSITA' DELL'AREA IN ESAME

#### 3.1 Considerazioni sulla vincolistica dell'area in esame

Nell'immagine di **Fig. n.10** viene riportato uno stralcio della “Carta delle aree soggette a Vincolo Idrogeologico” così come risulta dalla consultazione del geoportale GEOSCOPIO della cartografia SITA.

Da questa cartografia si evince che l'area in oggetto **non rientra** all'interno di quelle soggette a Vincolo Idrogeologico (D.L. 3267/1923).



**Fig. n.10** - Estratto della “Carta del vincolo idrogeologico” estratta dal portale GEOSCOPIO.

Nell'immagine di **Fig. n.11** viene riportato uno stralcio della “Carta delle Aree Boscate” dalle quale si evidenzia che l'area in oggetto **rientra parzialmente** all'interno delle “**Strade in aree boscate**”.



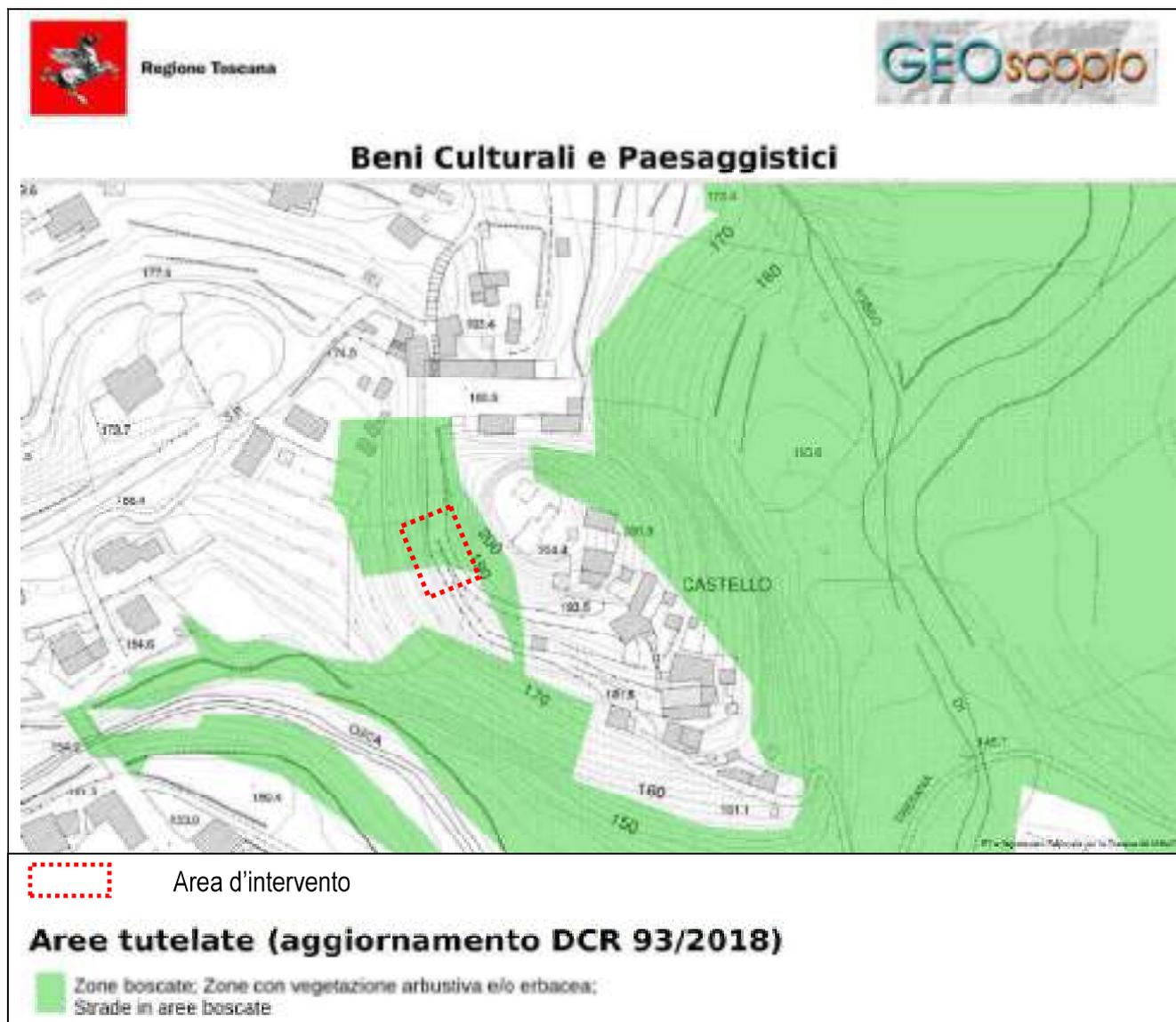
**Fig. n.11** - Estratto della “Carta delle aree boscate” estratta dal portale GEOSCOPIO.

Tale zona risulta quindi normata dal *DPGR 08-08-03 n.48R - Regolamento forestale della Toscana* che indica le procedure per gli interventi da effettuare su territori soggetti a vincolo idrogeologico.

In particolare il regolamento forestale disciplina la “realizzazione di opere e i movimenti di terreno” attraverso gli art. 39 - 42 - 73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78.

Nell'immagine di **Fig. n.12** viene riportato uno stralcio della “*Carta dei Beni Culturali e Paesaggistici*” dalle quale si evidenzia che l'area in oggetto **rientra in parte** all'interno delle:

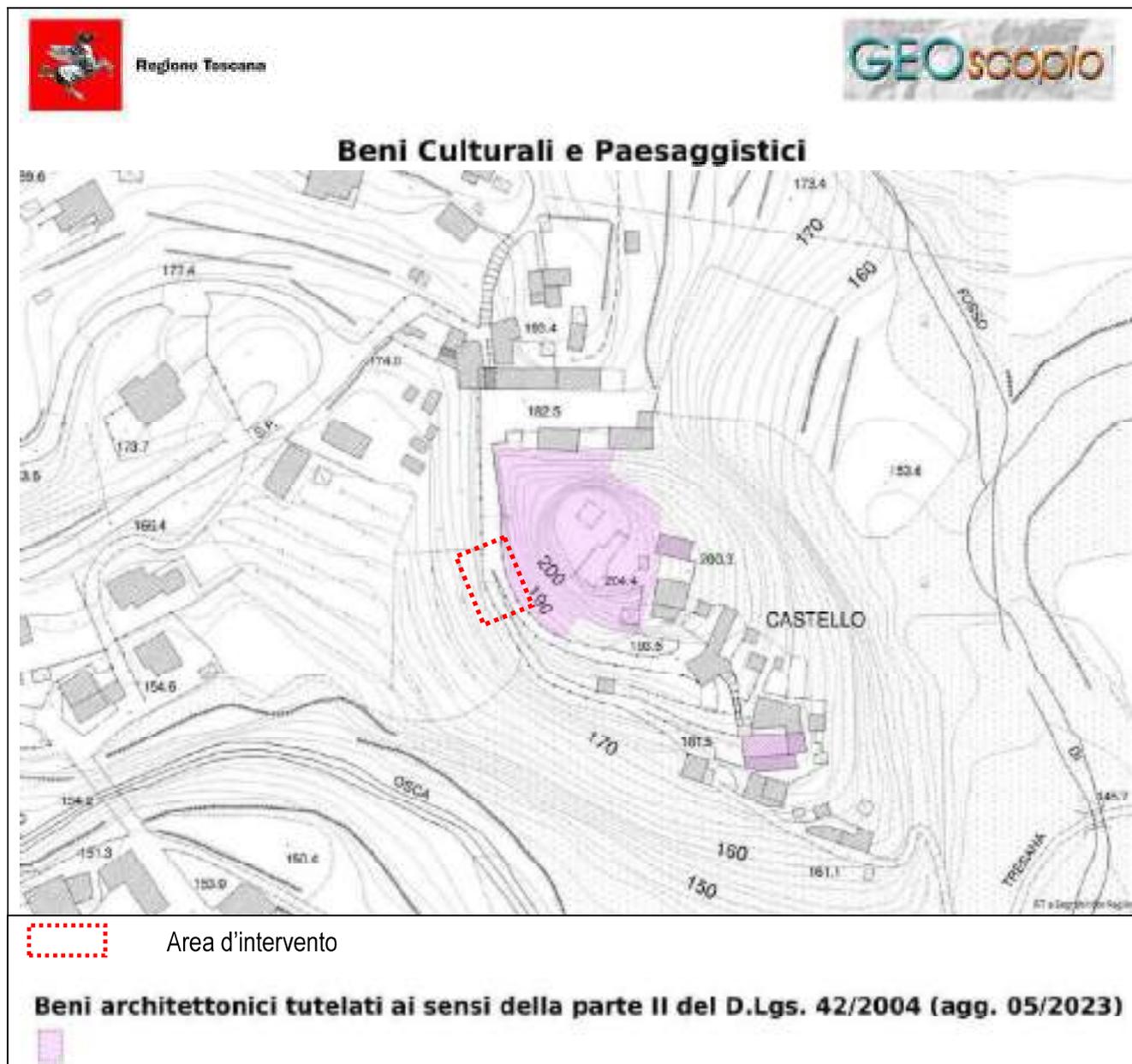
- “**Strade in aree boscate**” per cui risulta vincolata ai sensi del punto g), comma 1 dell'art 142 del D.Lgs 42/2004 ss.mm.ii.



**Fig. n.12** - Estratto fuori scala della “*Carta dei Beni Culturali e Paesaggistici*” estratta dal portale GEOSCOPIO per l'area in esame individuata nel riquadro rosso.

Nell'immagine di **Fig. n.13** viene riportato uno stralcio della "Carta dei Beni Culturali e Paesaggistici" dalla quale si evidenzia che l'area a monte della strada comunale rientra tra i:

- "**Beni architettonici tutelati**" ai sensi della Parte II del D. Lgs.42/2004 e ss.mm.ii.



**Fig. n.13** - Estratto fuori scala della "Carta dei Beni Culturali e Paesaggistici" estratta dal portale GEOscopio per l'area in esame individuata nel riquadro rosso.

Sarà cura del Progettista verificare se per la realizzazione degli interventi in progetto possano essere o meno esclusi dall'autorizzazione paesaggistica ai sensi di quanto indicato nel DPR 13 Febbraio 2017 n.31 "Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata".

### 3.2 Pericolosità geomorfologica così come risulta dalle cartografie degli Enti sovraordinati

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), stralcio del Piano di bacino, ai sensi dell'art. 65, c.1 del Dlgs 152/2006 e s.m.i. è lo **strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo** mediante il quale sono **pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso** finalizzate alla **conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo**.

Dopo l'approvazione del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), il PAI ha mantenuto il valore di piano stralcio a scala di distretto per la pericolosità da **frane** e da **dissesti di natura geomorfologica**.

Nel territorio del Distretto dell'Appennino Settentrionale il PAI è stato sviluppato nel tempo sulla base dei bacini idrografici definiti dalla normativa ex L.183/89, oggi integralmente recepita e sostituita dal Dlgs 152/2006 e s.m.i.; pertanto ad oggi il PAI è articolato in più strumenti che sono distinti e vigenti per i diversi bacini che costituiscono il territorio del Distretto Appennino Settentrionale.

Il **Bacino Magra** ricade oggi all'interno del **Distretto Appennino Settentrionale** (vedi Fig. n.14).

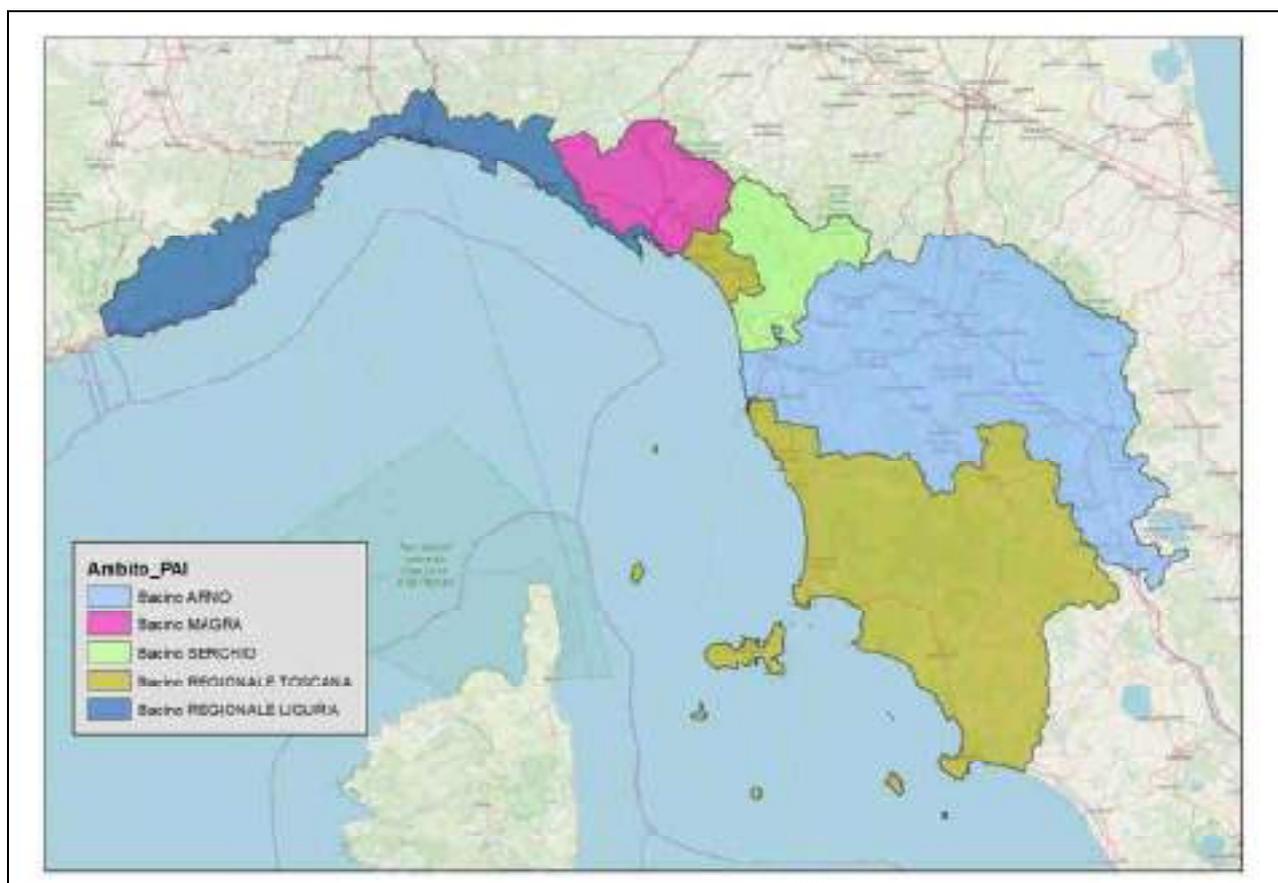


Fig. n.14 – Immagine che individua i nuovi Bacini che costituiscono il territorio del **Distretto Appennino Settentrionale**.

Riassumendo ad oggi il Distretto Appennino Settentrionale risulta suddiviso nei seguenti Bacini:

- [Bacino del fiume Arno](#)
- [Bacino del fiume Serchio](#)
- [Bacino del fiume Magra](#)
- [Bacino regionale Toscana](#)
- [Bacino Regionale Liguria](#)

Le **Norme di Piano** inerenti la **Pericolosità geomorfologica** degli ex Bacini Regionali e Interregionali **risultano tuttora vigenti**.

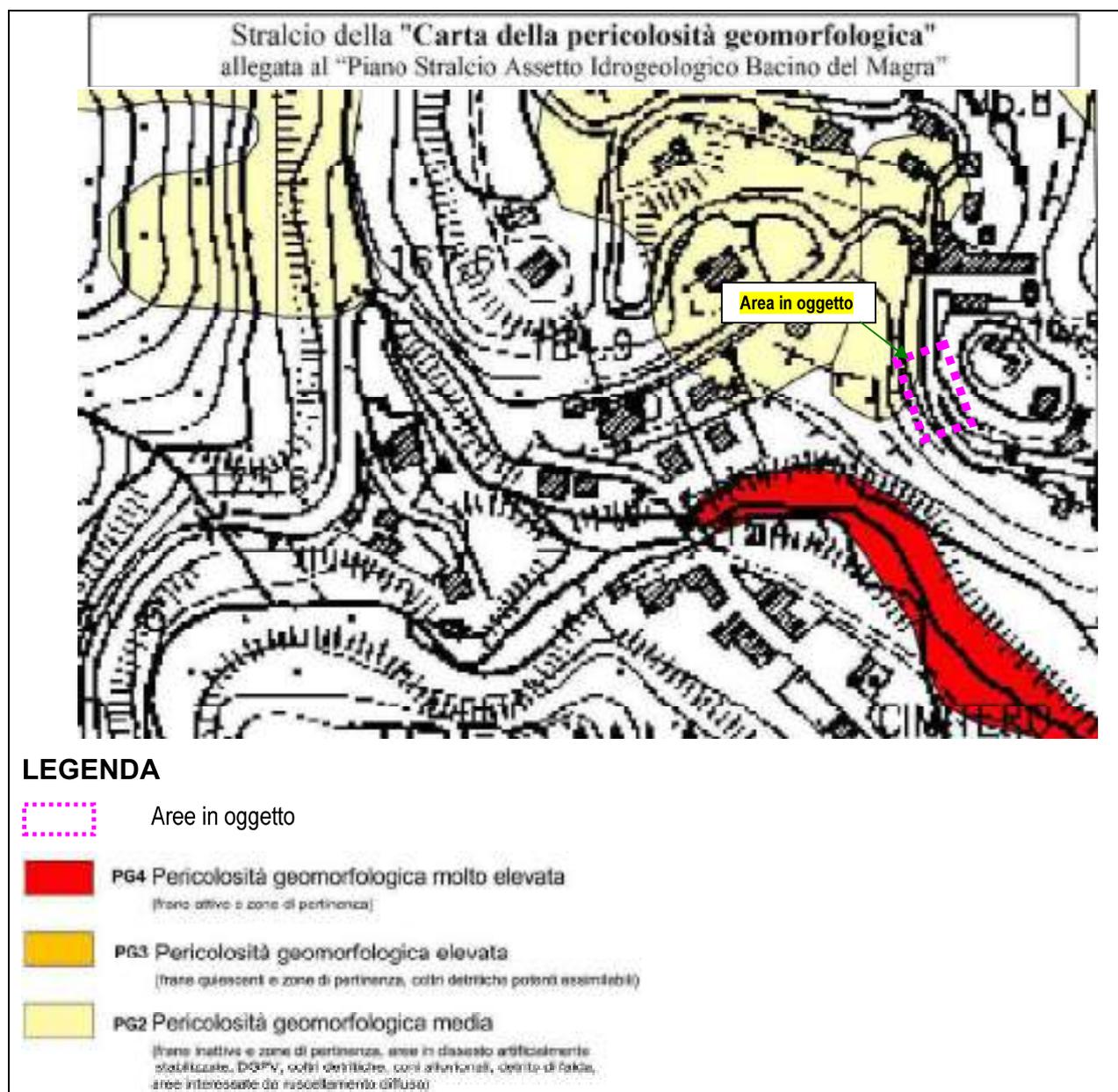
Si evidenzia che in seguito alla pubblicazione in G.U. della delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019 è stato adottato, ai sensi degli articoli 66, 67 e 68 del D.lgs. 152/2006, il "Progetto di Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio Assetto Idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica relativo al territorio dei bacini del fiume Arno, del fiume Serchio e dei bacini della Toscana".

Con l'adozione del Progetto di Piano- PAI "**dissesti geomorfologici**" non sono previste specifiche misure di salvaguardia con effetti immediatamente efficaci per i privati e solo con l'approvazione finale sarà completamente operativa la disciplina di Piano, la quale andrà a sostituire interamente le norme relative alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica per il bacino del fiume Arno, il bacino del fiume Serchio e gli ex bacini regionali toscani.

E' stata comunque prevista, ai sensi dell'art. 15 della disciplina di Piano, una specifica misura di salvaguardia relativa alla procedura di riesame delle mappe di pericolosità del PAI "**dissesti geomorfologici**".

Nella **Fig. n.15** viene riportato uno stralcio della "Carta della pericolosità geomorfologica" allegata al Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra.

Da questa cartografia risulta che l'area in oggetto **non rientra** all'interno di quelle perimetrate.



**Fig. n.15** – Stralcio della "Carta della pericolosità geomorfologica" allegata al Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra.

### 3.3 Pericolosità geomorfologica così come risulta dalle cartografie del Piano Strutturale Intercomunale

Nella **Tav. n.2.3** è stato riportato un estratto della "**Carta della pericolosità geologica**" così come allegata al "**Piano Strutturale Intercomunale**" redatto dall'Unione di Comuni della Lunigiana (vedi **Fig. n.16**).

Questa cartografia classifica l'area in oggetto come:



**Pericolosità geomorfologica MEDIA G2**



**Fig. n.16** – Estratto fuori scala della "**Carta della pericolosità geologica**" allegata al "**Piano Strutturale Intercomunale**" redatto dall'Unione di Comuni della Lunigiana e relativa legenda con l'area in esame evidenziata nel poligono fucsia.

Di conseguenza per l'area d'intervento vale quanto di seguito riportato:

- **Pericolosità geologica media (G.2)**: aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una **bassa propensione al dissesto**.

## 4 – MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

### 4.1 Indagini geognostiche eseguite

Così come indicato al **paragrafo 6.2.2 delle NTC 2018** le indagini geotecniche sono state programmate in modo da interessare tutto il volume significativo interessato dalle opere in progetto.

Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

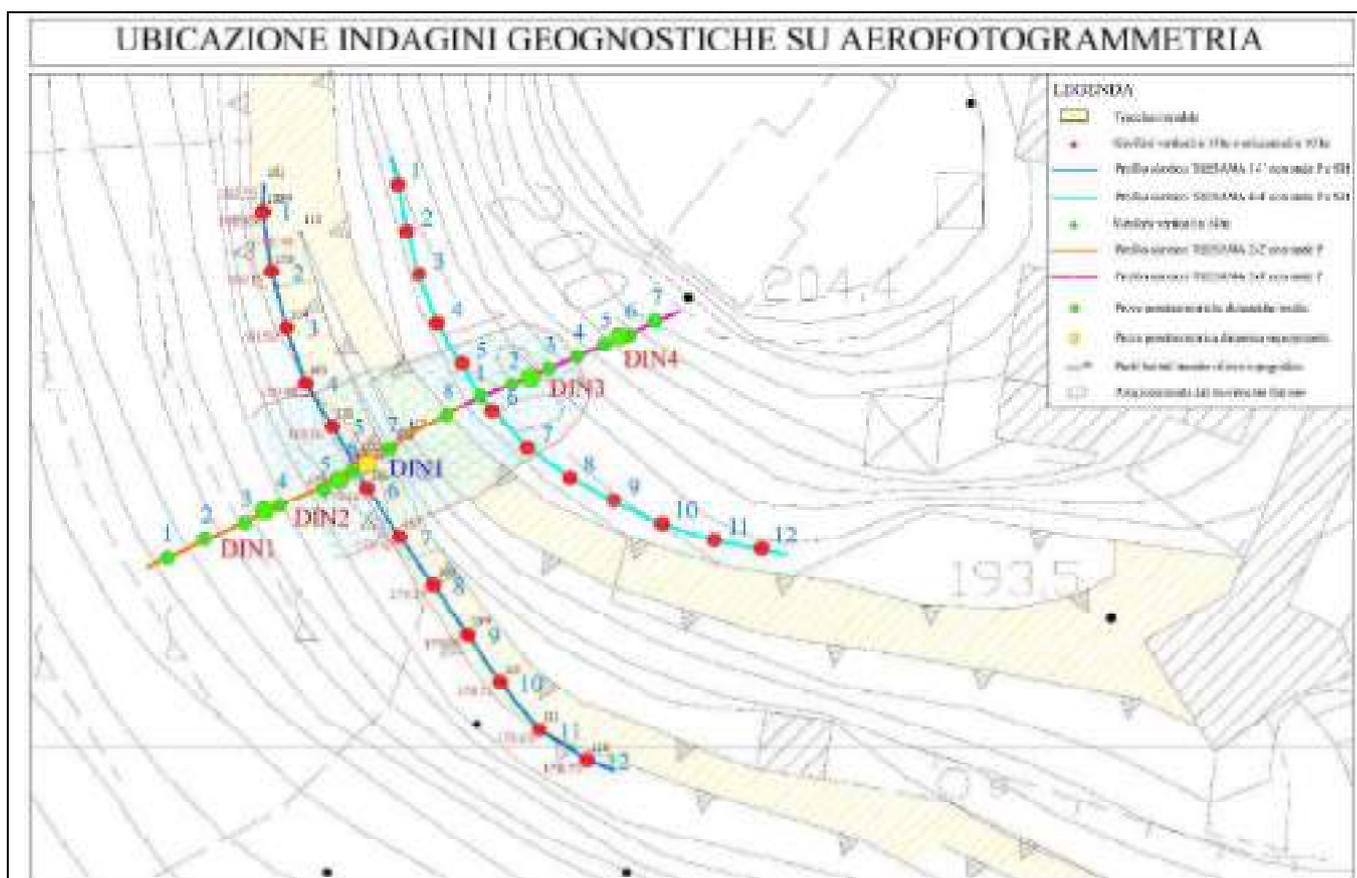
Le Raccomandazioni AGI (1977) indicano quanto segue “*per fondazioni su pali le profondità d’indagine devono essere approfondite rispetto alla profondità della punta del palo di almeno 5 volte il diametro del palo*”.

Così come indicato al punto **6.3.3 delle NTC2018**, partendo dal modello geologico ed evolutivo del versante, sono state programmate indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, finalizzate alla definizione del modello geotecnico sulla base del quale effettuare lo studio delle condizioni di stabilità.

La ricostruzione topografica dell’area è stata definita attraverso un rilievo plano-altimetrico mentre per ricostruire l’andamento del substrato roccioso e gli spessori delle coperture detritiche sono stati eseguiti n.4 profili di sismica a rifrazione di cui n.2 con onde P e SH tracciati lungo le linee di livello e n.2 con onde P tracciati lungo la linea di massima pendenza del versante.

Per risalire alle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni sono state realizzate n.4 prove penetrometriche dinamiche medie ed una superpesante.

Nella **Tav. n.3.2**, di cui si riporta un estratto fuori scala nella **Fig. n.17**, è stata riportata l’ubicazione delle indagini eseguite su un ingrandimento in scala 1:300 della Carta Aerofotogrammetrica in scala 1:2.000.



**Fig. n.17** – Stralcio fuori scala della **Tav. n.3.2** “Carta dell’ubicazione delle indagini geognostiche su aerofotogrammetria”.

## 4.2 Indagini di sismica a rifrazione

Come visto in precedenza per indagare in modo compiuto l'area d'intervento sono stati realizzati quattro profili di sismica a rifrazione utilizzando sia le onde P che le onde SH.

Data la logistica del luogo e l'assenza di significativi rumori di fondo, per produrre le onde di taglio SH, polarizzate orizzontalmente, è stato fatto uso di una strumentazione costituita da un parallelepipedo di legno, percosso lateralmente con una mazza del peso di 5kg.

La "tavola" è stata poggiata a terra disponendola ortogonalmente all'allineamento sismico e parallelamente alla direzione di vibrazione dei geofoni.

In questo modo sono state create vibrazioni di tipo SH dirette perpendicolarmente all'asse della sorgente e polarizzate sul piano orizzontale con ampiezza massima nella direzione della forza.

La tavola utilizzata ha una lunghezza di circa 100cm, una larghezza di 30cm ed uno spessore di 20 centimetri ed ogni volta è stata gravata con il peso di uno o due operatori.

Per la creazione di onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 5kg battuta verticalmente sul terreno.

Come strumento ricevente è stato utilizzato un sismografo GEOMETRICS STRATAVIEW a 24 canali, dotato di un convertitore A/D a 16 bit preceduto da un amplificatore a singola fase che permette un guadagno del segnale fino a 24 dB.

L'interpretazione dell'indagine è stata eseguita mediante il "Generalized Reciprocal Method (GRM)" che consente di delineare rifrattori ondulati ad ogni profondità, e di numero infinito, da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di valori di tempi-distanza sia in andata che in ritorno.

Relativamente alle sezioni sismiche realizzate, sono allegati i seguenti elaborati:

- **Tabelle n.1a, n.1b, n.3, n.5, n.7a e n.7b:** per ciascun punto di scoppio, sono indicati i tempi di arrivo in millisecondi ai singoli geofoni.
- **Figure n. 1a, n.1b, n.3, n.5, n.7a e n.7b:** sono evidenziati sia il diagramma tempi di arrivo-distanze (**dro-mocrone**), in cui sulle ascisse compaiono le distanze dei sensori dall'inizio dell'allineamento ed in ordinate i tempi di arrivo espressi in millisecondi, che le relative **sezioni sismostratigrafiche** in cui i singoli rifrattori sono rappresentati da archi di cerchio.
- **Tabelle n.2, n.4, n.6 e n.8:** sono riportate le ubicazioni di ogni geofono lungo gli allineamenti sismici unitamente alle profondità dei singoli strati e alle rispettive velocità calcolate.
- **Figure n.2, n.4, n.6 e n.8:** sono ricostruite le sezioni sismiche interpretative, ottenute utilizzando i dati del rilevamento topografico di campagna, in cui vengono evidenziate le posizioni dei singoli geofoni, le velocità medie delle onde, sia longitudinali che di taglio, dei terreni attraversati e la loro natura.

## 4.3 Considerazioni e risultati dell'indagine sismica eseguita

Dato che l'indagine sismica è un'indagine di tipo indiretto, che non consente di "vedere" i terreni indagati, le valutazioni sotto riportate sono state attribuite in base a quanto emerso dallo studio della Geologia locale e dalla visione degli affioramenti presenti nell'area in oggetto.

### **Sezione sismica "TRESANA 1-1" (con onde P e SH)**

Questo profilo è stato tracciato lungo il ciglio lato valle della Strada Comunale asfaltata utilizzando 12 geofoni orizzontali posizionati con distanza intergeofonica di circa 4.0m, per una lunghezza complessiva, compresi i colpi agli estremi, di 47.7 metri.

Lungo il profilo sono state eseguite sei energizzazioni, di cui due alle estremità dell'allineamento, due internamente e due esternamente; le energizzazioni esterne sono state eseguite una esternamente al geofono n.1, ad una distanza di 16 metri, ed una esternamente al geofono n.12, ad una distanza di circa 32 metri.

Nelle **Foto n.5** e **n.6** si riportano due immagini delle fasi di energizzazione del profilo sismico.



**Foto n.3** – Colpo intermedio sinistro **D1** del profilo sismico “TRESANA 1-1” posizionato lungo il ciglio stradale della viabilità asfaltata; fase di energizzazione con onde SH.



**Foto n.4** – Colpo intermedio destro **D2** del profilo sismico “TRESANA 1-1” posizionato lungo il ciglio stradale della viabilità asfaltata; fase di energizzazione con onde SH.

Descrizione della sezione ottenuta (vedi allegato di **Figura n.2**)

Lo studio delle dromocrone ha permesso di individuare due rifrattori per cui è stato possibile distinguere tre terreni a diversa risposta sismica.

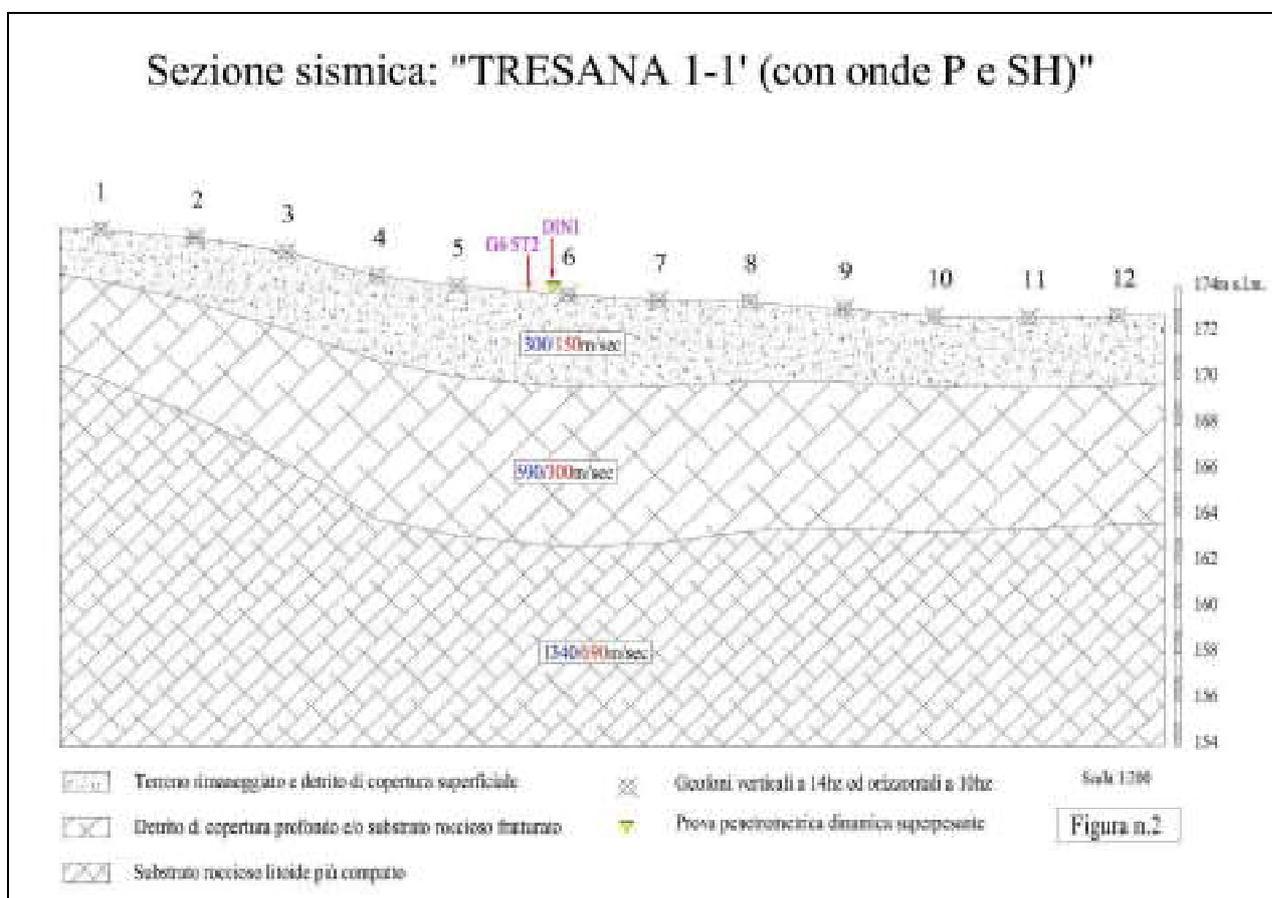
Il primo rifrattore costituisce la linea di separazione tra il detrito di copertura di natura limo-argilloso-sabbiosa con inclusi clasti a spigoli vivi ed il sottostante detrito di copertura più compatto e/o substrato roccioso molto fratturato (regolite).

Lo spessore della copertura detritica è risultato variabile con valori massimi intorno a **4.0m** rilevati in corrispondenza dei geofoni n.5 e n.6 e valori minimi prossimi a **2.2m** rilevati all'inizio del profilo; la velocità delle onde di compressione è risultata pari a **300m/sec** mentre quella delle onde SH è risultata pari a **150m/sec**.

La profondità del secondo rifrattore, che separa la roccia molto fratturata dal sottostante substrato roccioso compatto, presenta un andamento variabile, con valori massimi prossimi a **11.0m** in corrispondenza del geofono n.6 e valori minimi di **6.5m** in corrispondenza dell'inizio dello stendimento.

Lo strato intermedio presenta una velocità delle P pari a **590m/sec** e velocità delle onde SH di **300m/sec**, mentre nel sottostante substrato roccioso compatto si sono ottenute velocità delle onde P di **1340m/sec** e velocità delle onde SH pari a **690m/sec**.

Nella **Fig. n.18** si riporta un estratto fuori scala della sezione sismica appena descritta.



**Fig. n.18** – Estratto fuori scala della “Sezione sismica interpretativa TRESANA 1-1'” energizzata con onde P e SH tracciata lungo il ciglio della sede stradale.

### Sezione sismica "TRESANA 2-2' " (con onde P)

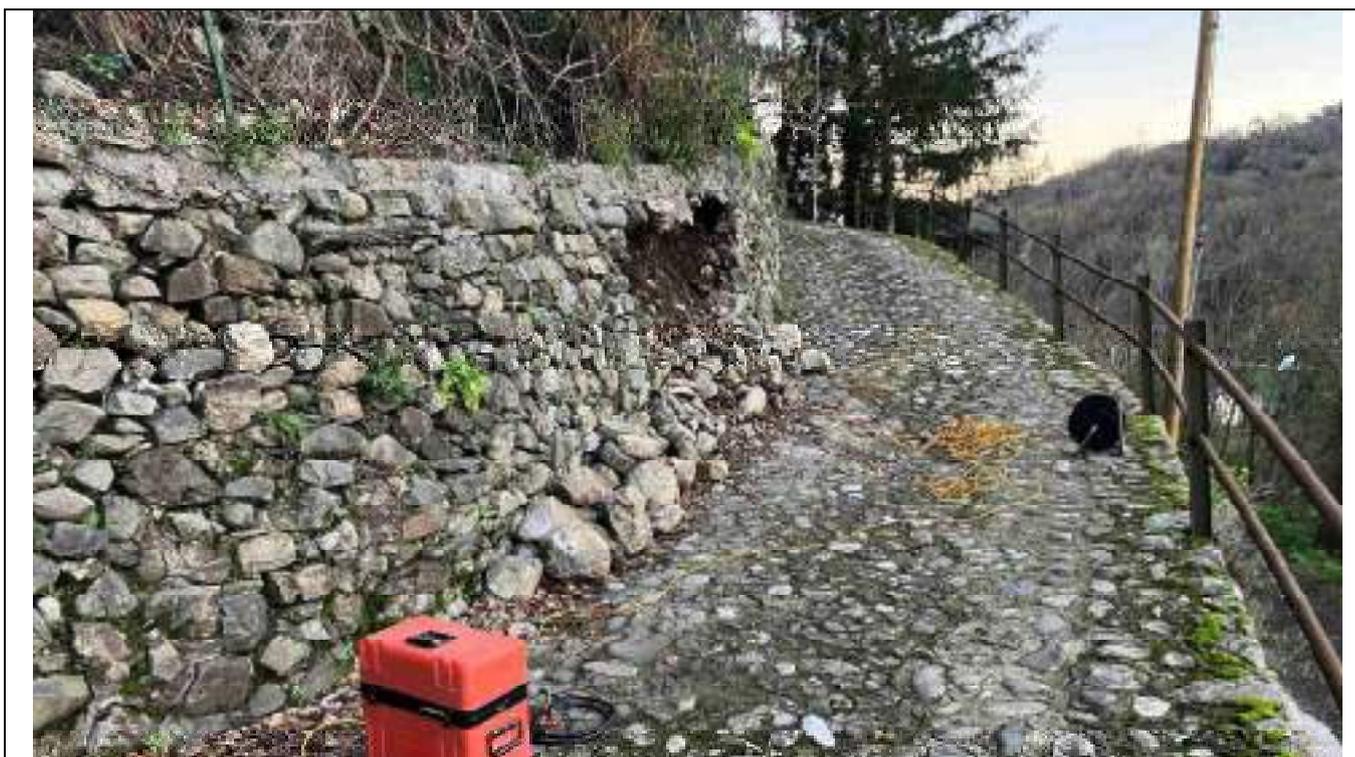
Questo profilo è stato tracciato lungo la direzione di massima pendenza del versante a partire dalle terrazze presenti a valle della sede stradale asfaltata ed è giunta fino alla strada in piastronato; i geofoni sono stati posizionati con distanza intergeofonica di circa 3.0m, per una lunghezza complessiva, compresi i colpi agli estremi, di 23.9 metri.

Lungo il profilo sono state eseguite cinque energizzazioni, di cui due alle estremità dell'allineamento, due internamente ed una esternamente; l'unica energizzazione esterna è stata eseguita esternamente al geofono n.1, ad una distanza di 16 metri; non è stato invece possibile eseguire l'energizzazione esterna al geofono n.8 in quanto non avevamo ancora l'autorizzazione del proprietario.

Nelle **Foto n.5** e **n.6** si riportano due immagini delle fasi di energizzazione del profilo sismico.



**Foto n.5** – Colpo centrale **C** del profilo sismico "TRESANA 2-2'" con onde P disposto lungo la linea di massima pendenza.



**Foto n.6** – Colpo estremo **B** del profilo sismico "TRESANA 2-2'" con onde P disposto lungo la linea di massima pendenza.

Descrizione della sezione ottenuta (vedi allegato di **Figura n.4**)

Lo studio delle dromocrone ha permesso di individuare due rifrattori per cui è stato possibile distinguere tre terreni a diversa risposta sismica.

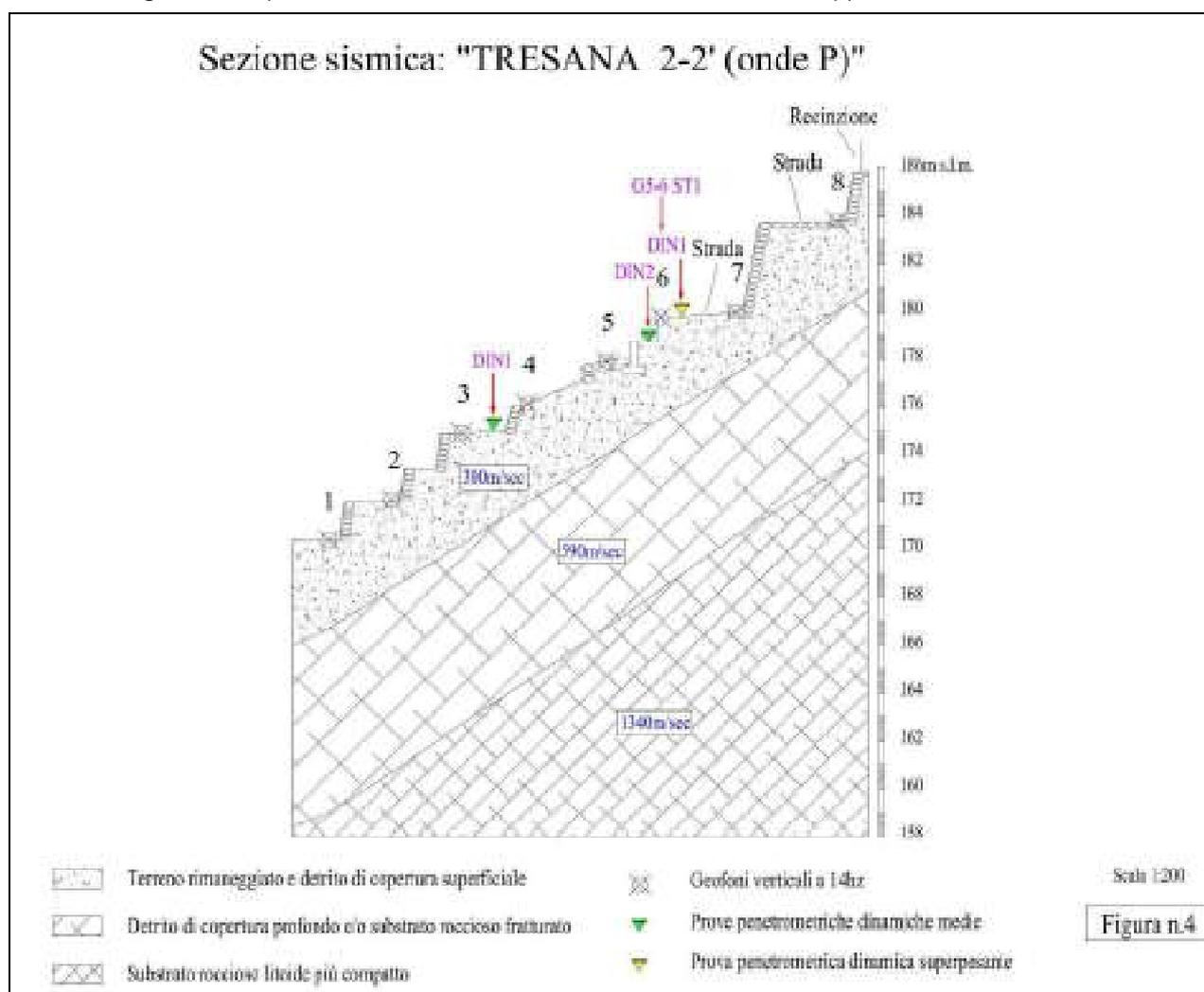
Il primo rifrattore costituisce la linea di separazione tra il detrito di copertura di natura limo-argilloso-sabbiosa con inclusi clasti a spigoli vivi ed il sottostante detrito di copertura più compatto e/o substrato roccioso molto fratturato (regolite).

Lo spessore della copertura detritica è risultato variabile con valori massimi intorno a **4.7m** rilevati in corrispondenza del geofono n.3 e valori minimi prossimi a **2.6m** rilevati al di sotto del geofono n.7; la velocità delle onde di compressione è risultata pari a **300m/sec**.

La profondità del secondo rifrattore, che separa la roccia molto fratturata dal sottostante substrato roccioso compatto, presenta un andamento variabile, con valori massimi prossimi a **12.2m** in corrispondenza del geofono n.3 e valori minimi di **9.4m** rilevati al di sotto del geofono n.7.

Lo strato intermedio presenta una velocità delle P pari a **590m/sec**, mentre nel sottostante substrato roccioso compatto si sono ottenute velocità delle onde P di **1340m/sec**.

Nella **Fig. n.19** si riporta un estratto fuori scala della sezione sismica appena descritta.



**Fig. n.19** – Estratto fuori scala della "Sezione sismica interpretativa TRESANA 2-2" energizzata con onde P tracciata lungo la linea di massima pendenza del versante.

### Sezione sismica "TRESANA 3-3' " (con onde P)

Questo profilo è stato tracciato in prosecuzione del precedente dopo aver ottenuto l'autorizzazione dai proprietari ad entrare all'interno della loro proprietà.

Visti gli esigui spazi a disposizione sono stati utilizzati 7 geofoni verticali posizionati con distanza intergeofonica variabile per una lunghezza complessiva, compresi i colpi agli estremi, di soli 14.5 metri.

Lungo il profilo sono state eseguite sei energizzazioni, di cui due alle estremità dell'allineamento, due internamente e due esternamente; le energizzazioni esterne sono state eseguite entrambe esternamente al geofono n.1, ad una distanza di 25 e di 18 metri.

#### Descrizione della sezione ottenuta (vedi allegato di **Figura n.6**)

Lo studio delle dromocrone ha permesso di individuare due rifrattori per cui è stato possibile distinguere tre terreni a diversa risposta sismica.

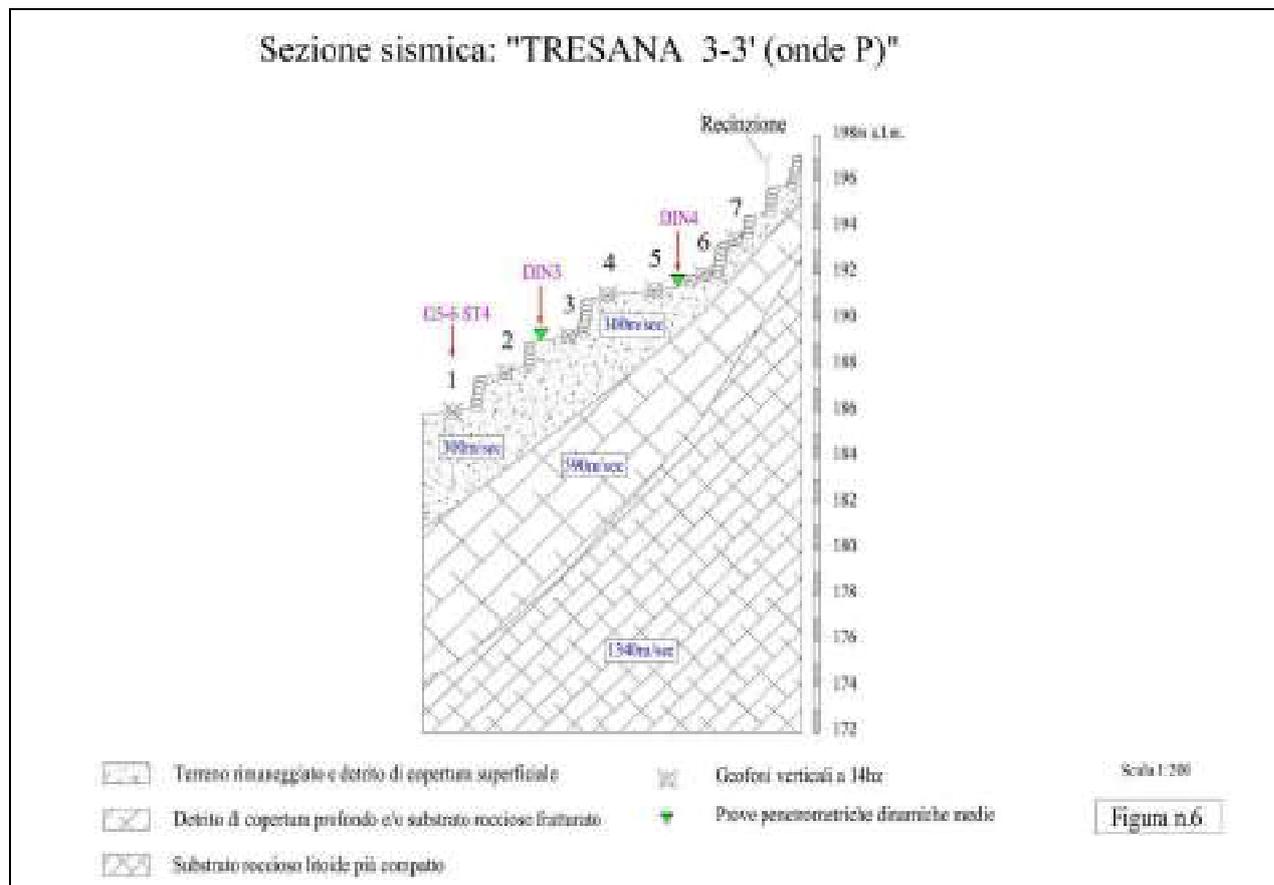
Il primo rifrattore costituisce la linea di separazione tra il detrito di copertura di natura limo-argilloso-sabbiosa con inclusi clasti a spigoli vivi ed il sottostante detrito di copertura più compatto e/o substrato roccioso molto fratturato (regolite).

Lo spessore della copertura detritica è risultato variabile con valori massimi intorno a **4.2m** rilevati in corrispondenza del geofono n.1 e valori minimi prossimi a **1.6m** rilevati al di sotto del geofono n.7; la velocità delle onde di compressione è risultata pari a **300m/sec**.

La profondità del secondo rifrattore, che separa la roccia molto fratturata dal sottostante substrato roccioso compatto, presenta un andamento variabile, con valori massimi prossimi a **11.0m** in corrispondenza del geofono n.1 e valori minimi di **5.4m** rilevati al di sotto del geofono n.7.

Lo strato intermedio presenta una velocità delle P pari a **590m/sec**, mentre nel sottostante substrato roccioso compatto si sono ottenute velocità delle onde P di **1340m/sec**.

Nella **Fig. n.20** si riporta un estratto fuori scala della sezione sismica appena descritta.



**Fig. n.20** – Estratto fuori scala della “Sezione sismica interpretativa TRESANA 3-3' ” energizzata con onde P tracciata lungo la linea di massima pendenza del versante.

**Sezione sismica "TRESANA 4-4' " (con onde P e SH)**

Questo profilo è stato tracciato sulla piana presente a monte della strada in piastronato ed è stato disposto parallelamente ad essa.

Sono stati utilizzati 12 geofoni orizzontali posizionati con distanza intergeofonica di circa 4.0m, per una lunghezza complessiva, compresi i colpi agli estremi, di 40.9 metri.

Lungo il profilo sono state eseguite sei energizzazioni, di cui due alle estremità dell'allineamento, due internamente e due esternamente; le energizzazioni esterne sono state eseguite una esternamente al geofono n.1, ad una distanza di 18 metri, ed una esternamente al geofono n.12, ad una distanza di circa 28 metri.

Nelle **Foto n.7** si riporta un'immagine delle fasi di energizzazione del profilo sismico.



**Foto n.7** – Colpo intermedio sinistro D1 del profilo sismico "TRESANA 4-4' " energizzato con onde SH e posizionato a monte della strada in piastronato.

Descrizione della sezione ottenuta (vedi allegato di **Figura n.8**)

Lo studio delle dromocrone, ottenute diagrammando per ogni energizzazione i tempi di arrivo ai singoli geofoni, ha permesso di individuare due rifrattori, per cui è stato possibile distinguere tre terreni a diversa risposta sismica.

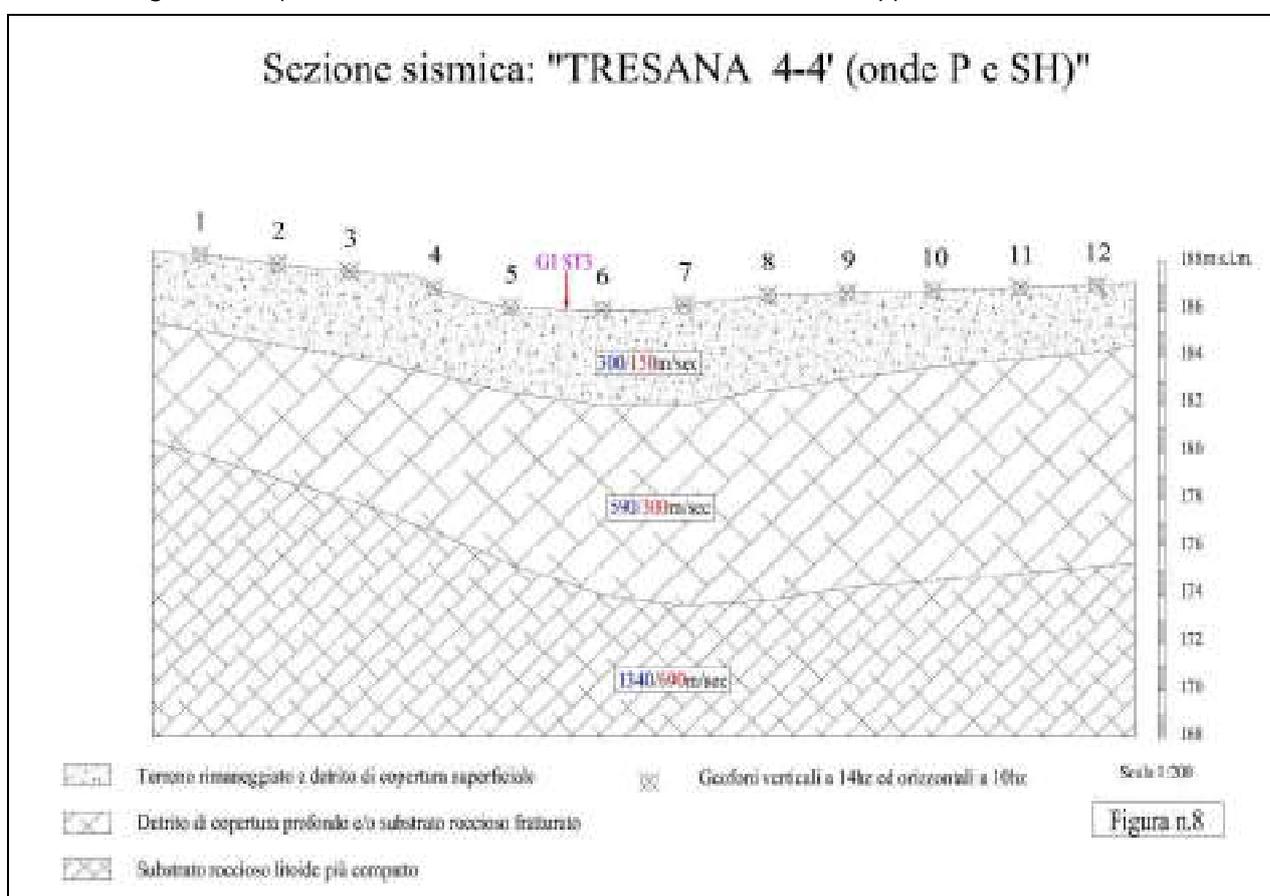
Il primo rifrattore costituisce la linea di separazione tra il detrito di copertura di natura limo-argilloso-sabbiosa con inclusi clasti a spigoli vivi ed il sottostante detrito di copertura più compatto e/o substrato roccioso molto fratturato (regolite).

Lo spessore della copertura detritica è risultato variabile con valori massimi intorno a **4.2m** rilevati in corrispondenza del geofono n.7 e valori minimi prossimi a **2.8m** rilevati alla fine del profilo; la velocità delle onde di compressione è risultata pari a **300m/sec** mentre quella delle onde SH è risultata pari a **150m/sec**.

La profondità del secondo rifrattore, che separa la roccia molto fratturata dal sottostante substrato roccioso compatto, presenta un andamento variabile, con valori massimi prossimi a **12.8m** in corrispondenza del geofono n.8 e valori minimi di **8.4m** in corrispondenza dell'inizio dello stendimento.

Lo strato intermedio presenta una velocità delle P pari a **590m/sec** e velocità delle onde SH di **300m/sec**, mentre nel sottostante substrato roccioso compatto si sono ottenute velocità delle onde P di **1340m/sec** e velocità delle onde SH pari a **690m/sec**.

Nella **Fig. n.21** si riporta un estratto fuori scala della sezione sismica appena descritta.



**Fig. n.21** – Estratto fuori scala della “Sezione sismica interpretativa TRESANA 4-4' ” energizzata con onde P e SH tracciata a monte della strada in selciato.

#### 4.4 Prova penetrometrica dinamica superpesante

Per costruire il modello fisico-meccanico dei terreni in oggetto e suddividerli in orizzonti omogenei aventi le caratteristiche conferitegli dalla natura, ovvero consistenza o grado di addensamento è stata realizzata una prova penetrometrica dinamica superpesante, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, idraulico, auto-guidato, a punta conica **PAGANI TG 63-100 EML.C.**

La **prova penetrometrica dinamica** consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di aste successive, facendo cadere sulle stesse un maglio di peso noto, da un'altezza costante.

La resistenza del terreno viene valutata contando il numero dei colpi necessari all'infissione di 20cm di aste e, successivamente, convertendo tali valori in resistenza dinamica di punta ( $R_{pd}$ ) espressa in kg/cmq.

Alla relazione è allegata, per ogni prova eseguita, una tabella che riporta il numero di colpi ed i valori di resistenza ogni 20cm di affondamento e due diagrammi che mostrano l'andamento in funzione della profondità del numero di colpi della punta ( $N_p$ ) e della resistenza dinamica di punta ( $R_{pd}$ ).

Per correlare il numero dei colpi  $N_p$  rilevato in campagna con il numero di colpi  $N_{SPT}$  della Standard Penetration Test, è necessario moltiplicare  $N_p$  per un opportuno coefficiente che tiene conto del rendimento effettivo dello strumento utilizzato.

Per lo strumento in uso il coefficiente correttivo vale  $\beta=1.489$  per cui è valida la seguente relazione:

$$N_{SPT} = \beta \times N_p = 1.489 \times N_p$$

In questo modo i principali parametri geotecnici dei terreni attraversati possono essere ricavati utilizzando la vasta letteratura esistente per la prova SPT.

La prova **DIN1** è stata realizzata sul ciglio della strada asfaltata in corrispondenza della zona maggiormente interessata dal dissesto (vedi **Foto n.8**).



**Foto n.8** – Fasi di esecuzione della prova penetrometrica dinamica superpesante **DIN1**.

Nella Fig. n.22 si riporta il grafici relativo al "Diagramma del numero di colpi" della prova DIN1.

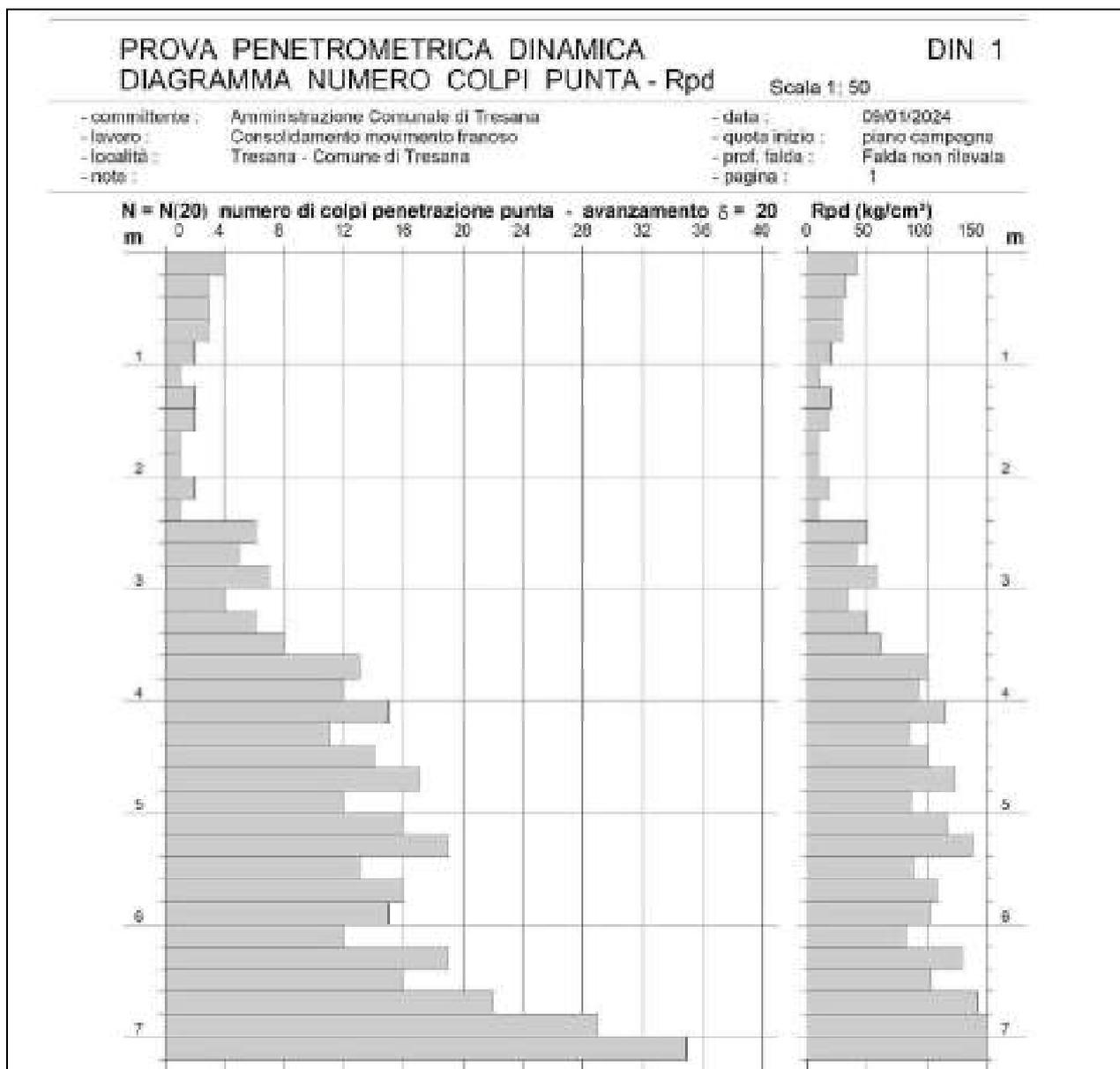


Fig. n.22 – Estratto del diagramma del numero di colpi della Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante DIN1.

La prova ha messo in evidenza la presenza di una copertura detritica superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche dello spessore di circa 2.4 metri seguita da un terreno caratterizzato da una maggiore resistenza; la situazione stratigrafica può essere così riassunta:

#### **Prova penetrometrica dinamica superpesante DIN1**

- dal piano campagna fino a circa **2.4m** è stato attraversato terreno rimaneggiato e detrito di copertura con scadenti caratteristiche geotecniche, che può essere classificato, secondo le norme A.G.I., come "*poco consistente*";
- oltre tale profondità, così come indicato dai profili sismici eseguiti è probabilmente presente detrito di copertura più compatto e/o la parte superficiale del substrato roccioso fortemente alterata e degradata;
- a partire dalla profondità di circa 6.6 metri il numero di colpi è aumentato notevolmente per cui la prova è stata interrotta;
- dall'indagine sismica emerge che la roccia più compatta inizia ad una profondità di circa 11.0m dal piano campagna per cui la prova dinamica non ha consentito di raggiungere questo substrato più compatto.

#### 4.5 Prove penetrometriche dinamiche medie

A monte ed a valle delle viabilità comunali, non potendovi giungere con il penetrometro superpesante, sono state realizzate quattro prove penetrometriche dinamiche medie utilizzando uno strumento manuale avente le seguenti caratteristiche:

Peso del maglio	= 20 kg
Altezza di caduta	= 20 cm
Area sezione punta conica	= 10 cmq
Angolo di apertura della punta	= 60 gradi

In questo caso la resistenza del terreno è stata valutata contando il numero dei colpi necessari all'infissione di 10cm di aste e, quindi, convertendo tali valori in resistenza dinamica di punta ( $R_{pd}$ ), misurata in kg/cmq.

Alla presente relazione sono allegate le tabelle in cui sono riportate, per ogni 10cm di affondamento, il numero dei colpi ( $N$ ), la resistenza dinamica ( $R_{pd}$ ) ed i diagrammi che mostrano, rispettivamente, l'andamento in funzione della profondità del numero di colpi della punta ( $N$ ) e della resistenza dinamica di punta ( $R_{pd}$ ).

Per correlare il numero dei colpi  $N$  rilevato in campagna con il numero di colpi  $N_{SPT}$  della Standard Penetration Test, è necessario moltiplicare  $N$  per un opportuno coefficiente che tiene conto del rendimento effettivo dello strumento utilizzato.

Per lo strumento in uso e per il terreno attraversato, il coefficiente correttivo  $\beta$  può essere assunto, cautelativamente, pari a **0.511** per cui è valida la relazione:

$$N_{SPT} = \beta \cdot N \quad \text{dove} \quad N = \text{numero di colpi rilevato}$$

In questo modo i principali parametri geotecnici dei terreni attraversati possono essere ricavati utilizzando la vasta letteratura esistente per la prova SPT.

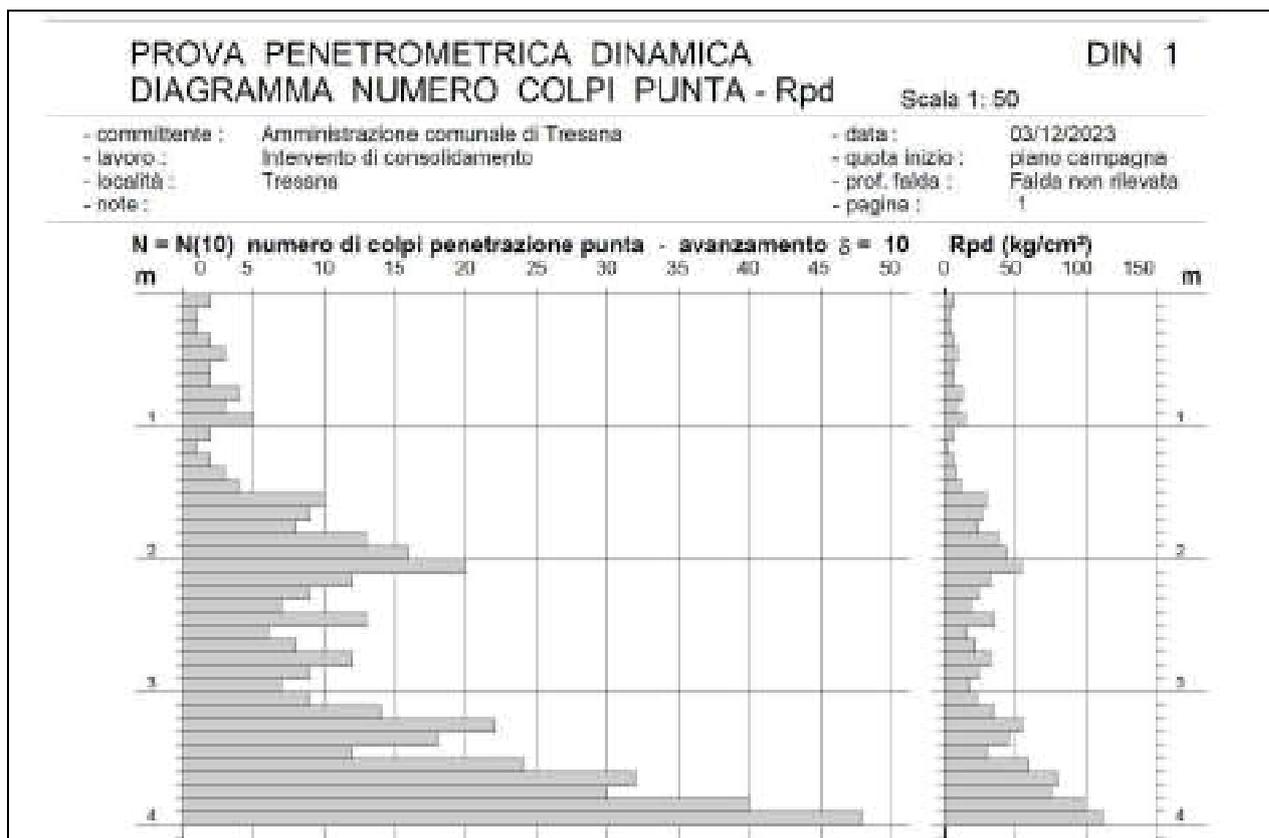
Anche se in questi terreni la prova penetrometrica acquista significato soprattutto nell'individuazione del bedrock, è stato comunque possibile risalire alla resistenza dinamica del terreno superficiale.

Nelle **Foto n.9** e **n.10** si riportano le immagini delle prove penetrometriche dinamiche medie **DIN1** e **DIN4**.



**Foto n.9 e n.10** – Fasi di esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche medie **DIN1** e **DIN4**.

Nella **Fig. n.23** si riporta il grafici relativo al "Diagramma del numero di colpi" della prova **DIN1**.



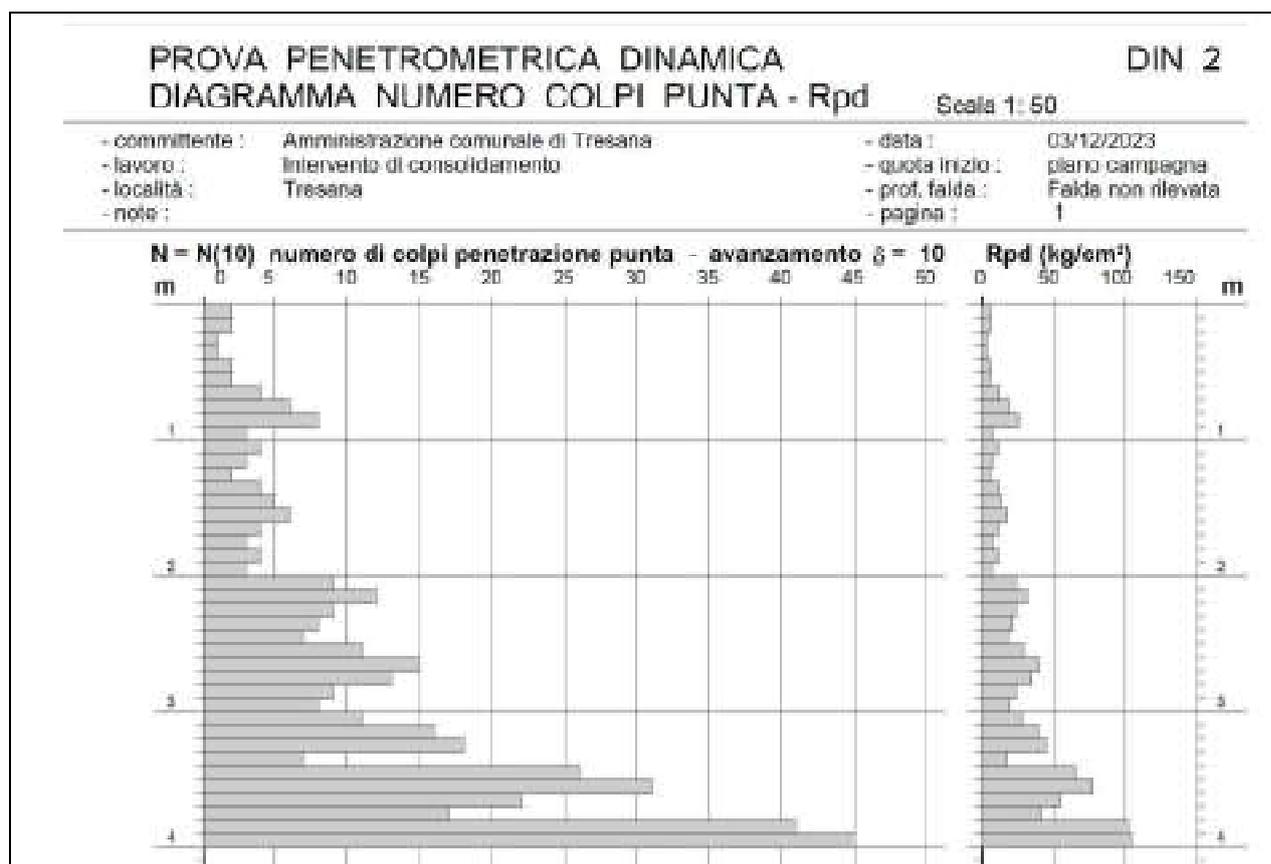
**Fig. n.23**– Estratto del diagramma del numero di colpi della Prova penetrometrica dinamica media **DIN1** eseguita a valle della Strada Comunale asfaltata.

La prova ha messo in evidenza la presenza di una copertura detritica superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche dello spessore di circa 1.5 metri seguita da un terreno caratterizzato da una maggiore resistenza; la situazione stratigrafica può essere così riassunta:

#### **Prova penetrometrica dinamica media DIN1**

- dal piano campagna fino a circa **1.5m** è stato attraversato terreno rimaneggiato e detrito di copertura con scadenti caratteristiche geotecniche, che può essere classificato, secondo le norme A.G.I., come "*poco consistente*";
- da 1.5m fino a circa 3.5 metri è presente un detrito di copertura più compatto;
- oltre tale profondità il terreno presenta una maggiore resistenza all'avanzamento e la prova è stata interrotta alla profondità di 4.0 metri dal piano campagna.

Nella **Fig. n.24** si riporta il grafici relativo al "Diagramma del numero di colpi" della prova **DIN2**.



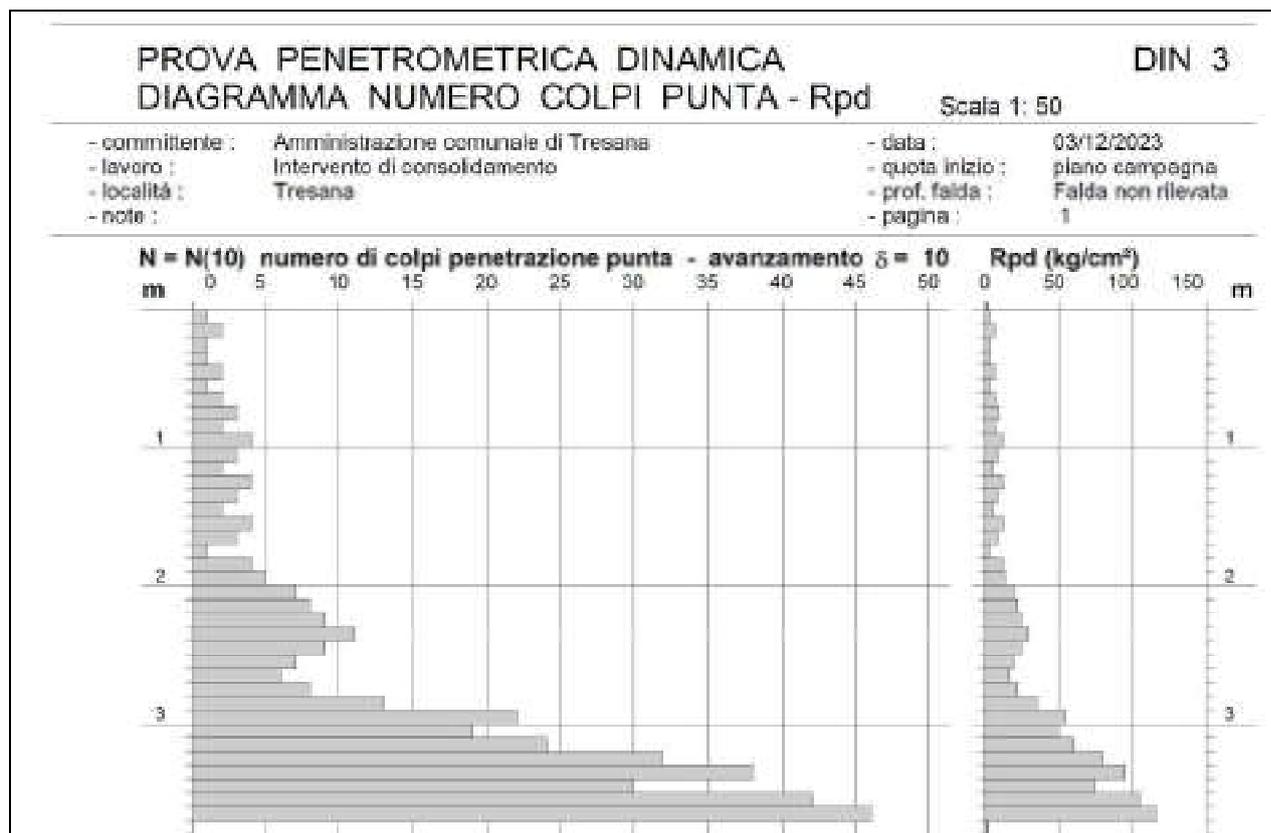
**Fig. n.24** – Estratto del diagramma del numero di colpi della Prova penetrometrica dinamica media **DIN2** eseguita in prossimità del ciglio lato valle della Strada Comunale asfaltata.

La prova ha messo in evidenza la presenza di una copertura detritica superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche dello spessore di circa 2.0 metri seguita da un terreno caratterizzato da una maggiore resistenza; la situazione stratigrafica può essere così riassunta:

#### Prova penetrometrica dinamica media DIN2

- dal piano campagna fino a circa **2.0m** è stato attraversato terreno rimaneggiato e detrito di copertura con scadenti caratteristiche geotecniche, che può essere classificato, secondo le norme A.G.I., come "*poco consistente*";
- da 2.0m fino a circa 3.8 metri è presente un detrito di copertura più compatto;
- oltre tale profondità il terreno presenta una maggiore resistenza all'avanzamento e la prova è stata interrotta alla profondità di 4.0 metri dal piano campagna.

Nella **Fig. n.25** si riporta il grafici relativo al "Diagramma del numero di colpi" della prova **DIN3**.



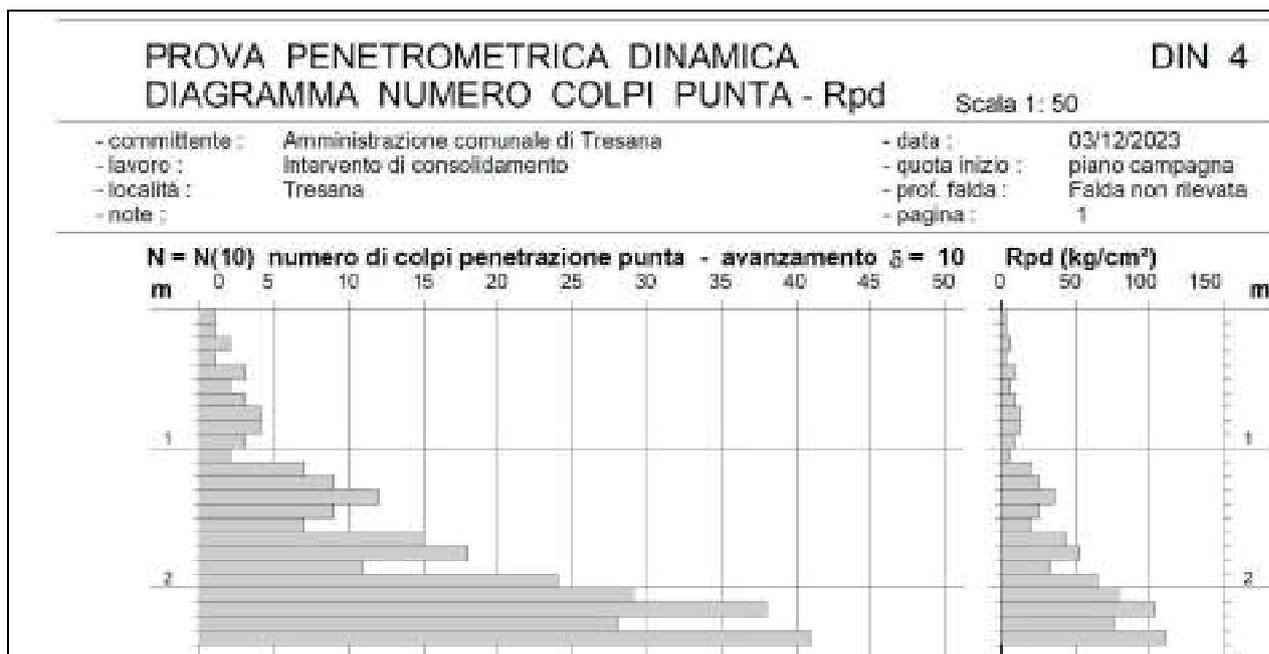
**Fig. n.25** – Estratto del diagramma del numero di colpi della Prova penetrometrica dinamica media **DIN3** eseguita poco a monte della Strada Piastronata.

La prova ha messo in evidenza la presenza di una copertura detritica superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche dello spessore di circa 2.0 metri seguita da un terreno caratterizzato da una maggiore resistenza; la situazione stratigrafica può essere così riassunta:

#### Prova penetrometrica dinamica media DIN3

- dal piano campagna fino a circa **1.8m** è stato attraversato terreno rimaneggiato e detrito di copertura con scadenti caratteristiche geotecniche, che può essere classificato, secondo le norme A.G.I., come "*poco consistente*";
- da 1.8m fino a circa 3.6 metri è presente un detrito di copertura più compatto;
- oltre tale profondità il terreno presenta una maggiore resistenza all'avanzamento e la prova è stata interrotta alla profondità di 3.8 metri dal piano campagna.

Nella **Fig. n.26** si riporta il grafici relativo al "Diagramma del numero di colpi" della prova **DIN4**.



**Fig. n.26** – Estratto del diagramma del numero di colpi della Prova penetrometrica dinamica media **DIN4** eseguita nella parte alta del versante.

La prova ha messo in evidenza la presenza di una copertura detritica superficiale con scadenti caratteristiche geotecniche dello spessore di circa 1.1 metri seguita da un terreno caratterizzato da una maggiore resistenza; la situazione stratigrafica può essere così riassunta:

#### **Prova penetrometrica dinamica media DIN4**

- dal piano campagna fino a circa **1.1m** è stato attraversato terreno rimaneggiato e detrito di copertura con scadenti caratteristiche geotecniche, che può essere classificato, secondo le norme A.G.I., come "*poco consistente*";
- da 1.1m fino a circa 1.9 metri è presente un detrito di copertura più compatto;
- oltre tale profondità il terreno presenta una maggiore resistenza all'avanzamento e la prova è stata interrotta alla profondità di 2.4 metri dal piano campagna.

## 4.6 Presenza di acqua

Effettuate le prove, per verificare la presenza di acqua nel terreno, sono stati installati all'interno dei fori delle prove penetrometriche tubi piezometrici che hanno escluso la presenza di acqua.

Considerando che le prove sono state realizzate in un periodo asciutto, questo non esclude la possibilità che all'interno della copertura possa crearsi, a seguito di lunghi periodi di precipitazioni, una falda sotterranea.

Questa "falda temporanea" probabilmente presenta il suo limite inferiore in corrispondenza del contatto tra la copertura detritica più permeabile e la roccia sottostante meno permeabile e probabilmente subisce escursioni stagionali legate al regime pluviometrico.

Inoltre, da quanto potuto osservare in loco e da esperienze su terreni simili, si ritiene che a seguito di periodi di forti precipitazioni il terreno detritico superficiale si imbeve d'acqua fin quasi a saturarsi.

In ragione dell'assetto idrostratigrafico del versante caratterizzato da:

- substrato roccioso praticamente impermeabile all'interno del quale è da escludere la possibilità che si possa realizzare una circolazione idrica dispersiva significativa, ovvero che si possa creare un livello saturo continuo verticalmente e lateralmente, ma piuttosto prevedere la possibilità che isolate fratture, dotate di maggiore conducibilità idraulica, possano essere accompagnate da modesti e discontinui flussi idrici di acque di percolazione;

- elevata inclinazione del pendio e della superficie di contatto tra terreni di copertura e substrato roccioso che determina sia un predominante ruscellamento superficiale sia un relativamente rapido deflusso sub-superficiale verso valle delle acque di infiltrazione;

**è invece possibile escludere che la falda idrica possa giungere fino al piano campagna.**

## 4.7 Caratterizzazione litostratigrafica

Al paragrafo **6.2.2** delle **NTC 2018** per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico.

I risultati delle indagini sismiche, l'andamento delle prove e l'analisi dei grafici (vedi Allegati), unitamente alle conoscenze geologiche generali dell'area ed a quanto visibile nelle scarpate degli impluvi presenti a valle della sede stradale hanno permesso di individuare una situazione caratterizzata dalla presenza di terreni a diverso grado di addensamento/consistenza (classificazione secondo le norme A.G.I.) come di seguito riassunta:

UNITA' STRATIGRAFICA PRINCIPALE	SOTTO UNITA'	DESCRIZIONE QUALITATIVA
<b>A – Detrito di copertura (a1a)</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<i>Limo argilloso sabbioso con elementi litoidi di dimensioni centimetriche "poco consistente"</i>
<b>B - Substrato roccioso (Complesso di Casanova <b>CCVb</b> – Breccie clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei)</b>	<b>B<sub>1</sub></b>	<i>Detrito di copertura clasto sostenuto e/o substrato roccioso di natura ofiolitica altamente alterato e fratturato (regolite) moderatamente consistente</i>
	<b>B<sub>2</sub></b>	<i>Substrato roccioso di natura ofiolitica alterato e fratturato consistente</i>

## 4.8 Caratterizzazione geotecnica

Al fine di ottenere indicazioni in merito al valore della **coesione non drenata** del detrito di copertura sono state eseguite, sulle scarpate presenti lungo il versante, anche **prove scissometriche** con un **pocket Vane Test 40-T0174**.

Per il livello detritico i parametri geotecnici di seguito forniti sono stati ottenuti operando una **media ragionata** di quanto ottenuto dalle prove penetrometriche dinamiche, dalle misure scissometriche e da analisi di laboratorio eseguite sugli stessi litotipi in altre aree.

Considerando la notevole estensione superficiale dell'intervento in progetto, gli spessori della copertura, i volumi in gioco e soprattutto l'estrema eterogeneità dei terreni, ragionare in termini di **valori medi** è sembrata l'ipotesi più attinente alla realtà dei luoghi.

Il detrito di copertura, di natura prevalentemente limo-argillosa e con scheletro di ghiaietto, presenta una coesione non drenata, valutata con le prove scissometriche e la prova statica, di circa **0.30kg/cmq**.

In merito al valore della coesione efficace questa è stata valutata in back-analysis sulla base delle verifiche di stabilità eseguite in condizioni di terreno naturale.

L'angolo di attrito interno è stato valutato facendo una media ragionata tra i risultati delle prove penetrometriche e le analisi di laboratorio precedentemente ricordate tenendo conto della compagine d'insieme del materiale che come abbiamo visto risulta costituito da una matrice di natura limo-argillosa con inclusi abbondanti clasti.

I parametri elastici sono stati ricavati tramite le correlazioni con le velocità delle SH ottenute dai profili sismici eseguiti.

Di seguito si riportano i principali parametri geotecnici ed elastici dei litotipi presenti.

### Unità A – Detrito di copertura

#### Sottounità A<sub>1</sub> “Detrito di copertura superficiale (comportamento prevalentemente coesivo)”

- Limo argilloso sabbioso con elementi litoidi di dimensioni centimetriche “poco consistente”

Peso di volume naturale (dedotto da bibliografia)	( $\gamma_n$ )	=	1.90	t/mc
Peso di volume saturo (dedotto da bibliografia)	( $\gamma_{sat}$ )	=	2.00	t/mc
Angolo di attrito interno efficace (dedotto dalle prove penetrometriche)	( $\varphi'$ )	=	27°	
Coesione non drenata (dedotta dalle misure scissometriche)	( $c_u$ )	=	0.3	kg/cmq
Coesione efficace (dedotta tramite la back analysis)	( $c'$ )	=	0.03	kg/cmq
Modulo edometrico (dedotto dalle prove penetrometriche)	( $E_{ed}$ )	=	60	kg/cmq
Coefficiente di compressibilità di volume (inverso modulo edometrico)	( $m_v$ )	=	0.0166	cmq/kg
Modulo di elasticità statico in condizioni drenate (dalla correlazione con il modulo edometrico ed il coefficiente di Poisson)	( $E_s$ )	=	46	kg/cmq
Velocità onde di compressione (da indagine sismica con onde)	( $V_p$ )	=	300	m/sec
Velocità onde di taglio (da indagine sismica con onde SH)	( $V_s$ )	=	150	m/sec
Coefficiente di Poisson (da correlazione con le onde sismiche)	( $\mu$ )	=	0.33	
Coefficiente di spinta passiva (da correlazione con angolo di attrito)	( $k_0$ )	=	0.54	
Modulo di taglio dinamico (da velocità onde SH e coefficiente di Poisson)	( $G$ )	=	427	kg/cmq
Modulo di elasticità dinamico (da velocità onde P, SH e coefficiente di Poisson)	( $E_{din}$ )	=	1140	kg/cmq

Per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso fratturato e degradato, oltre ai risultati dell'indagine sismica, vengono riassunti i risultati di un'**analisi geostrutturale** eseguita su un affioramento presente nella scarpata a monte del tratto di viabilità in oggetto.

Al fine della classificazione dell'ammasso roccioso i dati raccolti lungo lo stendimento sono stati elaborati attraverso l'applicazione del metodo proposto da **BIENIAWSKI** che tiene conto di 5 parametri caratteristici (R1+R2+R3+R4+R5) rilevabili in campagna:

- **R1** - resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- **R2** - indice RQD;
- **R3** - spaziatura delle discontinuità;
- **R4** - condizioni delle discontinuità (scabrezza, alterazione, apertura, materiale di riempimento);
- **R5** - condizioni idrauliche (afflusso d'acqua, umidità, pressione interstiziale);

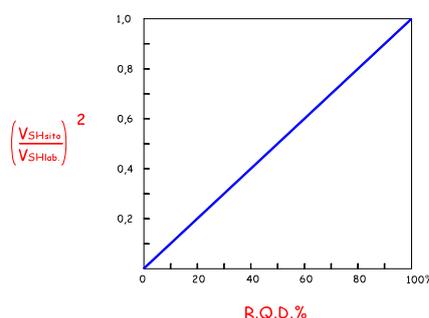
Ogni parametro è stato valutato in modo quantitativo ed a ciascuno è stato assegnato un indice parziale; la somma algebrica degli indici parziali relativi ai singoli parametri analizzati fornisce l'indice complessivo dell'ammasso roccioso.

La somma algebrica dei punteggi parziali relativi ai singoli parametri analizzati fornisce il valore dell'indice RMR per l'ammasso roccioso investigato.

Per la valutazione dell'indice **R.Q.D.** è stato utilizzato il **metodo di Onodera** che permette di determinarlo sulla base dell'indice di velocità  $I_v$ , dato dal rapporto tra la velocità misurata in situ e quella in laboratorio.

Nella parte superficiale fratturata ed alterata del substrato roccioso è stata ricavata una velocità delle onde **SH** pari a circa **300m/sec**; pur non avendo a disposizione il valore della velocità di laboratorio di questo litotipo, questa è stata considerata cautelativamente pari a **900m/sec**.

Relazione fra il rapporto delle velocità sismiche misurate in sito e in laboratorio (Onodera)



Utilizzando queste velocità l'indice  $I_v$  è risultato pari a circa 0.11, cui corrisponde un **R.Q.D.** pari a circa 15% che è in linea con quanto evidenziato lungo le scarpate a monte della sede stradale.

Questo valore, insieme alle altre caratteristiche riscontrate in campagna sugli affioramenti presenti e alle prove penetrometriche fa ritenere che le caratteristiche litotecniche del regolite possano essere associate alla **classe IV** per cui questa porzione dell'ammasso roccioso può essere classificata di qualità **"scadente"**.

N = Σ ni	0-25	25-50	50-70	70-90	90-100
<b>CLASSE</b>	V	<b>IV</b>	III	II	I
QUALITA' DELL'AM-MASSO	molto scadente	<b>scadente</b>	discreta	buona	ottima
c (kg/cmq)	<1	<b>1-1.5</b>	1.5-2.0	2.0-3.0	>3.0
φ	<30°	<b>30°-35°</b>	35°-40°	40°-45°	>45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTA' DI SCAVO	nessuna difficoltà	<b>può essere cavato facilmente; frammentazione notevole</b>	discreta difficoltà	si cava con difficoltà; frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T	10min	<b>10min</b>	10min	10min	10min
L m	0.5	<b>0.5</b>	0.5	0.5	0.5

**Unità B – Substrato roccioso (Complesso di Casanova “regolite”)****Sottounità B<sub>1</sub> “Detrito di copertura clasto sostenuto e/o substrato roccioso costituito da Breccie clasto sostenute alterate e fratturate (regolite)”**• **Detrito di copertura profondo e breccie clasto sostenute “moderatamente consistenti”**

Peso di volume naturale (dedotto da bibliografia)	( $\gamma_n$ )	=	2.20	t/mc
Angolo di attrito interno efficace (dedotto dalle prove penetrometriche)	( $\phi'$ )	=	32°	
Coesione efficace (dedotta da letteratura)	( $c'$ )	=	0.3	kg/cmq
Modulo edometrico (dedotto dalle prove penetrometriche dinamiche)	( $E_{ed}$ )	=	350	kg/cmq
Coefficiente di compressibilità di volume (inverso modulo edometrico)	( $m_v$ )	=	0.0028	cmq/kg
Velocità onde di compressione (da indagine sismica con onde)	( $V_p$ )	=	590	m/sec
Velocità onde di taglio (da indagine sismica con onde SH)	( $V_s$ )	=	300	m/sec
Coefficiente di Poisson (da correlazione con la velocità delle onde sismiche)	( $\mu$ )	=	0.33	
Coefficiente di spinta passiva (da correlazione con angolo di attrito)	( $k_0$ )	=	0.47	
Modulo di taglio dinamico (da velocità onde SH e coefficiente di Poisson)	( $G$ )	=	1980	kg/cmq
Modulo di elasticità dinamico (da velocità onde P, SH e coefficiente di Poisson)	( $E_{din}$ )	=	5250	kg/cmq
Modulo di elasticità statico (formula di Heerden)	( $E_{stat}$ )	=	274	kg/cmq

Così come confermato dall'indagine sismica i parametri geotecnici della roccia migliorano con la profondità per cui l'ammasso roccioso profondo può essere classificato di qualità intermedia tra **“scadente”** e **“discreta”**.

N = $\Sigma n_i$	0-25	<b>25-50</b>	<b>50-70</b>	70-90	90-100
<b>CLASSE</b>	V	<b>IV</b>	<b>III</b>	II	I
QUALITÀ DELL'AMMASSO	molto scadente	<b>scadente</b>	<b>discreta</b>	buona	ottima
c (kg/cmq)	<1	<b>1-1.5</b>	<b>1.5-2.0</b>	2.0-3.0	>3.0
$\phi$	<30°	<b>30°-35°</b>	<b>35°-40°</b>	40°-45°	>45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTÀ DI SCAVO	nessuna difficoltà	<b>può essere cavato facilmente; frammentazione notevole</b>	<b>discreta difficoltà</b>	si cava con difficoltà; frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T L m	10min 0.5	<b>10min 0.5</b>	<b>10min 0.5</b>	10min 0.5	10min 0.5

**Sottounità B<sub>2</sub>: Substrato Roccioso “compatto” – Classificazione secondo Bieniawski - Qualità ammasso roccioso intermedia tra “scadente” e “discreta”**

Peso di volume naturale (da bibliografia)	( $\gamma_n$ )	=	2.4	t/mc
Angolo di attrito interno efficace (da Bieniawski)	( $\phi'$ )	=	35°	
Coesione efficace (da Bieniawski)	( $c'$ )	=	1.2	kg/cmq
Velocità onde di compressione (da indagine sismica con onde P in terreni simili)	( $V_p$ )	=	1340	m/sec
Velocità onde di taglio (da indagine sismica con onde SH)	( $V_s$ )	=	690	m/sec
Coefficiente di Poisson (correlazione con le onde sismiche)	( $\mu$ )	=	0.32	
Coefficiente di spinta passiva (correlazione con angolo d'attrito)	( $k_0$ )	=	0.43	
Modulo di taglio dinamico (da velocità onde SH e coefficiente di Poisson)	( $G$ )	=	11426	kg/cmq
Modulo di elasticità dinamico (da velocità onde P, SH e coefficiente di Poisson)	( $E_{din}$ )	=	30156	kg/cmq
Modulo di elasticità statico (formula di Heerden)	( $E_{stat}$ )	=	4200	kg/cmq

#### 4.9 Determinazione dei parametri caratteristici e di progetto

A partire dal 22/03/2018 sono entrate in vigore le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 che, in relazione ai parametri geotecnici, prescrivono di calcolare i valori caratteristici e di progetto partendo da quelli medi rilevati in situ:

$$\text{Valori medi (V}_m) \Rightarrow \text{Valori Caratteristici (V}_k) \Rightarrow \text{Valori di Progetto (V}_p).$$

Nelle **Istruzioni** per l'applicazione delle "Norme Tecniche", predisposte dal **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**, viene ricordato che il **Progettista**, nelle valutazioni che deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici dei singoli strati individuati, può fare riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni, una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

Pertanto, tenendo ferme le definizioni riportate, per modesti lavori va bene quanto suggerito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Di seguito i **valori caratteristici** di resistenza al taglio dei terreni di fondazione verranno presi **uguali a quelli medi** ricavati con l'elaborazione delle indagini geognostiche.

Dai valori caratteristici, utilizzando gli **stati limite GEO**, per ricavare i **valori di progetto**, è necessario dividerli per un **coefficiente riduttivo parziale  $\gamma_M$** , secondo quanto indicato nella Tabella 6.2. Il colonna M2 delle Norme Tecniche.

**Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	$\gamma_r$	1,0	1,0

**N.B.** Il **Progettista** potrà fare riferimento alla parametrizzazione che è stata condotta nel presente studio o, in alternativa, potrà utilizzare parametri ricavati da una propria elaborazione e trattamento statistico a partire dai valori misurati e/o derivati dall'esecuzione di ulteriori considerazioni ed indagini di approfondimento.

#### 4.10 Considerazioni in merito al Vincolo Idrogeologico

Come ricordato in precedenza l'area in oggetto **non ricade** all'interno di quelle soggette a Vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n.3264/1923.

Trovandosi però l'area parzialmente inserita all'interno di quelle boscate la stessa risulta quindi normata dal *DPGR 08-08-03 n.48R - Regolamento forestale della Toscana* che indica le procedure per gli interventi da effettuare su territori soggetti a vincolo idrogeologico.

In particolare il regolamento forestale disciplina la "*realizzazione di opere e i movimenti di terreno*" attraverso gli art. 39 - 42 - 73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78.

In particolare per l'intervento in progetto vale quanto indicato all'**Art.101** "*Opere, lavori e movimenti di terreno soggetti ad autorizzazione*":

**Art.1:**...le opere e i movimenti di terreno non connesse alla coltivazione dei terreni agrari e forestali....., sono soggette ad autorizzazione, ai sensi dell'Art.42, comma n.5, della Legge Forestale.

**Art.2:** Ai fini del rilascio dell'autorizzazione le valutazioni delle possibili alterazioni della stabilità dei terreni vincolati e della regimazione delle acque è effettuata sulla base:

- a) delle risultanze delle indagini geologiche e delle verifiche di stabilità definite dall'articolo 75, in rapporto alla tipologia, localizzazione, modalità e fasi esecutive delle opere;
- b) delle modalità per la realizzazione della successione temporale dei lavori;
- c) delle possibili interferenze con la circolazione idrica superficiale e profonda, come risultano dalle indagini geologiche di cui alla lettera a) ed evidenziate in apposita documentazione progettuale in cui siano rilevabili, in particolare, i livelli di falda in sovrapposizione alle opere in progetto, le opere per la regimazione e lo smaltimento delle acque superficiali;
- d) dell'assetto finale dei luoghi al termine dei lavori e delle eventuali opere di ripristino ambientale.

In particolare il regolamento forestale disciplina la "*realizzazione di opere e i movimenti di terreno*" attraverso gli art. 39 - 42 - 73 - 74 - 75 - 76 - 77 - 78.

#### **"Art. 73 - Ambito di applicazione delle norme tecniche generali**

*1. Le norme si applicano a tutti i lavori inerenti alla realizzazione di opere e movimenti di terreno, anche se non soggetti ad autorizzazione o dichiarazione, nei terreni vincolati a scopi idrogeologici, di cui agli articoli 37 e 38 della legge forestale.*

Per quanto concerne la regimazione delle acque questa è regolamentata dall'**Art.74**:

#### **"Art. 74 - Regimazione delle acque**

*1. Nei terreni vincolati è fatto obbligo di assicurare che il deflusso delle acque superficiali e sorgive avvenga senza determinare fenomeni di erosione o di ristagno. A tal fine, durante l'esecuzione di opere e movimenti di terreno di qualsiasi entità, devono essere osservate le seguenti norme:*

*a) tutte le acque provenienti da fabbricati, da altri manufatti e da aree non permeabili devono essere raccolte, canalizzate e smaltite attraverso le reti fognarie, ove esistenti, oppure attraverso gli impluvi naturali, senza determinare fenomeni di erosione dei terreni o di ristagno delle acque;*

*2. Nei terreni vincolati non devono essere creati ostacoli al normale deflusso delle acque meteoriche o sorgive e deve essere sempre assicurata la corretta regimazione delle acque, al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione nell'area oggetto dei lavori e nei terreni limitrofi.*

*3. Per i fini di cui al comma 2, durante le fasi di cantiere e in particolare ove siano previsti scavi, devono essere assicurati:*

*a) l'allontanamento delle acque provenienti dai terreni posti a monte o circostanti l'area dei lavori, mediante la preliminare realizzazione di appositi fossi o fossetti di guardia delimitanti l'area stessa ed in grado di convogliare le acque a valle secondo le linee naturali di sgrondo, senza determinare fenomeni di erosione o di ristagno;*

*b) la corretta regimazione delle acque superficiali nell'area oggetto dei lavori, realizzando le canalizzazioni ed i drenaggi necessari ad evitare fenomeni erosivi o di ristagno, specialmente nelle aree di scavo.*

Nel caso in oggetto non sono presenti nell'area sorgenti, né si prevede la necessità di eseguire emungimenti di acque di falda in quanto questa non è presente.

Nel corso dei lavori di realizzazione delle opere di progetto, i materiali saranno disposti in modo tale da non impedire il normale scorrimento di eventuali acque di precipitazione meteorica e da non determinare fenomeni di erosione e/o ristagno come prescritto nell'Articolo sopra riportato.

Nei terreni vincolati in merito alle indagini geologiche l'**Art. 75** riporta quanto segue:

**“Art. 75 - Indagini geologiche**

1. *La realizzazione di opere, l'esecuzione di scavi finalizzati alla modificazione dell'assetto morfologico dei terreni vincolati, con o senza la realizzazione di opere costruttive, nonché l'esecuzione di riporti di terreno devono essere precedute da indagini geologiche atte a verificare la compatibilità degli stessi con la stabilità dei terreni.*
  2. *I sondaggi e le altre prove necessarie alle indagini geologiche di cui al comma 1 sono eseguibili senza autorizzazione o dichiarazione purché comportino limitati movimenti di terreno senza la realizzazione di nuova viabilità di accesso o l'estirpazione di piante o ceppaie forestali*
  3. *In particolare deve essere preliminarmente valutata la stabilità dei fronti di scavo o di riporto a breve termine, in assenza di opere di contenimento, determinando le modalità di scavo e le eventuali opere provvisorie necessarie a garantire la stabilità dei terreni durante l'esecuzione dei lavori.*
  4. *Nei terreni posti su pendio, od in prossimità a pendii, oltre alla stabilità localizzata dei fronti di scavo deve essere verificata la stabilità del pendio nelle condizioni attuali, durante le fasi di cantiere e nell'assetto definitivo di progetto, considerando a tal fine le sezioni e le ipotesi più sfavorevoli, nonché i sovraccarichi determinati dalle opere da realizzare.*
  5. *Le indagini geologiche devono inoltre prendere in esame la circolazione idrica superficiale, ipodermica e profonda, verificando eventuali interferenze degli scavi e delle opere in progetto nonché la conseguente compatibilità degli stessi con la suddetta circolazione idrica.*
  6. *Le indagini, le valutazioni e le verifiche di cui al presente articolo devono estendersi ad un intorno significativo all'area oggetto dei lavori, evidenziando le eventuali azioni degli scavi, dei riporti e delle opere in progetto su manufatti, quali costruzioni, strade ed altre infrastrutture, su sorgenti e su altre emergenze significative ai fini idrogeologici, quali aree di frana o di erosione, alvei od impluvi.*
  7. *Le indagini, le valutazioni e le verifiche di cui al presente articolo devono essere oggetto di una relazione geologica e geotecnica, da porre a corredo e costituente parte integrante della progettazione delle opere, in cui devono essere esposti i risultati delle indagini compiute, i parametri adottati, i metodi, i calcoli ed i coefficienti determinati relativamente alla stabilità dei pendii.*
- ....
10. *Durante l'esecuzione dei lavori deve essere accertata in loco la rispondenza delle indagini geologiche e delle previsioni di progetto con lo stato effettivo dei terreni, ed adottato di conseguenza ogni ulteriore accorgimento necessario ad assicurare la stabilità dei terreni stessi e la regimazione delle acque.*

L'area è stata caratterizzata dal punto di vista geognostico attraverso una specifica campagna di indagine, commisurata con la natura dell'intervento di progetto.

In merito alle acque sotterranee fino alle profondità di scavo previste in progetto non è stato individuato alcun livello di falda all'interno delle coperture; le opere di progetto non andranno ad interferire con l'idrologia generale dell'area e non modificheranno in alcun modo la circolazione idrica sotterranea.

In ottemperanza a quanto prescritto in merito ai fronti di scavo (**Art.75 comma 3**) e ai terreni posti su pendio (**comma 4**), dovranno essere realizzate sezioni tipo di scavo in grado di assicurare la stabilità delle pareti.

In merito alle verifiche di stabilità globale queste sono state eseguite sia nelle condizioni di stato attuale che nelle condizioni di progetto.

Quanto in oggetto della presente non andrà a generare fenomeni di ristagno e migliorerà il normale deflusso delle acque di ruscellamento superficiale rispetto all'attuale esistente.

Gli scavi ed i riporti di terreno sono regolamentati dall'**Art. 76**:

**“Art. 76 - Scavi e riporti di terreno**

1. Durante la realizzazione di lavori ed opere che comportino scavi o riporti di terreno non devono essere create condizioni di rischio per il verificarsi di smottamenti, franamenti od altri movimenti gravitativi.

2. Per i fini di cui al comma 1, fatto salvo che le indagini geologiche escludano specifici rischi o che si sia proceduto alla realizzazione di idonee opere di preventivo consolidamento dei terreni, gli scavi devono essere eseguiti in stagioni a minimo rischio di piogge e procedendo per stadi di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi o il consolidamento dei fronti con opere provvisorie o definitive di contenimento. Se sussistono particolari condizioni di rischio per la stabilità a breve termine, gli sbancamenti devono procedere per piccoli settori ed essere seguiti dall'immediata realizzazione delle opere di contenimento. Si può procedere ad ulteriori scavi solo dopo che queste ultime diano garanzia di stabilità.

3. I riporti di terreno devono essere eseguiti in strati, assicurando il graduale compattamento dei materiali terrosi, dai quali devono essere separate le frazioni litoidi di maggiori dimensioni. Nelle aree di riporto devono essere sempre garantite le opere necessarie alla regimazione delle acque ed alla difesa da fenomeni erosivi. Se è prevista la realizzazione di opere di contenimento, le stesse devono essere realizzate prima dell'inizio dei riporti.

In merito alle opere di scavo queste, pur essendo linearmente importanti, saranno di modesta entità in altezza e verranno eseguite per tratte ed in periodi poco piovosi avendo cura di sospendere i lavori in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi.

Le scarpate degli scavi dovranno avere un'inclinazione non superiore a 70-75°.

Nella fase di reinterro il materiale sarà disposto a strati assicurandone il graduale compattamento.

L'eccedente sarà invece portato in discarica.

In merito ai materiali di risulta delle opere di scavo l'**Art. 77** prescrive quanto segue:

**“Art. 77 - Materiali di risulta**

1. La terra di risulta da scavi o movimenti di terreno in genere, attuati per opere di modesta entità, può essere conguagliata in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori, al di fuori di corsi d'acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.

2. La terra derivante da scavi di sbancamento operati per costruzioni o derivante da altre opere da cui risultino apprezzabili quantità di materiale terroso, può essere riutilizzata in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori, in conformità e nei limiti delle previsioni di progetto.

3. I materiali lapidei di maggiori dimensioni devono essere separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento di questi ultimi. I materiali lapidei possono essere reimpiagati in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori purché gli stessi siano depositati in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali. (...).

5. Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi devono essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Detti depositi non devono essere collocati all'interno di impluvi, fossi o altre linee di sgrondo naturali o artificiali delle acque e mantenuti a congrua distanza da corsi d'acqua permanenti. E' fatto divieto di scaricare materiale terroso all'interno o sulle sponde di corsi d'acqua anche a carattere stagionale.”

Nel caso in oggetto la maggior parte dei materiali escavati verranno portati a discarica.

Durante le fasi dei lavori i materiali escavati verranno posizionati lateralmente alle aree interessate dagli scavi, a distanza di sicurezza dalle pareti al fine di non generare sovraccarichi, e comunque a congrua distanza da qualsiasi impluvio o linee di sgrondo naturali o artificiali.

#### 4.11 – Gestione delle terre e rocce da scavo

Le terre e rocce da scavo saranno trattate in ottemperanza alle disposizioni introdotte dal DPR n.120/2017 (*“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”*).

In merito alla **Disciplina Semplificata** della Gestione delle terre e Rocce da Scavo **utilizzate nel sito di produzione**, nel caso in cui le analisi che verranno eseguite confermino la possibilità del loro utilizzo, le terre saranno **in parte riutilizzate** per rinterri, riempimenti e rimodellazioni nel modo più corretto, onde evitare il rimiscolamento dello strato superficiale con gli orizzonti più profondi.

La localizzazione del deposito provvisorio del materiale di scavo, da posare nelle vicinanze delle aree di scavo stesse, rappresenta la migliore garanzia della certezza del riutilizzo.

Al fine di garantire un elevato livello di tutela ambientale durante la realizzazione dell'opera, ed in particolare durante tutte le fasi di movimentazione delle terre e rocce da scavo, non saranno utilizzati prodotti inquinanti che possano modificarne le caratteristiche chimico-fisiche né le stesse saranno oggetto di preventivi trattamenti o trasformazioni prima del riutilizzo.

Per ciò che concerne la gestione delle “terre e rocce da scavo”, sulla base di quanto contenuto nel D.P.R. n. 120 del 13.06.2017 se il materiale estratto per la realizzazione dell'intervento dovesse essere in parte riutilizzato come sottoprodotto all'interno del sito di cantiere per rinterri, riempimenti e rimodellazioni, sarà necessario operare secondo quanto prescritto dall'art. 184-bis del D.L.G.S. 152/06.

A tale proposito, si ricorda che:

- il sito di intervento non è, né è mai stato, utilizzato per attività potenzialmente in grado di indurre contaminazioni nel terreno;
- non sono stati riferiti nello storico del lotto eventi di interrimento di manufatti potenzialmente inquinanti.

Ad ogni modo sarà cura del produttore di tali materiali di scavo fornire idonea dimostrazione che il materiale si trova allo stato naturale non contaminato, secondo quanto previsto dall'Art. 21 del D.P.R. 120/17.

Lo stesso dovrà predisporre idonea attestazione attraverso una dichiarazione (Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi del D.P.R. 445/2000).

## 5 – RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA

### 5.1 Pericolosità sismica di base

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, approvato con Del. GRT n°878 del 08/10/2012, ha inserito il Comune di Villafranca in Lunigiana in **Zona Sismica 2**; per questa classe viene considerata un'accelerazione convenzionale massima compresa tra  $0.15g < a_{max} < 0.25g$ .

Con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, pubblicato sulla GU n.29 del 04/02/2008, sono state approvate le "Norme tecniche per le costruzioni" che recepiscono ed integrano le indicazioni contenute nell'O.P.C.M. n.3274 modificando l'approccio alla classificazione sismica del territorio.

La valutazione della "pericolosità sismica di base", intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido con superficie topografica orizzontale (suolo di categoria A con  $V_{s30} > 800m/sec$ ), viene adesso definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente" così come adottato dalle precedenti normative.

Per il generico sito in esame la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene infatti effettuata utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella Tabella 1 dell'Allegato B del D.M.).

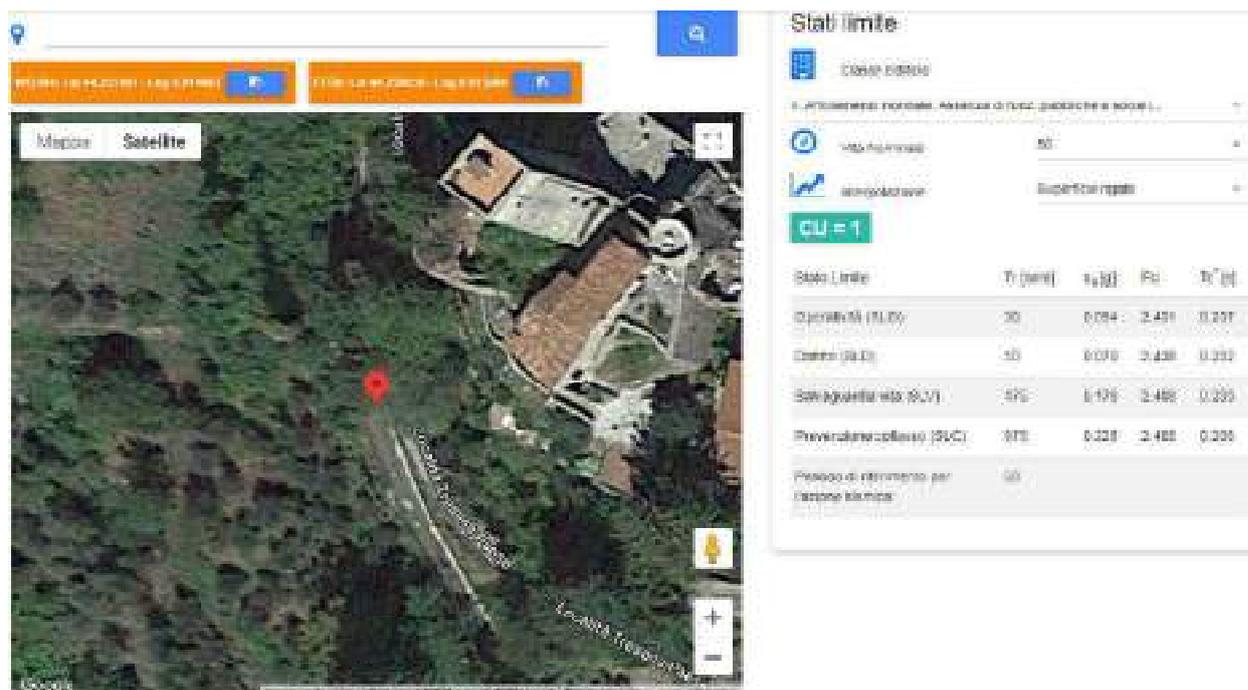
Le forme spettrali sono definite in funzione dei seguenti tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito
- $F_o$  = 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

Al fine di ricavare, in riferimento al sito in esame, i valori dei parametri ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  etc.) necessari per la definizione degli spettri di risposta elastici, ai sensi delle NTC 18, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (cat. sottosuolo A) state ricavate le coordinate dell'area d'intervento utilizzando l'applicazione di Geostru.

Sono quindi stati ricavati i seguenti dati:

- **Coordinate del sito di intervento:** Latitudine 44,315256; Longitudine 9,979006 (coordinate geografiche sistema WGS84 – gradi sessadecimali); Latitudine 44,316212 Longitudine 9,980027 (coordinate geografiche sistema ED50 – gradi sessadecimali).



Utilizzando i valori sopra riportati si ricava lo **spettro di risposta elastico in accelerazione** valido per il sito in oggetto su suolo rigido (suolo di categoria A con  $V_{s30} > 800m/sec$ ).

## 5.2 Categorie di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato

*Dato che le condizioni del sito di riferimento non corrispondono a quelle presenti nell'area, è necessario, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche e topografiche dell'area in oggetto, in quanto entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa sul suolo rigido di riferimento, con superficie orizzontale.*

*Tali modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.*

Si definisce “**RISPOSTA SISMICA LOCALE**” l'**azione sismica** che **emerge** in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido al sito.

Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- **EFFETTI STRATIGRAFICI**, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra strati di terreno;
- **EFFETTI TOPOGRAFICI**, legati alla configurazione topografica del piano campagna.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della **risposta sismica locale** si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3.

*In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle **categorie di sottosuolo** definite nella seguente **Tab.3.2.II**, si può fare riferimento ad un **approccio semplificato** che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ .*

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  **$V_{s,eq}$**  definita mediante la **MEDIA ARMONICA** [3.2.1] delle NTC ([C.3.2.4]).

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad (\text{m/sec})$$

dove:

$h_i$  = spessore dell'iesimo strato

$V_{s,i}$  = velocità dell'iesimo 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 800m/sec.

La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente di spessore pari ad  $H$ .

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 nell'equazione [3.2.1] - [C.3.2.4] e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Derivando da una media armonica, la velocità equivalente assume valori differenti da quelli ottenuti dalla media aritmetica delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore.

Lo scopo della definizione adottata è quello di **privilegiare il contributo degli strati più deformabili**.

Le Norme Tecniche 2018 prevedono le seguenti categorie di sottosuolo di riferimento:

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 metri
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 e 800m/sec, (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 e 360m/sec, (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180m/sec, (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
<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 30m

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC, 2018)**

Come ricordato in precedenza per la valutazione della categoria di sottosuolo verranno utilizzati i risultati del profilo di sismica a rifrazione appositamente realizzato e della prova sismica tipo **MASW** eseguita in precedenza nel terreno limitrofo.

### 5.3 Valutazione della categoria di sottosuolo per l'utilizzo dell'approccio semplificato

Utilizzando i risultati dei profili di sismica a rifrazione con onde SH eseguiti è stato possibile ricostruire la seguente situazione sismostratigrafica cautelativa:

- 1) nei primi 4.0m circa di profondità è presente un deposito detritico di versante superficiale areato e rimaneggiato, caratterizzato da una velocità delle onde SH di circa **150m/sec**;
- 2) a questo segue uno strato dello spessore di circa 7.0m costituito da detrito di copertura più consistente e/o substrato roccioso altamente fratturato e degradato caratterizzato da una velocità delle onde SH di circa **300m/sec**;
- 3) quindi è presente il substrato roccioso più compatto costituito dalla formazione del "Complesso di Casanova" caratterizzato da una velocità delle onde SH di **690m/sec**.

Non essendo presente un substrato sismico utilizzando la relazione suddetta, partendo dalla quota del piano campagna, è stata calcolata, nei trenta metri sottostanti, una velocità equivalente delle onde SH pari a circa **387.6m/sec**.

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{4.0}{150} + \frac{7.0}{300} + \frac{19.0}{690}} = \frac{30}{0.0266 + 0.0233 + 0.0275} = \frac{30}{0.0774} = 387.6 \text{ m/sec}$$

La velocità equivalente delle coperture rientra tra quelle tipiche della **categoria di sottosuolo B**.

**Categoria di sottosuolo 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 e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 e 800m/sec".

## 5.4 Condizioni topografiche per l'utilizzo dell'approccio semplificato

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la classificazione riportata nella **Tab. 3.2.III** delle **NTC2018** che individua le seguenti 4 categorie topografiche.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.II – Categorie topografiche che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC, 2018)

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30m.

In caso di siti di costruzione aventi altezza inferiore a 30 metri, gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati.

Tali effetti possono essere inoltre trascurati per pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a  $15^\circ$ .

## 5.5 Risposta sismica locale mediante approccio semplificato

Nello spettro di risposta di progetto le caratteristiche di sito sono introdotte tramite un coefficiente  $S$  che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_s \times S_T$$

dove  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica.

Il coefficiente  $S_s$  si può ricavare dalla seguente tabella che lo lega alla categoria di sottosuolo di riferimento.

Categoria di sottosuolo	$S_s$
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - (0,40 \times F_0 \times a_g/g) \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - (0,60 \times F_0 \times a_g/g) \leq 1,50$
D	$0,9 \leq 2,40 - (1,50 \times F_0 \times a_g/g) \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - (1,10 \times F_0 \times a_g/g) \leq 1,60$

Tabella 3.2.IV, modificata, delle NTC 2018

Considerando un tempo di ritorno di 475 anni si ricava un valore di  $S_s$  pari a **1.465**.

Per **amplificazione topografica** si intendono quei fenomeni di focalizzazione o defocalizzazione delle traiettorie di propagazione delle onde sismiche che avvengono in configurazioni geomorfologiche con rilievi, creste e avvallamenti.

La Circolare NTC2018, al punto **C.3.2.2**, riporta che *“la modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza”*.

Per tenere conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella **Tab.3.2.V** in funzione delle 4 categorie topografiche definite in precedenza e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 3.2.V delle NTC 2018

I valori riportati nella tabella sono quelli **massimi** nel senso che si riferiscono a opere o interventi ubicati in corrispondenza della sommità del pendio o cresta del rilievo, poiché, come specificato nelle NTC2018 (**punto 3.2.3.1**) "la **variazione spaziale** del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un **decremento lineare** con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella tabella precedente, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario".

Nel caso in oggetto ci troviamo lungo un **rilievo** di inclinazione compresa tra 15° e 30° per cui si ricade all'interno della categoria topografica **T3**.

Cautelativamente, non essendo molto distanti dalla cresta del rilievo, si può assumere come coefficiente topografico  $S_T = 1.2$ .

## 5.6 Valutazione dell'azione sismica

In riferimento ai quattro stati limite per l'azione sismica (SLO, SLD, SLV, SLC) e alla relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , si ricava il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma, utilizzando la seguente relazione:

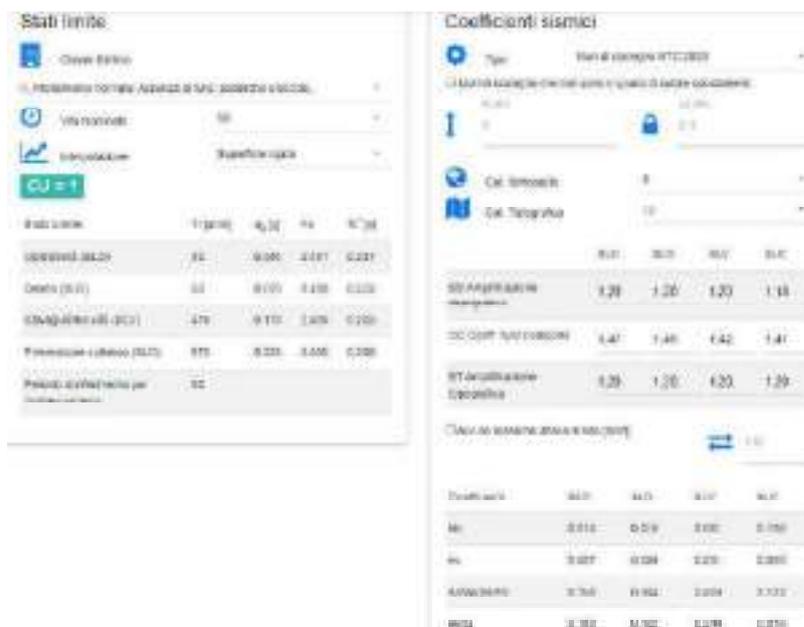
$$T_R = \frac{-V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Stati Limite		Valori di $P_{VR}$	Valori di $T_R$
		( $C_U=1.0$ )	corrispondenti
SLE	SLO	81.00%	$0.60 \times V_R$
	SLD	63.00%	$V_R$
SLU	SLV	10.00%	$9.50 \times V_R$
	SLC	5.00%	$19.50 \times V_R$

Tabella .n.5

Sulla base del **periodo di ritorno**  $T_R$  calcolato per lo stato limite d'interesse, si può ricavare il coefficiente  $S$ , utilizzando i parametri  $a_g/g$  e  $F_0$  riportati in **Tabella 1**.

Di seguito si riportano i parametri sismici per l'area in oggetto ricavati utilizzando il software GEOSTRU considerando una classe d'uso II, una categoria di sottosuolo **B** ed una categoria topografica **T3**.



Nel sito in oggetto nel caso dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV), l'accelerazione massima prevista con un  $T_R$  pari a 475 anni sarà:

$$a_{max} = a_g \times S_s \times S_t = (0.178 \times 9.81) \times 1.2 \times 1.2 = \mathbf{2.509 m/s^2}$$

Sarà comunque cura del **Progettista Strutturale** valutare, in riferimento ai quattro stati limite per l'azione sismica (SLO, SLD, SLV, SLC) e alla relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , il relativo periodo di ritorno  $T_R$  del sisma e di conseguenza le azioni sismiche di progetto.

## 5.7 Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Nel § 7.11.3.5.2 delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17/01/2018) vengono definite le modalità di esecuzione delle analisi di stabilità dei pendii, in condizioni sismiche, con metodi pseudostatici.

In questi metodi 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; tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \qquad F_v = k_v \times W$$

dove:

- $k_h$  = coefficiente sismico orizzontale
- $k_v$  = coefficiente sismico verticale

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

dove:

- $\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
- $a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito
- $g$  = accelerazione di gravità

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

Nel caso in esame, considerando che  $a_g(g)$  è compresa fra 0.1 e 0.2, essendo la categoria di sottosuolo la **B**, dalla seguente tabella

	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	<b>0.24</b>
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

si ricava che  $\beta_s = 0.24$ .

Nell'area in oggetto il coefficiente sismico orizzontale vale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.24 \times S_s \times S_T \times a_g = 0.24 \times 1.2 \times 1.2 \times 0.178 = 0.061$$

Nelle verifiche di stabilità può essere utilizzato quale coefficiente sismico orizzontale  $k_h=0.061$  e verticale  $k_v=0.030$ .

Nei metodi pseudostatici generalmente si trascura la componente verticale dell'accelerazione sismica, in quanto di modesta entità e perché il suo effetto può essere anche nullo, considerato il fatto che nel corso di un evento sismico si hanno diversi picchi di segno opposto.

## 5.8 Considerazioni sulla stima del potenziale di liquefazione

**Definizione:** “Con il termine **“liquefazione”** si indicano vari fenomeni fisici (liquefazione in campo libero, mobilità ciclica, fluidificazione), osservati nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi durante i terremoti forti ( $M_w \geq 5$ ), che hanno come elemento comune, per effetto dell’instaurarsi di condizioni non drenate, un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali che può provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno”.

I fenomeni di liquefazione interessano prevalentemente i depositi sabbiosi saturi e dipendono principalmente dalle proprietà geotecniche dei terreni, dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche, dalla loro durata e dalla genesi e storia geologica dei litotipi.

Durante un sisma vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Al Capitolo **7.11.3.4.1** le NTC 2018 richiedono una verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni del sito sul quale insiste il manufatto; se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità dei manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati non suscettibili di liquefazione.

Al capitolo **7.11.3.4.2**, le stesse norme consentono di omettere la verifica a liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0.1g$ ;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  o  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100KPa e  $qc_{1N}$  è il valore delle resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100KPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella **Fig. n.7.11.1(a)** nel caso di terreni con coeff. di uniformità  $U_c < 3.5$  e nella **Fig. n.7.11.1(b)** nel caso di terreni con coeff. di uniformità  $U_c > 3.5$ .

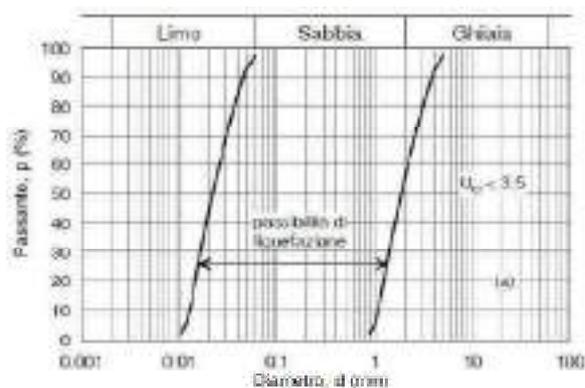


Fig. n.7.11.1.(a) NTC 2008

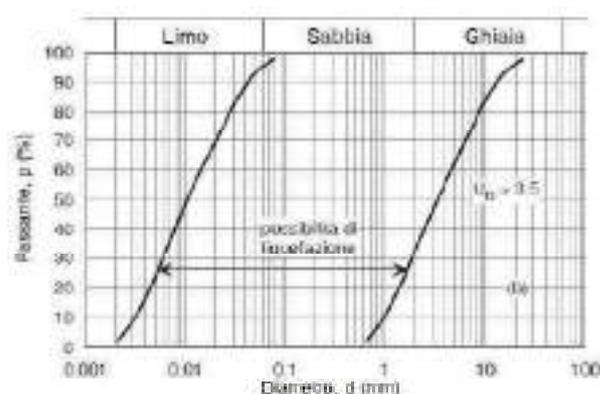


Fig. n.7.11.1.(b) NTC 2008

Nel caso in oggetto, ai sensi del capitolo **7.11.3.4.2** delle **NTC**, vista la natura dei terreni di fondazione si può omettere la verifica di suscettibilità a liquefazione.

## 6 – VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE

### 6.1 Normativa di riferimento

Il tema della **Stabilità dei Pendii naturali** viene trattato dalle NTC2018 al § 6.3 e più in dettaglio nella Circolare Applicativa del 21 Gennaio 2019 n.7.

Nelle NTC e nella Circolare Applicativa in merito ai **pendii naturali** viene indicato quanto segue:

#### 6.3.4. VERIFICHE DI SICUREZZA

*“Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto del tipo di frana e dei possibili cinematismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi e il regime delle pressioni interstiziali.*

*Nel caso di pendii in frana le verifiche di sicurezza devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini.*

*Negli altri casi, **la verifica di sicurezza deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili**, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.*

*Quando sussistano condizioni tali da non consentire una agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le **condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere**.*

*La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ( $\tau$ ) e la tensione di taglio agente ( $\tau$ ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro **valore caratteristico**.”*

*Nelle verifiche di sicurezza è necessario inoltre **adottare valori cautelativi delle pressioni interstiziali**.*

*Le verifiche **devono essere eseguite anche per le combinazioni sismiche** previste dalle NTC, secondo quanto disposto nel § 7.11 delle NTC stesse.*

Nel caso in oggetto, vista la presenza di numerose opere antropiche le **verifiche di sicurezza** verranno eseguite con riferimento alle condizioni di **STABILITA' GLOBALE DEL PENDIO**, così come indicato nelle NTC2018, adottando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2).

## 6.2 Condizioni di saturazione adottate

Le condizioni di saturazione adottate per gli strati superficiali del terreno sono state definite sulla base delle seguenti considerazioni:

- dalle indagini eseguite in sito **non è stata riscontrata** la presenza di acqua all'interno dei terreni di copertura;
- sono presenti terreni di copertura costituiti da limi argillosi e sabbiosi con inclusi clasti provenienti dal disfacimento del substrato roccioso sottostante;
- il substrato roccioso, costituito dalla formazione delle "**Brecce di Casanova**" risulta essere poco permeabile per fratturazione; al suo interno è da escludere la possibilità che si possa realizzare una circolazione idrica dispersiva significativa, ovvero che si possa creare un livello saturo continuo verticalmente e lateralmente, ma piuttosto prevedere la possibilità che isolate fratture, dotate di maggiore conducibilità idraulica, possano essere accompagnate da modesti e discontinui flussi idrici di acque di percolazione;
- a valle dell'area in oggetto si riscontra un'elevata inclinazione del pendio e della superficie di contatto tra terreni di copertura e substrato roccioso che determina sia un predominante ruscellamento superficiale sia un relativamente rapido deflusso sub-superficiale verso valle delle acque di infiltrazione. Queste condizioni contrastano l'eventuale formazione e risalita a partire dal contatto con il substrato roccioso di una falda acquifera temporanea;

Al fine di operare in modo da tenere conto delle **situazioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere**, così come richiesto dalla normativa, nelle verifiche di stabilità si è supposto che a seguito di eventi meteorici importanti i terreni detritici presenti al di sopra del substrato roccioso possano imbibirsi di acqua fino a raggiungere il **peso di volume saturo**.

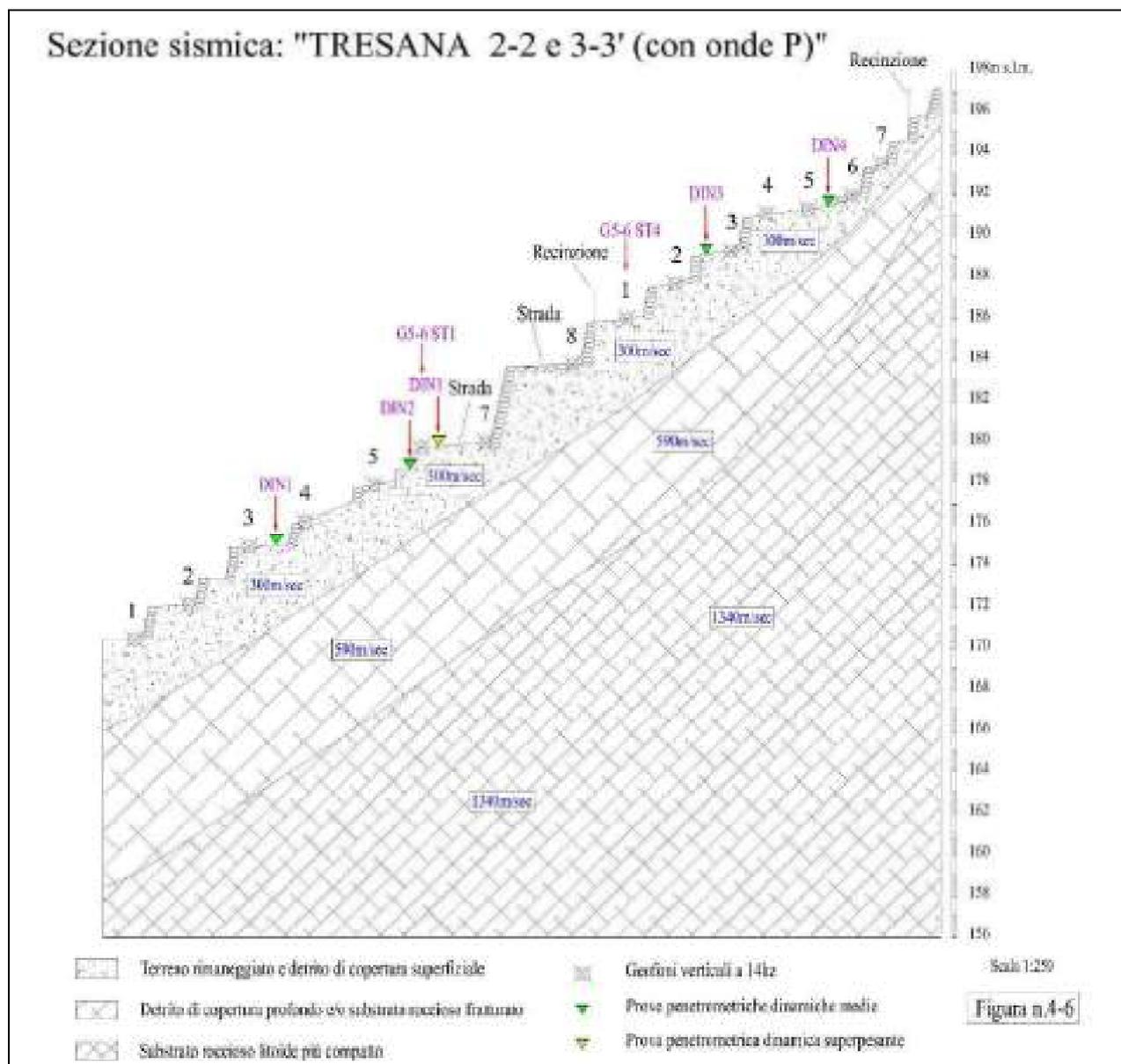
Le prime verifiche realizzate sono state fatte in questo modo.

Successivamente, a maggior cautela, sono state eseguite delle verifiche anche inserendo all'interno dei terreni di copertura una **falda idrica temporanea** che giunge a breve distanza dalla superficie topografica.

Considerata l'elevata inclinazione del versante a valle e della superficie di contatto tra la copertura detritica ed il substrato roccioso, che favorisce il deflusso delle acque sotterranee, **è invece possibile escludere che la falda idrica possa giungere fino al piano campagna**.

Lungo la sezione di analisi sono stati considerati gli effetti del **CARICO** dovuto al transito delle autovetture lungo le due viabilità comunali, valutato cautelativamente in **0.2kg/cmq**.

Per le verifiche è stata utilizzata la Sezione ricostruita tramite l'unione dei profili sismici TRESANA 2-2' e TRESANA 3-3" riportata nella **Fig. n.27**.



**Fig. n.27** – Estratto della Sezione utilizzata per le verifiche di stabilità globali del versante allo Stato Attuale derivata dall'unione tra le due sezioni sismiche trasversali disposte lungo la linea di massima pendenza del versante.

### 6.3 Verifica di sicurezza allo **stato attuale** in condizioni statiche adottando l'**Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)**

Seguendo quanto indicato nelle NTC2018 e nella relativa Circolare esplicativa la verifica di stabilità globale è stata eseguita adottando l'**Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)** tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nella **Tabella 6.2.1** per le "**Azioni**", nella **Tabella 6.2.2**, per i "**Parametri geotecnici del terreno**" e nella **Tabella 6.8.1** per le "**Resistenze globali**"  $\gamma_R$ ,  $R2=1,1$ .

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_Q$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_k$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_k^{im}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q_k$	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

\* Per i carichi permanenti  $G_k$  si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.1. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti  $\gamma_{G1}$ .

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coestione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uh}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tab. 6.8.I - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

COEFFICIENTE	R2
$\gamma_R$	1,1

Tutti i calcoli sono stati svolti allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (**SLV**).

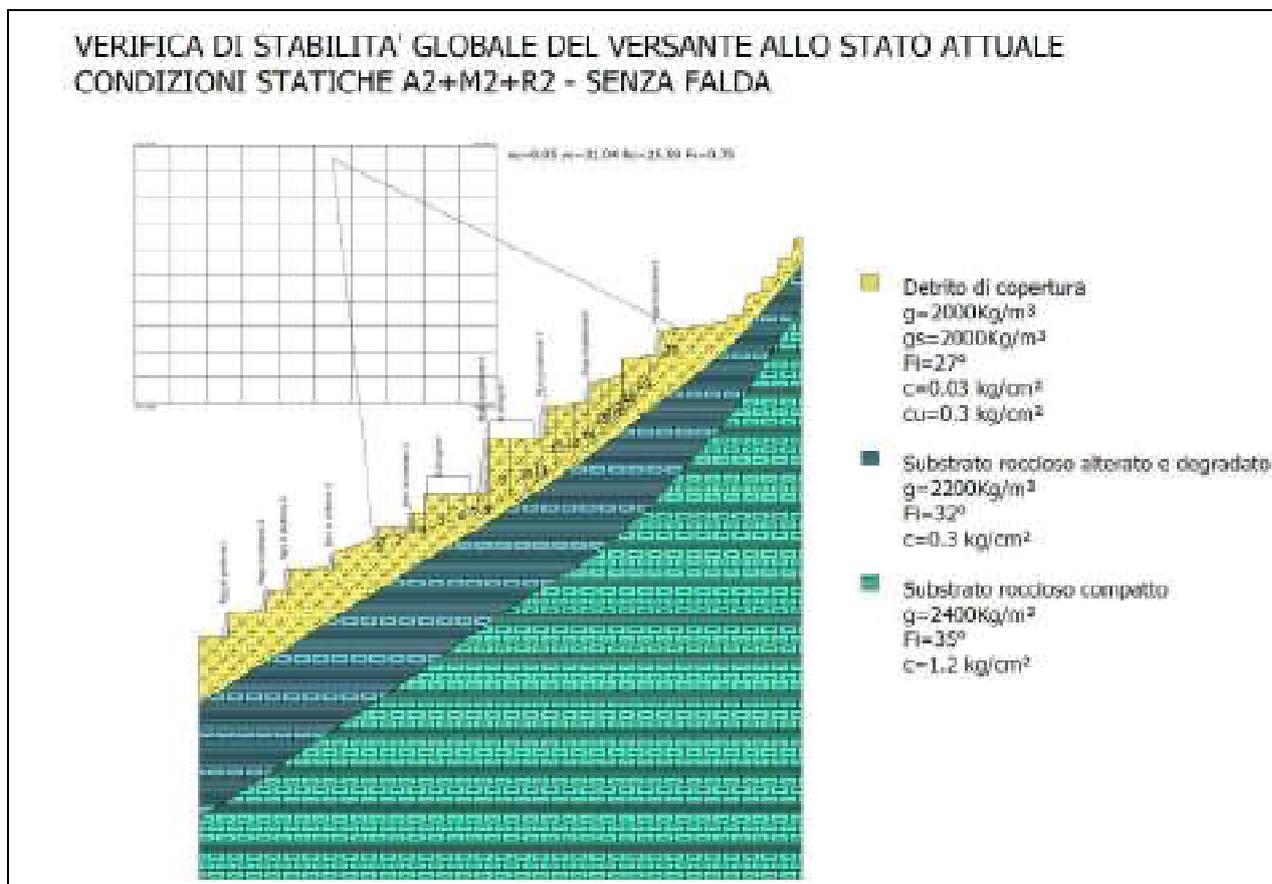
Per i calcoli è stato impiegato il software **SLOPE** della SoftwareHouse **GeoStru** che utilizza un approccio basato sul Metodo dell'Equilibrio Limite (LEM).

Tra i vari metodi dell'equilibrio limite dei concetti è stato scelto quello di **Morgenstern e Price (1965)**, considerando gli orizzonti geotecnici come mezzi continui, omogenei ed equivalenti.

1) Verifica di stabilità globale del pendio allo stato attuale

in condizioni statiche senza presenza di falda adottando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Nel grafico presentato (vedi **Fig. n.28**) viene riportata la verifica eseguita ed il cerchio caratterizzato dal minore fattore di sicurezza che risulta pari a **0.75**; come si nota il cerchio interessa entrambe le viabilità comunali così come evidenziato dai sopralluoghi eseguiti.

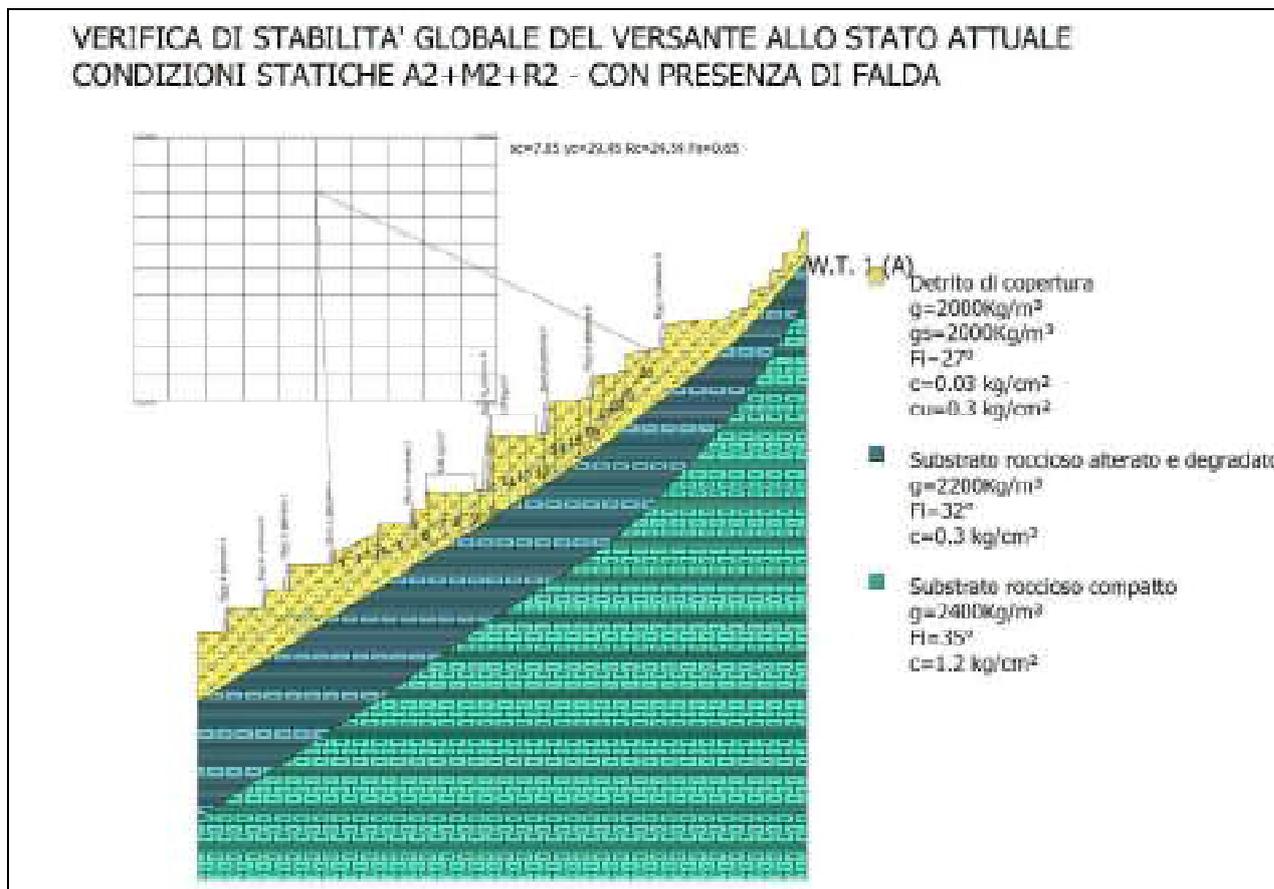


**Fig. n.28** – Cerchio caratterizzato dal **Fattore di sicurezza minimo** in condizioni statiche senza presenza di falda.

2) Verifica di stabilità globale del pendio allo stato attuale

in condizioni statiche con presenza di falda adottando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Inserendo la falda all'interno della copertura detritica superficiale il coefficiente di sicurezza minimo si riduce a **0.65** (vedi Fig. n.29); anche in questo caso il cerchio interessa entrambe le viabilità comunali così come evidenziato dai sopralluoghi eseguiti.



**Fig. n.29** – Cerchio caratterizzato dal **Fattore di sicurezza minimo** in condizioni statiche con presenza cautelativa di falda.

## 6.4 Verifica di sicurezza allo **stato attuale** in condizioni sismiche adottando l'**Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)**

Nel § 7.11.1 delle NTC2018 viene riportato quanto segue:

*“Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a **1 i coefficienti parziali sulle azioni** e sui **parametri geotecnici** e impiegando le resistenze di progetto, con i **coefficienti parziali  $\gamma_R$**  indicati nel presente Capitolo 7, oppure con i  **$\gamma_R$**  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato”.*

Nel § 7.11.3.5 delle NTC2018, inerente la “**Stabilità dei pendii**”, non vengono indicati coefficienti parziali  $\gamma_R$  per cui sembrerebbe logico dedurre di dover utilizzare un valore  $\gamma_R = 1,1$ .

Nel § 7.11.4 delle NTC2018, inerente i “**Fronti di scavo e rilevati**”, viene indicato quanto segue:

*“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.”*

Nel § 7.11.6 delle NTC2018, inerente le “**Opere di sostegno**” al § 7.11.6.2 relativo ai “**Muri di sostegno**”, viene indicato quanto segue:

*“Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali  **$\gamma_R$**  indicati nella tabella 7.11.III.”*

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

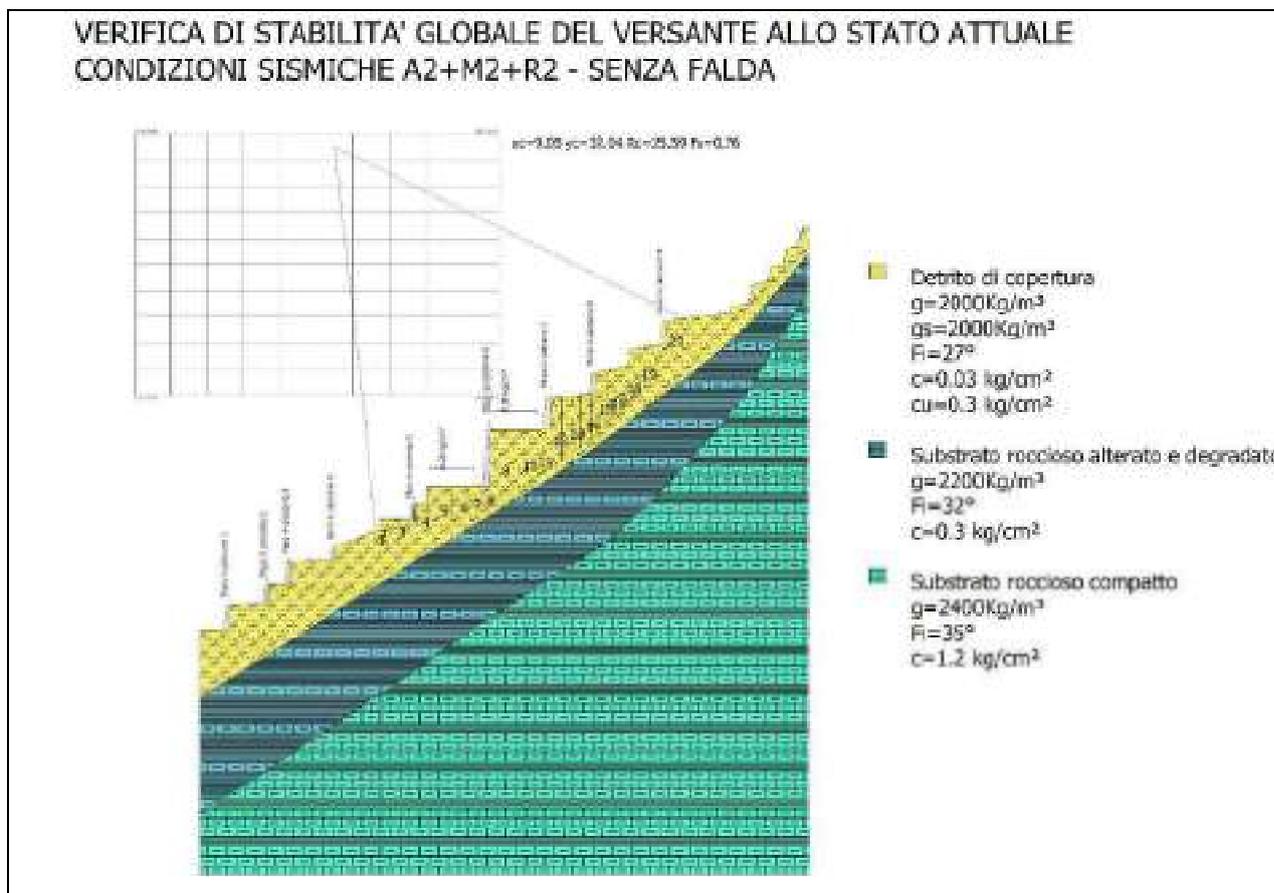
Verifica	Coefficiente parziale $\gamma_R$
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Riassumendo, per il versante in oggetto la verifica di stabilità globale verrà di seguito effettuata adottando l'**Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)** ponendo pari a **1 i coefficienti parziali sulle azioni (A2=1)** e sui **parametri geotecnici (M2=1)** mentre per le resistenze di progetto, in accordo con la Tab.7.11.III sopra riportata, verrà utilizzato un **coefficiente parziale  $\gamma_R = 1.2$  (R2=1,2)**.

3) Verifica di stabilità globale del pendio allo stato attuale

in condizioni sismiche senza falda adottando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

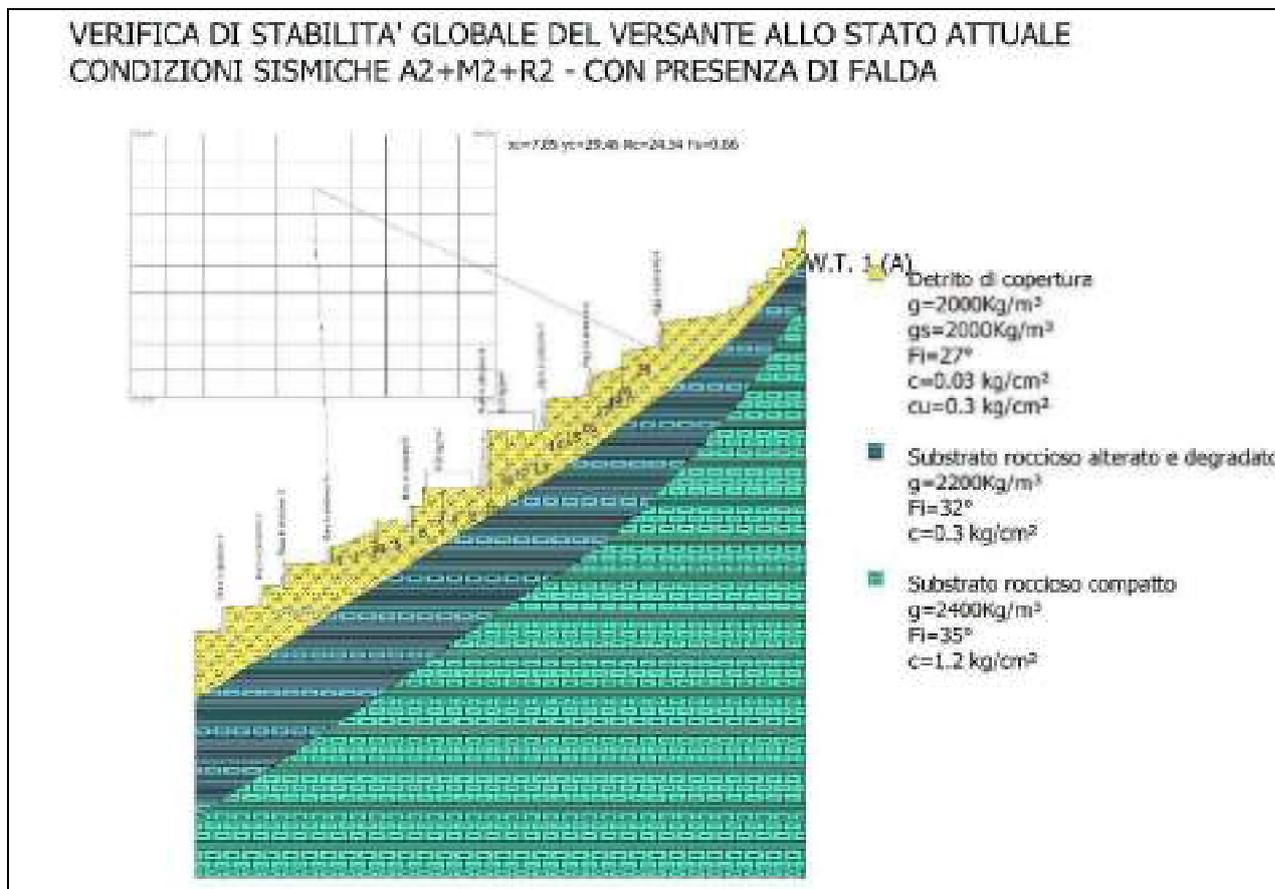
Nel grafico presentato (vedi **Fig. n.30**) viene riportata la verifica eseguita ed il cerchio caratterizzato dal minore fattore di sicurezza che risulta pari a **0.76**; come si nota il cerchio interessa entrambe le viabilità comunali così come evidenziato dai sopralluoghi eseguiti.



**Fig. n.30** – Cerchio caratterizzato dal **Fattore di sicurezza minimo** in condizioni sismiche senza presenza di falda.

4) Verifica di stabilità globale del pendio allo stato attualein condizioni sismiche con presenza di falda adottando l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2)

Inserendo la falda all'interno della copertura detritica superficiale il coefficiente di sicurezza minimo si riduce a **0.66** (vedi Fig. n.31); anche in questo caso il cerchio interessa entrambe le viabilità comunali così come evidenziato dai sopralluoghi eseguiti.



**Fig. n.31** – Cerchio caratterizzato dal **Fattore di sicurezza minimo** in condizioni sismiche con presenza cautelativa di falda.

**N.B.** Si rimandano al *Progettista Strutturale* le verifiche dello Stato di Progetto in funzione dell'opera di contenimento prescelta.

## 7 – IDROGRAFIA SUPERFICIALE E REGIMAZIONE DELLE ACQUE

L'area in oggetto ricade all'interno di quelle sottoposte a Vincolo Idrogeologico per cui la regimazione delle acque deve rispettare le direttive imposte dal **Regolamento Forestale della Toscana** che, all'**Art. 74** riporta quanto segue:

*"Nei terreni vincolati è fatto obbligo di assicurare che il deflusso delle acque superficiali avvenga senza determinare fenomeni di erosione e ristagno nell'area in oggetto e nei terreni limitrofi.*

*A questo fine è necessario raccogliere e canalizzare le acque provenienti da fabbricati e da altre aree non permeabili, convogliandole nelle fognature esistenti od in impluvi naturali senza che questo determini fenomeni di erosione dei terreni o di ristagno delle acque".*

Sarà cura del Progettista individuare le opere di regimazione idraulica ritenute più idonee per lo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalla sede stradale.

## 8 -CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini eseguite è stato ricostruito il modello geologico dell'area interessata dal dissesto come di seguito riportato:

UNITA' STRATIGRAFICA PRINCIPALE	SOTTO UNITA'	DESCRIZIONE QUALITATIVA
<b>A – Detrito di copertura (a1a)</b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<i>Limo argilloso sabbioso con elementi litoidi di dimensioni centimetriche “poco consistente”</i>
<b>B - Substrato roccioso (Complesso di Casanova CCVb – Breccie clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei)</b>	<b>B<sub>1</sub></b>	<i>Detrito di copertura clasto sostenuto e/o substrato roccioso altamente alterato e fratturato (regolite) moderatamente consistente</i>
	<b>B<sub>2</sub></b>	<i>Substrato roccioso di natura ofiolitica alterato e fratturato consistente</i>

- le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire la situazione litostratigrafica e di individuare i principali parametri geotecnici della copertura detritica e della roccia;
- l'area non rientra all'interno di quelle sottoposte a **Vincolo Idrogeologico** ma rientrano in parte all'interno delle **“Aree boscate”**;
- l'area **non rientra**, nella *“Carta della Pericolosità Geomorfologica del PAI”* presente nel sito del Distretto Appennino Settentrionale, all'interno di quelle classificate a **“Pericolosità Geomorfologica”**;
- durante la realizzazione delle prove penetrometriche non è stata rilevata la presenza di acqua; è plausibile comunque ritenere che durante eventi meteorici prolungati le acque si infiltrino all'interno della copertura detritica fino a raggiungere il substrato roccioso portando alla creazione di una sorta di *“falda temporanea”* che presenta escursioni stagionali strettamente legate al regime pluviometrico;
- oltre agli interventi di carattere strutturale dovranno essere realizzati interventi di regimazione idraulica; questi interventi consentiranno di intercettare le acque ruscellanti lungo la sede stradale che risultano essere le cause principali delle situazioni di dissesto rilevate;
- in base a quanto indicato nelle **NTC2018** in merito alla valutazione della risposta sismica locale si può procedere mediante un **approccio semplificato**;
- il profilo stratigrafico del terreno di fondazione può essere assimilato ad una **“Categoria di sottosuolo B”**;
- il profilo topografico può essere assimilato ad una **“Categoria topografica T3”** per cui si consiglia come **coefficiente topografico** un valore di **S<sub>T</sub>** pari a **1.2**.

Massa, 08/02/2024

Dott. Geol. Francesco Giusti

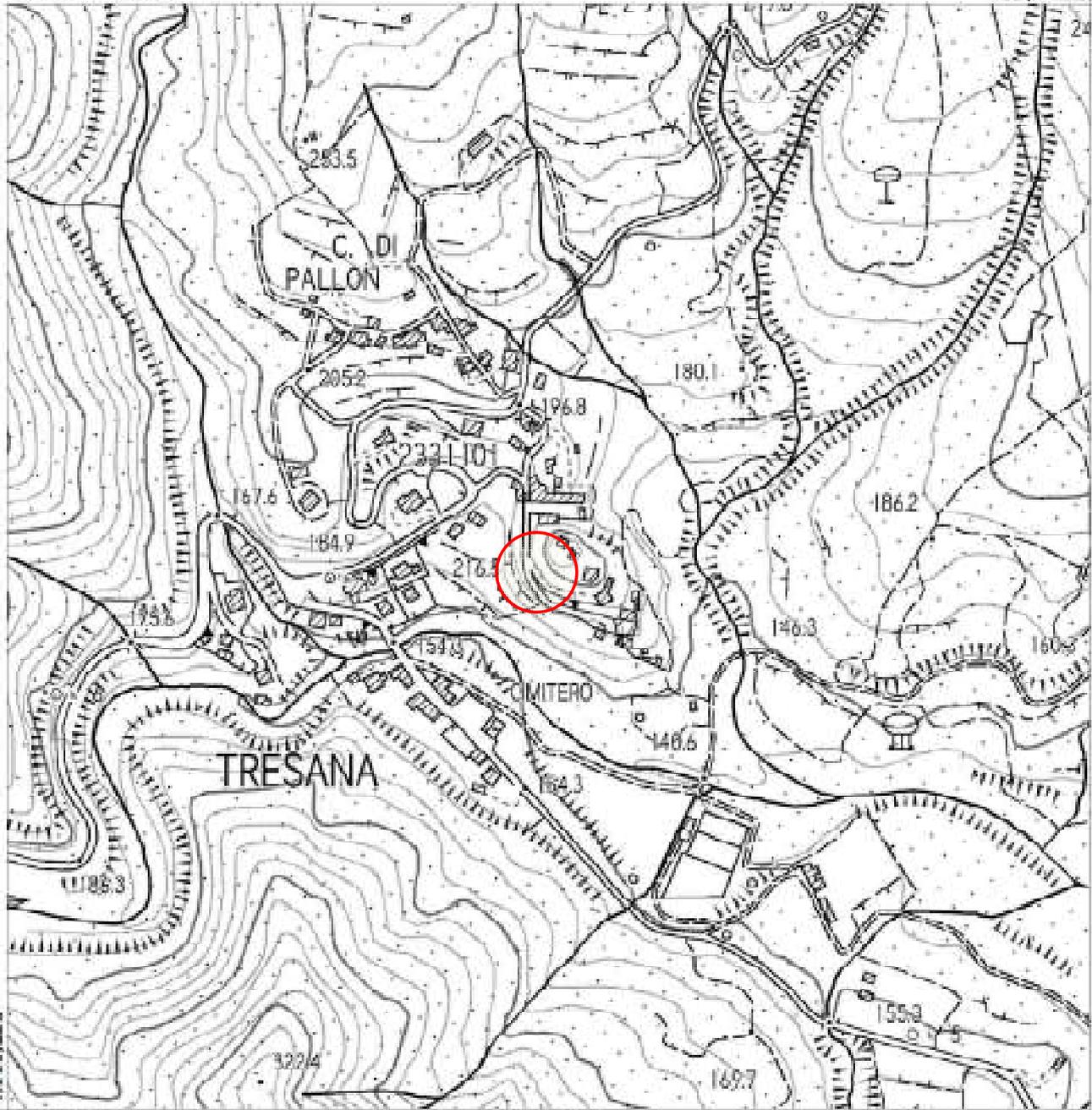


# COROGRAFIA (da GEOscopio)

Scala 1:5,000

573,491.1

4,901,001



4,900,156

572,582.6

EPSG:25832

Scala 1:5.000

Località: **TRESANA**



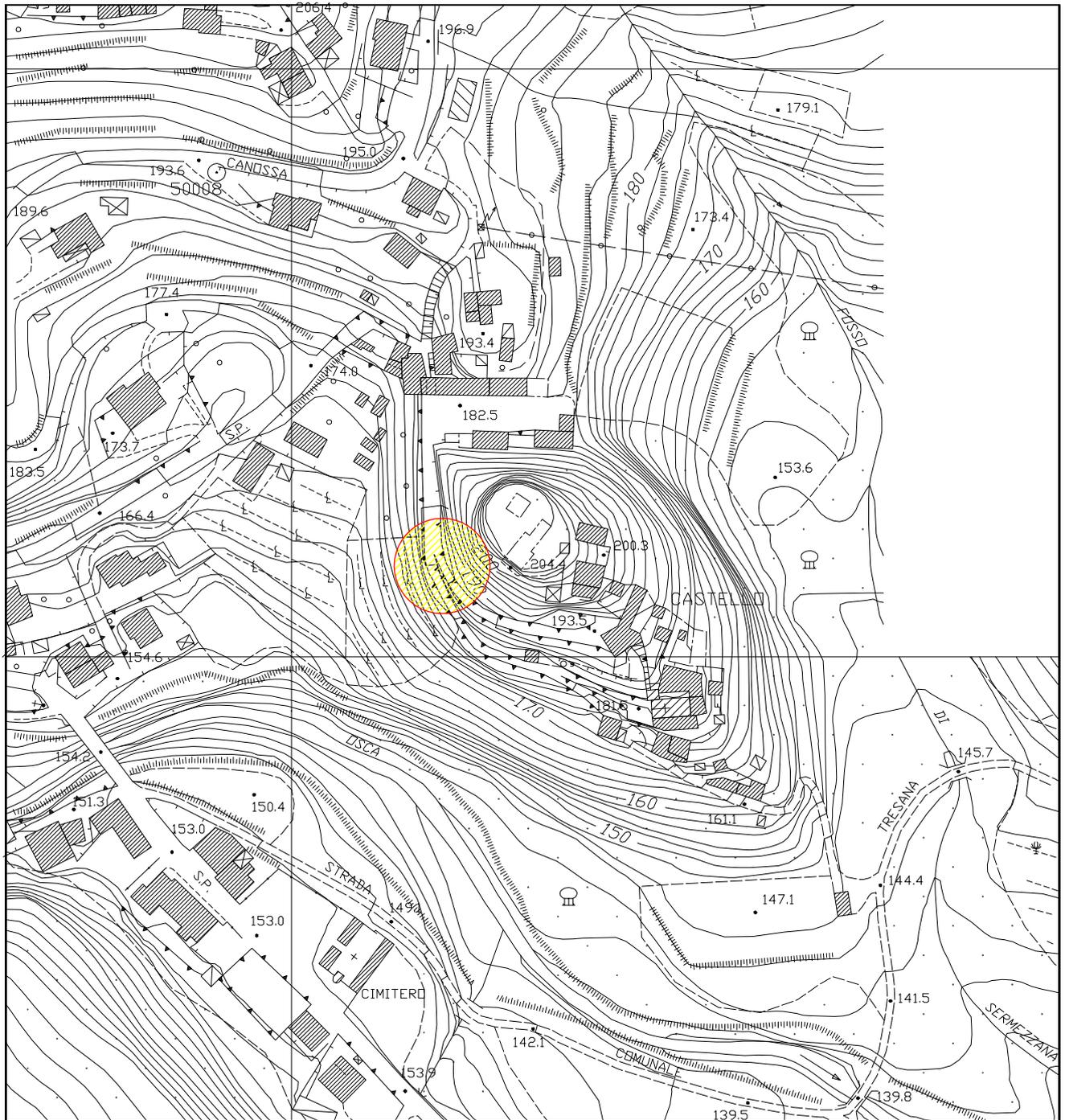
**Tavola n.1.1**

## LEGENDA



Area in oggetto

# INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



Scala 1:2.000

Località: TRESANA



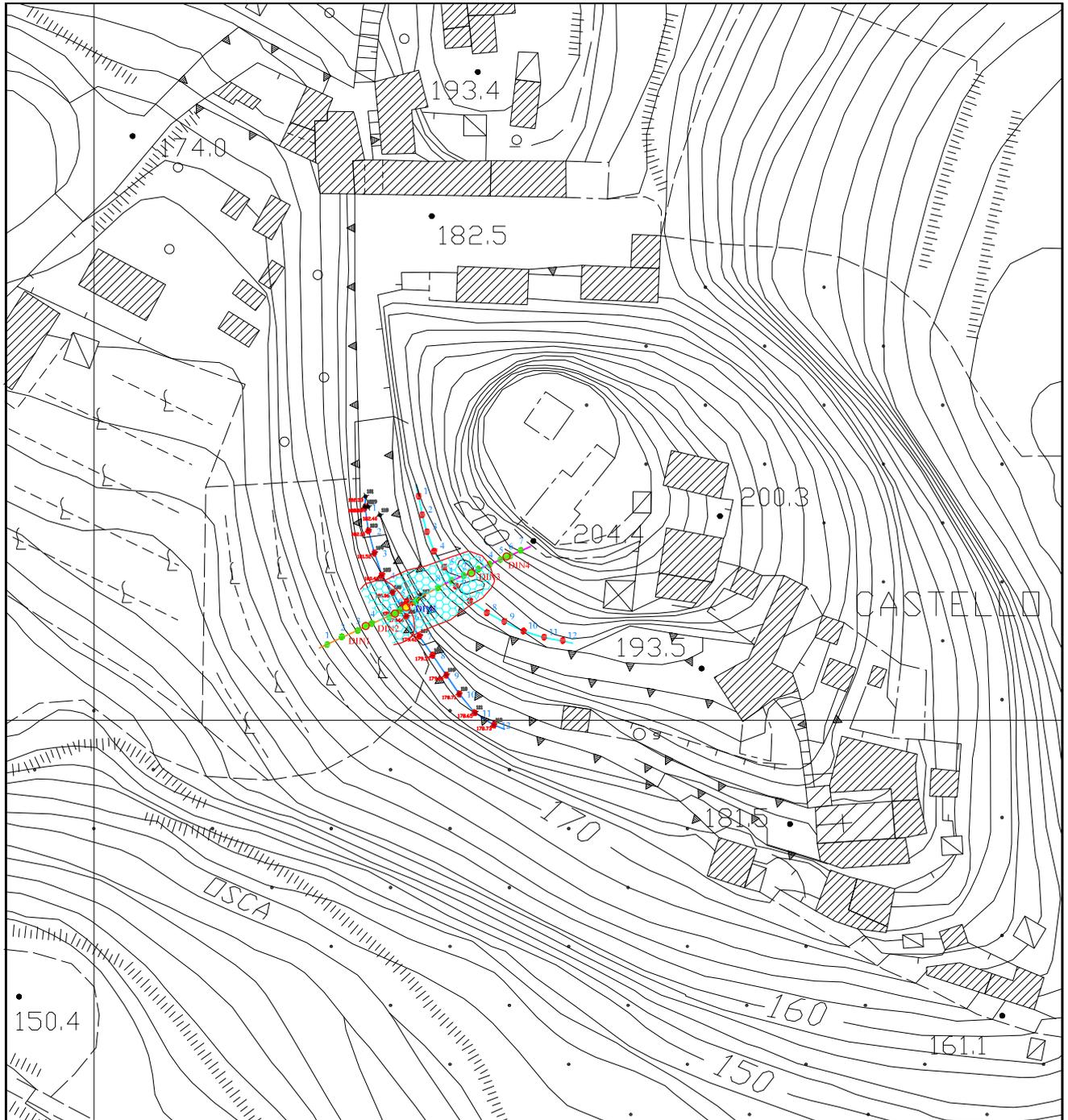
Tavola n.1.2

## LEGENDA



Area in oggetto

# INQUADRAMENTO GEOGRAFICO



Scala 1:1.000

Località: TRESANA



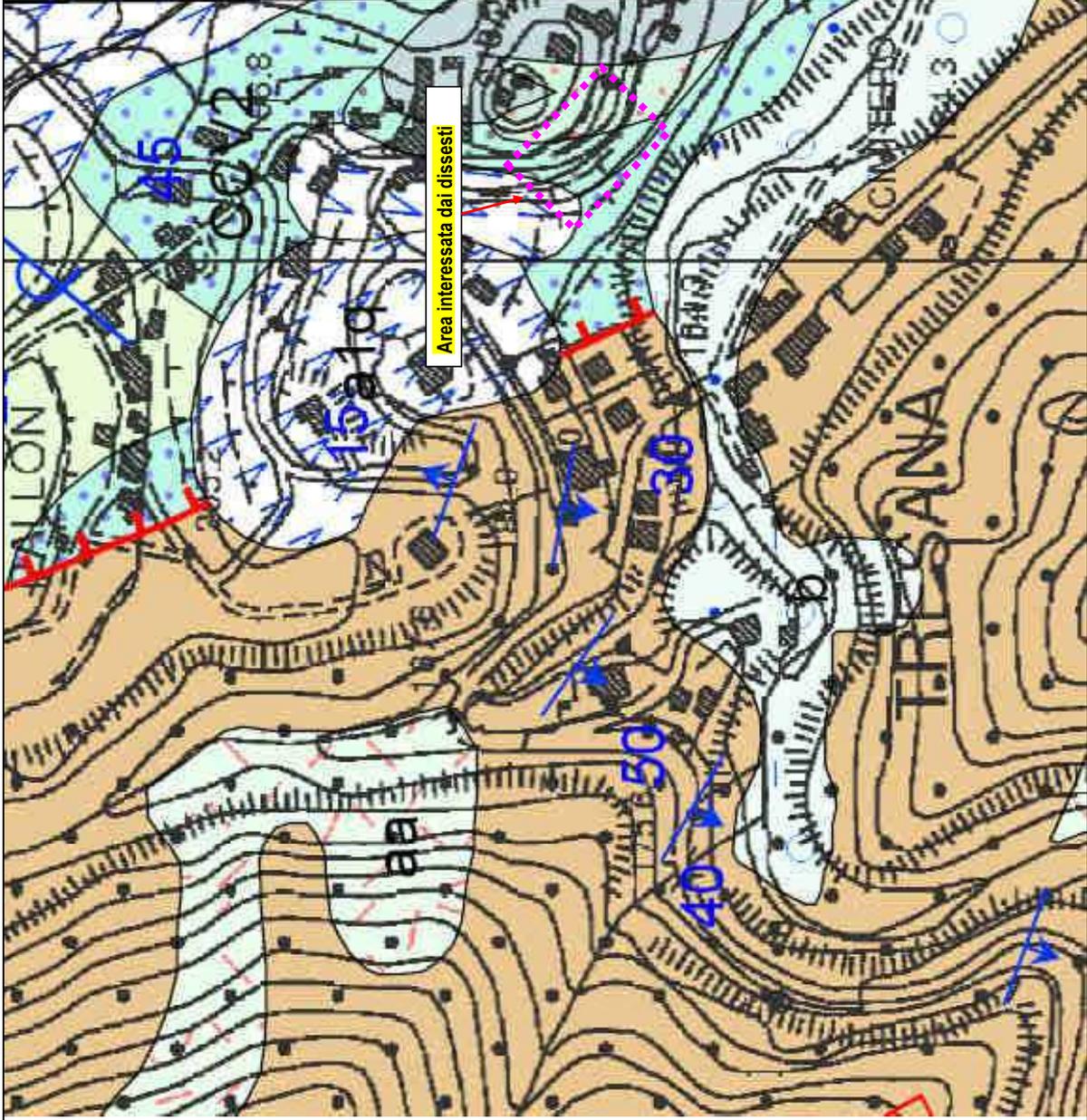
Tavola n.1.3

## LEGENDA



Area interessata dal movimento franoso

# Stralcio della "CARTA GEOLOGICA REGIONALE" – Sezione 233110



Area interessata dai dissesti

## LEGENDA

- Area interessata dai dissesti
- FRANE**
- a1a - Frana con tipo di movimento indeterminato con indizi di evoluzione
  - a1q - Frana con tipo di movimento indeterminato senza indizi di evoluzione
- DEPOSITI OLOCENICI**
- aa - Depositi detritici (OLOCENE)
  - b - Depositi alluvionali attuali (OLOCENE)
  - b2a - Depositi alluvionali terrazzati (OLOCENE)
- DOMINIO LIGURE ESTERNO**
- CCV<sub>2</sub> – COMPLESSO DI CASANOVA: Paraonglomerati polimitici. CONIACIANO SUP. CAMPANIANO INF.
  - CCV<sub>3</sub> – COMPLESSO DI CASANOVA: Breccie clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei. CONIACIANO SUP. CAMPANIANO INF.
- OLISTOLITI**
- GAMMA – Gabbri
  - DELTA – Orneblenditi
- DOMINIO TOSCANO**
- MAC – Macigno - Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche grigio o grigio-verdi da medio fini a grossolane in strati da spessi a molto spessi a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose – OLGOCENE SUP. – MIOCENE INF.
- Contatto stratigrafico e/o litologico
- Faglia dirette
- Stratificazione a polarità sconosciuta

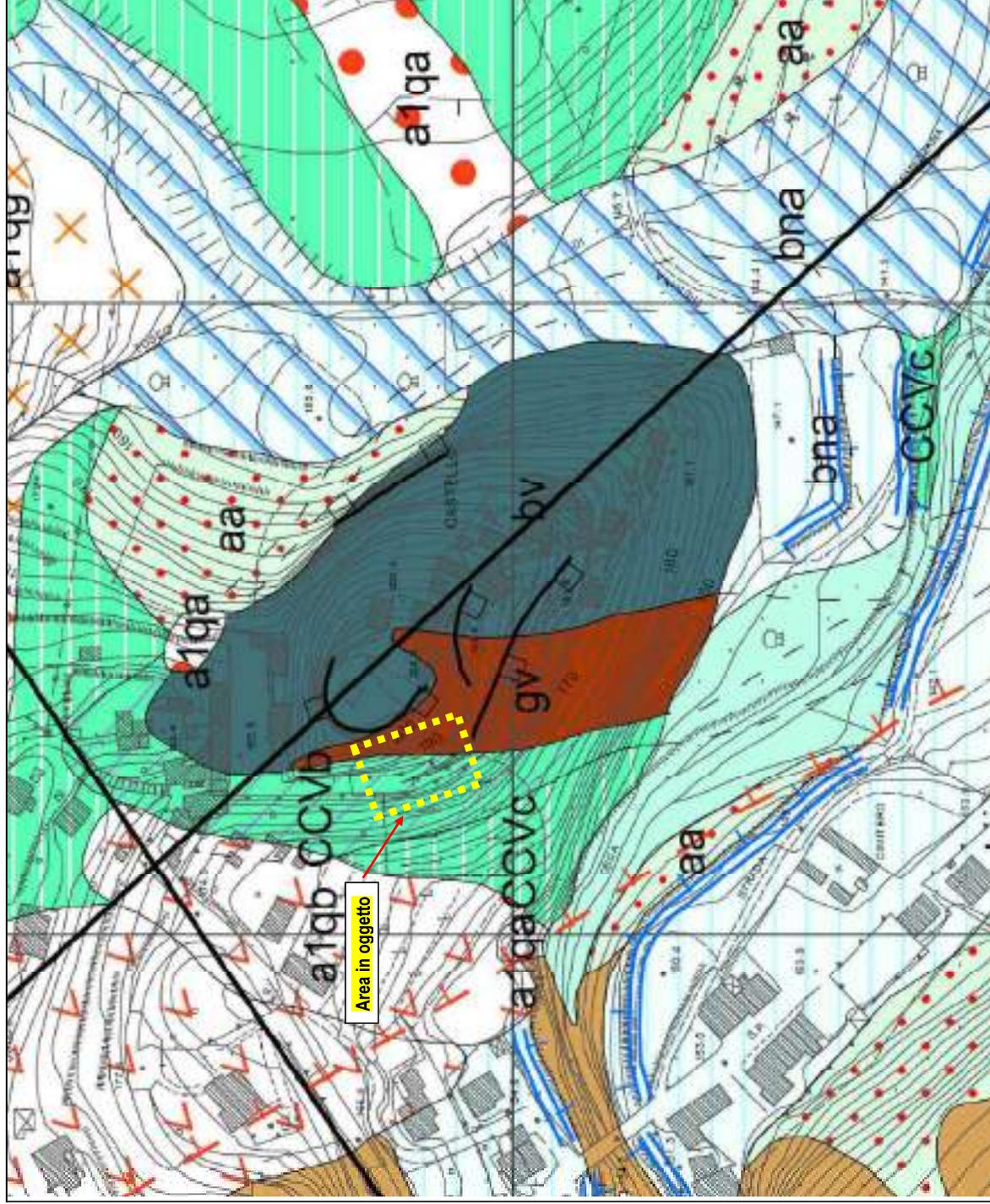
(fuori scala)



Località: **TRESANA**

**Tavola n.2.1**

# Stralcio della "CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA" – redatta a corredo dello studio di MS1



## LEGENDA

Are interessate dai dissesti

### FRAME

- a1qb - Frana quiescente con tipologia di movimento per scorrimento
- a1qa - Frana quiescente con tipologia di movimento non definita

### DEPOSITI OLOCENICI

- aa - Depositi di versante: accumuli lungo i versanti di frammenti litoidi, in matrice sabbiosa o sabbio-limosa
- b - Depositi alluvionali attuali: ciottoli, ghiaie e sabbie
- bna - Depositi alluvionali terrazzati: ciottoli, ghiaie e sabbie

### DOMINIO LIGURE ESTERNO

#### COMPLESSO DI CASANOVA (CAMPANIANO)

- CCV<sub>c</sub> - Depositi clastici grossolani matrice-sostenuti con clasti calcarei silicei, radiolariti, ofoliti e più raramente marne
- CCV<sub>b</sub> - Breccie clasto-sostenute a prevalenti elementi calcarei

### OLISTOLITI

- gv - Graniti - Graniti a grana grossa con aspetto prevalentemente brecciato.
- bv - Basalti - Basalti massivi più o meno alterati.

### DOMINIO TOSCANO

- MAC - Macigno - Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche grigio o grigio-verdi da medio fini a grossolane in strati da spessi a molto spessi a cui si intercalano strati sottili di arenarie fini, siltiti, argilliti e argilliti siltose – OLIGOCENE SUP. – MIOCENE INF.

Contatto stratigrafico e/o litologico

Faglia dirette

Stratificazione a polarità sconosciuta

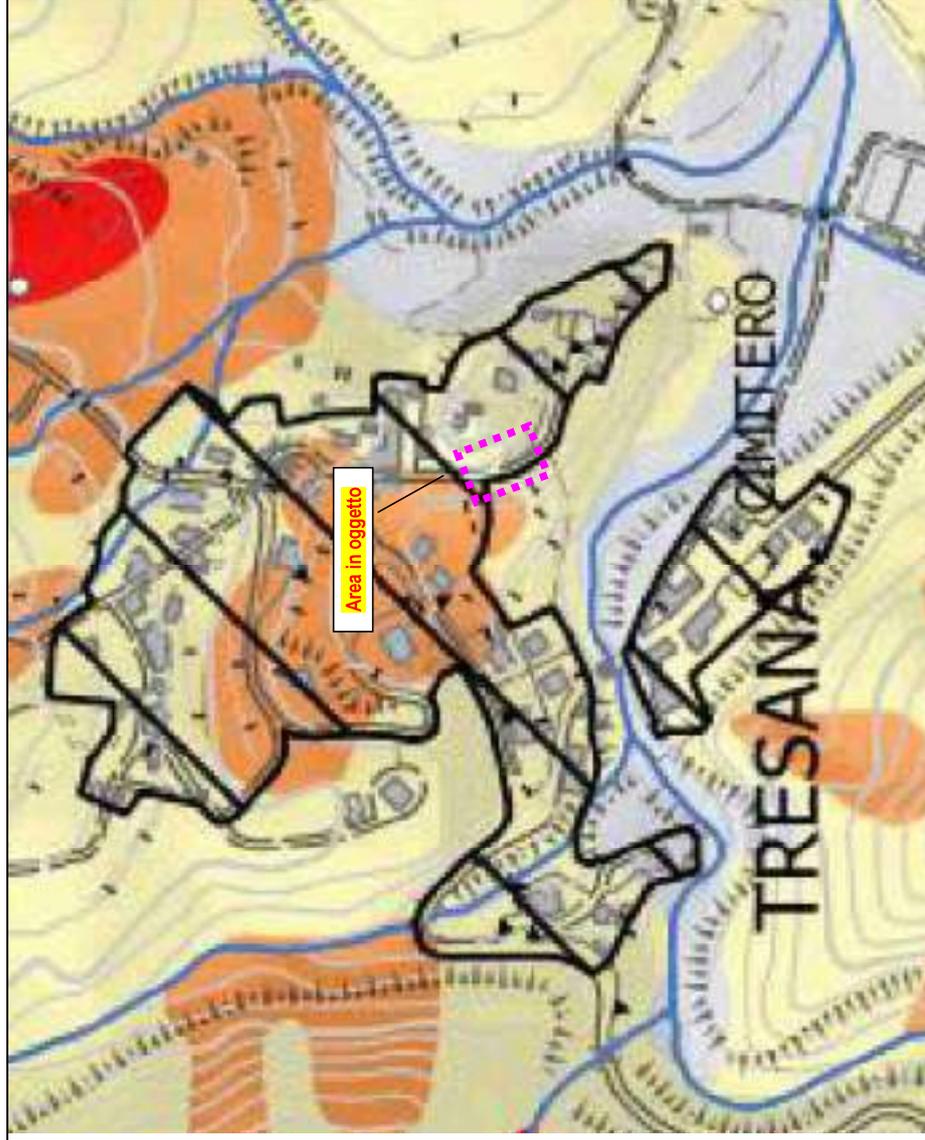
(fuori scala)



Località: **TRESANA**

**Tavola n.2.2**

Stralcio della "Carta della pericolosità geologica"  
 allegata al "Piano Strutturale Intercomunale redatto dall'Unione di Comuni della Lunigiana"



**LEGENDA**

 Area in oggetto

**TERRITORIO URBANIZZATO**



Territorio urbanizzato (delibera Giunta dell'Unione n 102 del 27.11.2018)

**LOCALIZZAZIONE DI TRASFORMAZIONI ESTERIE AL TERRITORIO URBANIZZATO**



Nuove previsioni insediative



Nuove previsioni infrastrutturali

**PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA**



Pericolosità geomorfologica molto elevata - G4

Pericolosità geomorfologica elevata - G3

Pericolosità geomorfologica media - G2

Pericolosità geomorfologica bassa - G1

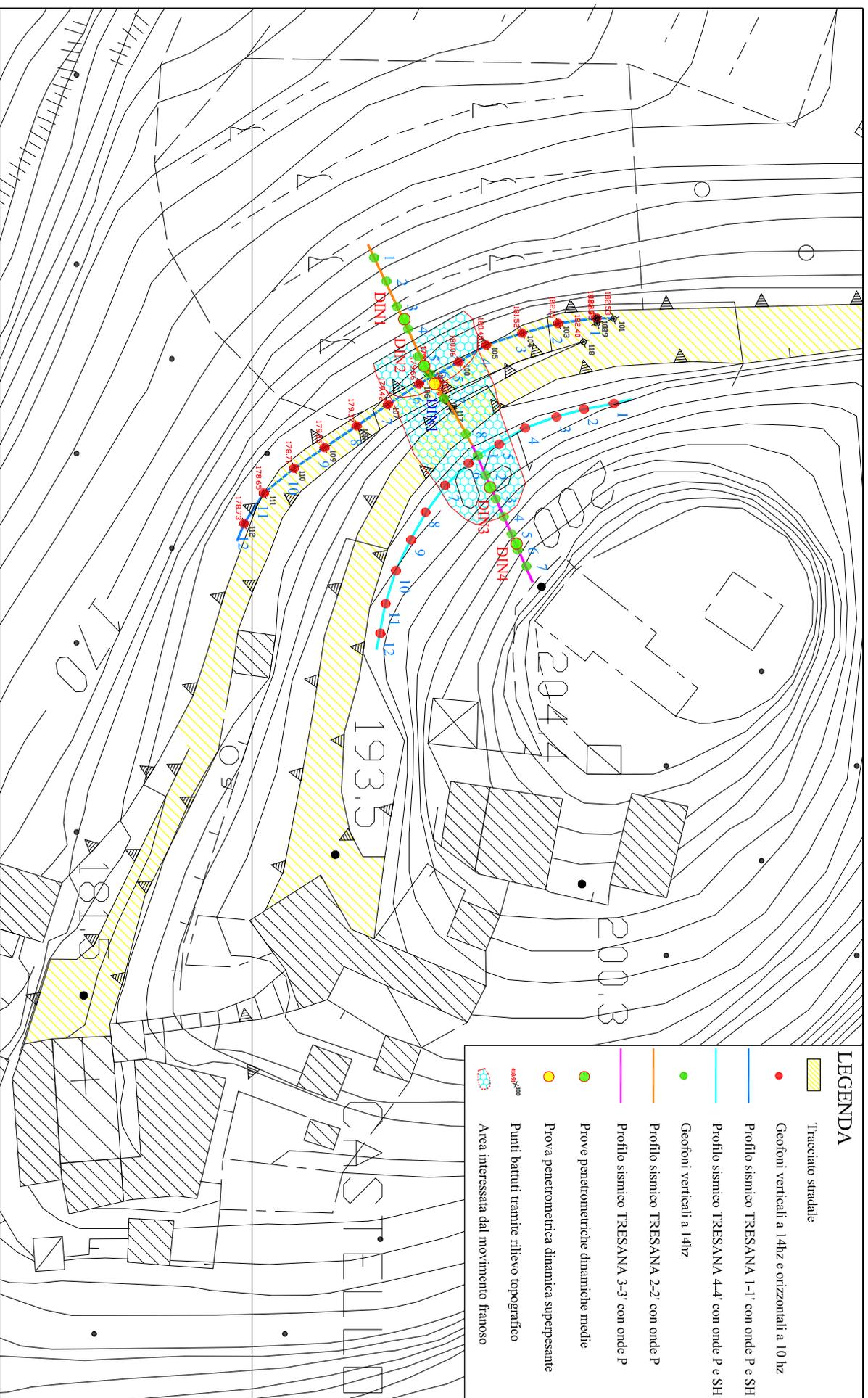
(Fuori scala)



Località: **TRESANA**

**Tavola n.2.3**

# UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU AEROFOTOGRAMMETRIA



## LEGENDA

- Tracciato stradale
- Geofoni verticali a 14hz e orizzontali a 10 hz
- Profilo sismico TRESANA 1-1' con onde P e SH
- Profilo sismico TRESANA 4-4' con onde P e SH
- Geofoni verticali a 14hz
- Profilo sismico TRESANA 2-2' con onde P
- Profilo sismico TRESANA 3-3' con onde P
- Prove penetrometriche dinamiche medie
- Prove penetrometriche dinamiche superpesante
- Punti battuti tramite rilievo topografico
- Area interessata dal movimento franoso

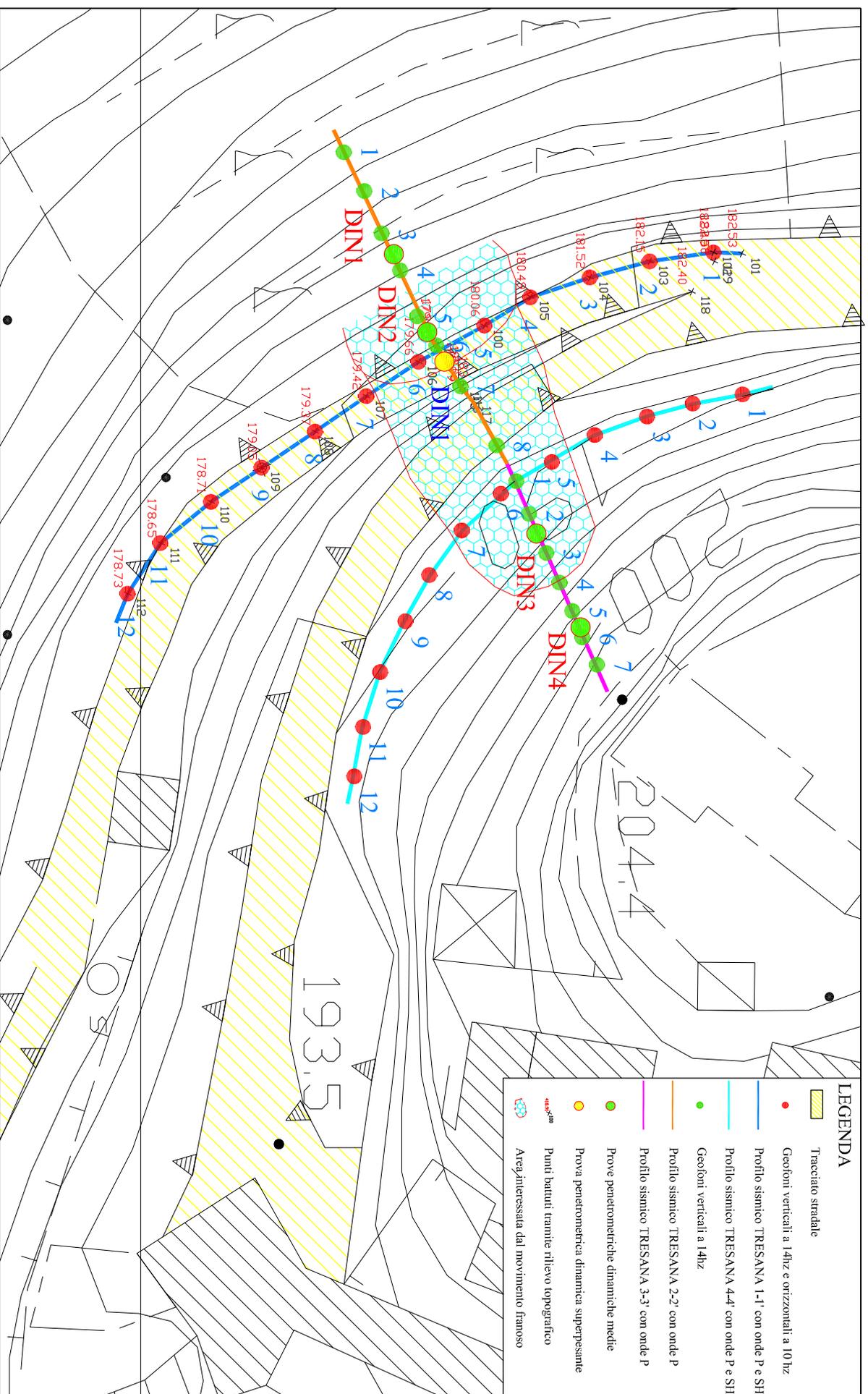
Località: TRESANA



Scala 1:500

Tavola n.3.1

# UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE SU AEROFOTOGRAMMETRIA



## LEGENDA

-  Tracciato stradale
-  Geofoni verticali a 14hz e orizzontali a 10 hz
-  Profilo sismico TRESANA 1-1' con onde P e SH
-  Profilo sismico TRESANA 4-4' con onde P e SH
-  Geofoni verticali a 14hz
-  Profilo sismico TRESANA 2-2' con onde P
-  Profilo sismico TRESANA 3-3' con onde P
-  Prove penetrometriche dinamiche medie
-  Prove penetrometrica dinamica superpesante
-  Punti batuti tramite rilievo topografico
-  Aree interessata dal movimento franoso

Località: TRESANA



Scala 1:300 Tavola n.3.2

# COMUNE DI TRESANA



**Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA  
DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

## **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPERPESANTE DIN1**

[Coordinate prova penetrometrica in Coordinate WGS 84](#)

**Lat. 44,255008      Long. 9,914693**

**Tabelle valori di resistenza prova DIN1**

**Diagramma numero colpi punta e Rpd prova DIN1**

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : TG 63-100 EML.C

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 : TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 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 $\delta$ ) = 11,66 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ ( 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 : Amministrazione Comunale di Tresana  
- lavoro : Consolidamento movimento franoso  
- località : Tresana - Comune di Tresana  
- note :

- data : 09/01/2024  
- quota inizio : piano campagna  
- 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	4	42,0	----	1	3,60 - 3,80	13	100,6	----	5
0,20 - 0,40	3	31,5	----	1	3,80 - 4,00	12	92,8	----	5
0,40 - 0,60	3	28,9	----	2	4,00 - 4,20	15	116,0	----	5
0,60 - 0,80	3	28,9	----	2	4,20 - 4,40	11	85,1	----	5
0,80 - 1,00	2	19,3	----	2	4,40 - 4,60	14	101,6	----	6
1,00 - 1,20	1	9,6	----	2	4,60 - 4,80	17	123,4	----	6
1,20 - 1,40	2	19,3	----	2	4,80 - 5,00	12	87,1	----	6
1,40 - 1,60	2	17,8	----	3	5,00 - 5,20	16	116,1	----	6
1,60 - 1,80	1	8,9	----	3	5,20 - 5,40	19	137,9	----	6
1,80 - 2,00	1	8,9	----	3	5,40 - 5,60	13	88,8	----	7
2,00 - 2,20	2	17,8	----	3	5,60 - 5,80	16	109,3	----	7
2,20 - 2,40	1	8,9	----	3	5,80 - 6,00	15	102,5	----	7
2,40 - 2,60	6	49,7	----	4	6,00 - 6,20	12	82,0	----	7
2,60 - 2,80	5	41,4	----	4	6,20 - 6,40	19	129,8	----	7
2,80 - 3,00	7	58,0	----	4	6,40 - 6,60	16	103,3	----	8
3,00 - 3,20	4	33,1	----	4	6,60 - 6,80	22	142,1	----	8
3,20 - 3,40	6	49,7	----	4	6,80 - 7,00	29	187,3	----	8
3,40 - 3,60	8	61,9	----	5	7,00 - 7,20	35	226,0	----	8

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 EML.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

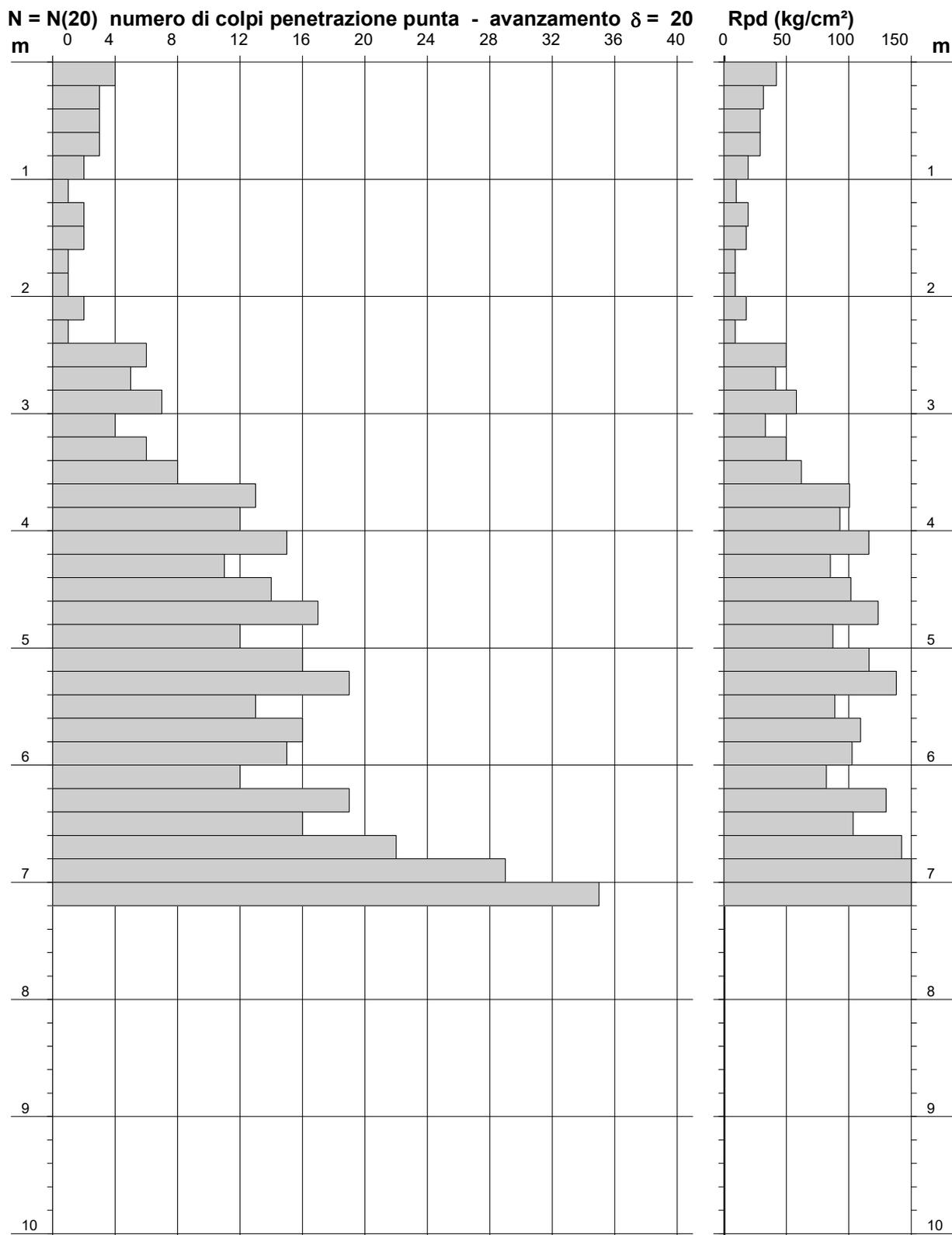
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione Comunale di Tresana  
 - lavoro : Consolidamento movimento franoso  
 - località : Tresana - Comune di Tresana  
 - note :

- data : 09/01/2024  
 - quota inizio : piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



# COMUNE DI TRESANA



**Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA  
DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE MEDIE DIN1-DIN2-DIN3-DIN4**

Caratteristiche penetrometro dinamico in uso

Tabelle valori di resistenza prova DIN1

Diagramma numero colpi punta e Rpd prova DIN1

Tabelle valori di resistenza prova DIN2

Diagramma numero colpi punta e Rpd prova DIN2

Tabelle valori di resistenza prova DIN3

Diagramma numero colpi punta e Rpd prova DIN3

Tabelle valori di resistenza prova DIN4

Diagramma numero colpi punta e Rpd prova DIN4

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : manuale

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 : manuale

PESO MASSA BATTENTE	M = 20,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 2,40 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,90 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 4,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,511$ ( 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 : Amministrazione comunale di Tresana  
- lavoro : Intervento di consolidamento  
- località : Tresana  
- note :

- data : 03/12/2023  
- quota inizio : piano campagna  
- 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 - 0,10	2	6,5	----	1	2,00 - 2,10	20	54,1	----	3
0,10 - 0,20	1	3,2	----	1	2,10 - 2,20	12	32,4	----	3
0,20 - 0,30	1	3,2	----	1	2,20 - 2,30	9	24,3	----	3
0,30 - 0,40	2	6,5	----	1	2,30 - 2,40	7	18,9	----	3
0,40 - 0,50	3	9,7	----	1	2,40 - 2,50	13	35,1	----	3
0,50 - 0,60	2	6,5	----	1	2,50 - 2,60	6	16,2	----	3
0,60 - 0,70	2	6,5	----	1	2,60 - 2,70	8	21,6	----	3
0,70 - 0,80	4	12,9	----	1	2,70 - 2,80	12	32,4	----	3
0,80 - 0,90	3	9,7	----	1	2,80 - 2,90	9	24,3	----	3
0,90 - 1,00	5	14,7	----	2	2,90 - 3,00	7	17,5	----	4
1,00 - 1,10	2	5,9	----	2	3,00 - 3,10	9	22,5	----	4
1,10 - 1,20	1	2,9	----	2	3,10 - 3,20	14	35,0	----	4
1,20 - 1,30	2	5,9	----	2	3,20 - 3,30	22	55,0	----	4
1,30 - 1,40	3	8,8	----	2	3,30 - 3,40	18	45,0	----	4
1,40 - 1,50	4	11,8	----	2	3,40 - 3,50	12	30,0	----	4
1,50 - 1,60	10	29,4	----	2	3,50 - 3,60	24	60,0	----	4
1,60 - 1,70	9	26,5	----	2	3,60 - 3,70	32	80,0	----	4
1,70 - 1,80	8	23,5	----	2	3,70 - 3,80	30	75,0	----	4
1,80 - 1,90	13	38,2	----	2	3,80 - 3,90	40	100,0	----	4
1,90 - 2,00	16	43,2	----	3	3,90 - 4,00	48	111,6	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **manuale**

- M (massa battente)= **20,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

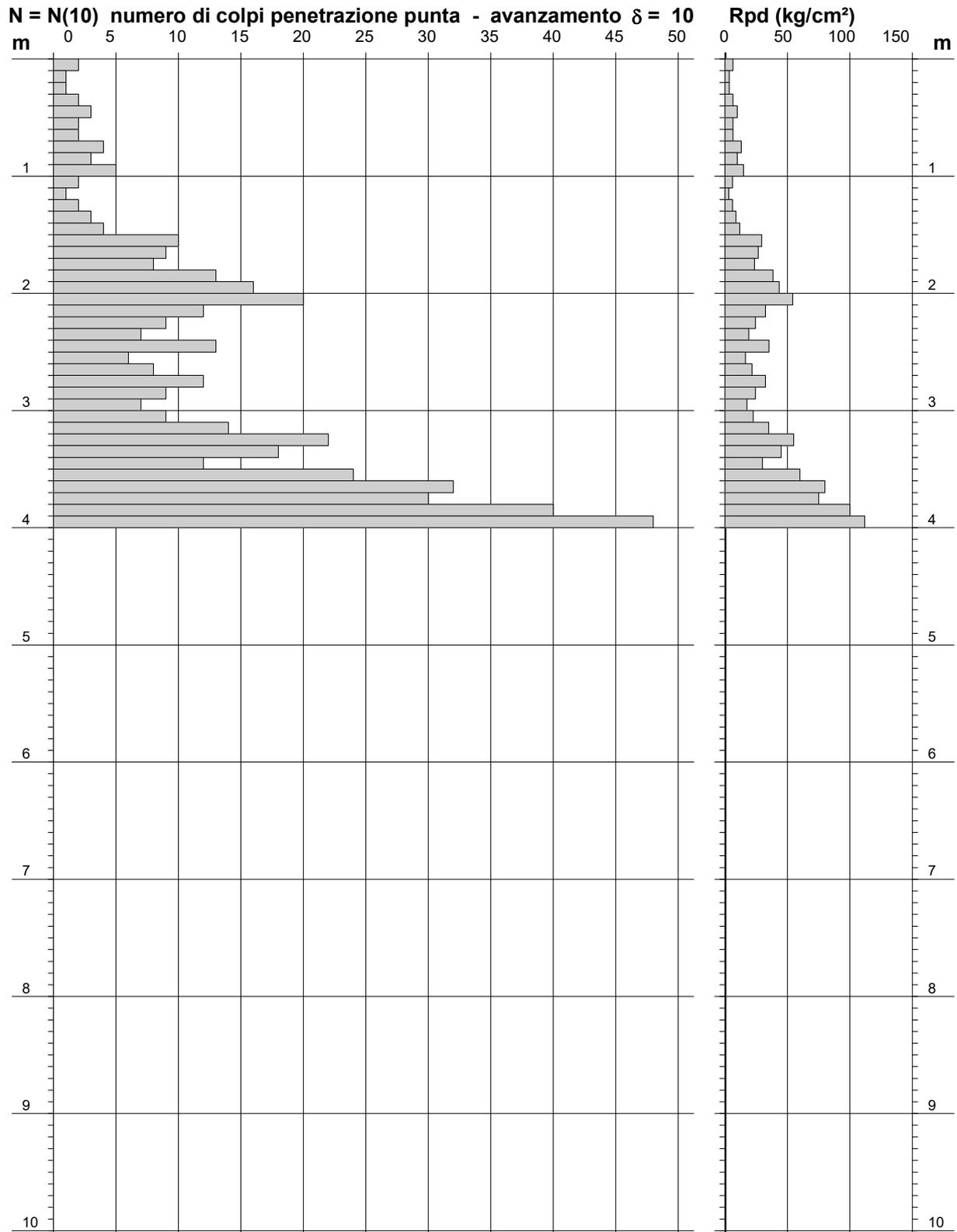
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
 - lavoro : Intervento di consolidamento  
 - località : Tresana  
 - note :

- data : 03/12/2023  
 - quota inizio : piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
- lavoro : Intervento di consolidamento  
- località : Tresana  
- note :

- data : 03/12/2023  
- quota inizio : piano campagna  
- 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 - 0,10	2	6,5	----	1	2,00 - 2,10	9	24,3	----	3
0,10 - 0,20	2	6,5	----	1	2,10 - 2,20	12	32,4	----	3
0,20 - 0,30	1	3,2	----	1	2,20 - 2,30	9	24,3	----	3
0,30 - 0,40	1	3,2	----	1	2,30 - 2,40	8	21,6	----	3
0,40 - 0,50	2	6,5	----	1	2,40 - 2,50	7	18,9	----	3
0,50 - 0,60	2	6,5	----	1	2,50 - 2,60	11	29,7	----	3
0,60 - 0,70	4	12,9	----	1	2,60 - 2,70	15	40,5	----	3
0,70 - 0,80	6	19,4	----	1	2,70 - 2,80	13	35,1	----	3
0,80 - 0,90	8	25,8	----	1	2,80 - 2,90	9	24,3	----	3
0,90 - 1,00	3	8,8	----	2	2,90 - 3,00	8	20,0	----	4
1,00 - 1,10	4	11,8	----	2	3,00 - 3,10	11	27,5	----	4
1,10 - 1,20	3	8,8	----	2	3,10 - 3,20	16	40,0	----	4
1,20 - 1,30	2	5,9	----	2	3,20 - 3,30	18	45,0	----	4
1,30 - 1,40	4	11,8	----	2	3,30 - 3,40	7	17,5	----	4
1,40 - 1,50	5	14,7	----	2	3,40 - 3,50	26	65,0	----	4
1,50 - 1,60	6	17,6	----	2	3,50 - 3,60	31	77,5	----	4
1,60 - 1,70	4	11,8	----	2	3,60 - 3,70	22	55,0	----	4
1,70 - 1,80	3	8,8	----	2	3,70 - 3,80	17	42,5	----	4
1,80 - 1,90	4	11,8	----	2	3,80 - 3,90	41	102,5	----	4
1,90 - 2,00	3	8,1	----	3	3,90 - 4,00	45	104,7	----	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **manuale**

- M (massa battente)= **20,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

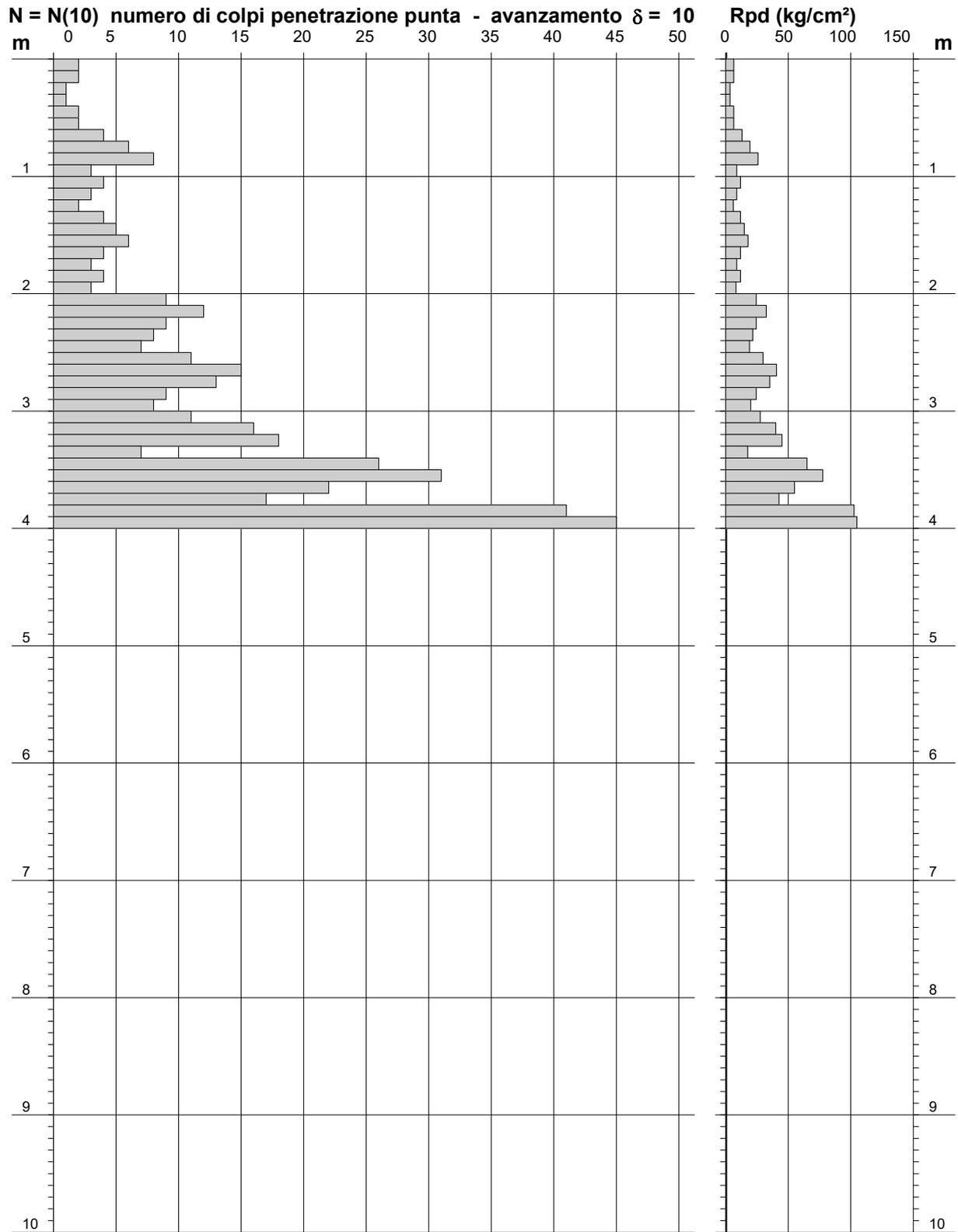
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
 - lavoro : Intervento di consolidamento  
 - località : Tresana  
 - note :

- data : 03/12/2023  
 - quota inizio : piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
- lavoro : Intervento di consolidamento  
- località : Tresana  
- note :

- data : 03/12/2023  
- quota inizio : piano campagna  
- 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 - 0,10	1	3,2	----	1	1,90 - 2,00	5	13,5	----	3
0,10 - 0,20	2	6,5	----	1	2,00 - 2,10	7	18,9	----	3
0,20 - 0,30	1	3,2	----	1	2,10 - 2,20	8	21,6	----	3
0,30 - 0,40	1	3,2	----	1	2,20 - 2,30	9	24,3	----	3
0,40 - 0,50	2	6,5	----	1	2,30 - 2,40	11	29,7	----	3
0,50 - 0,60	1	3,2	----	1	2,40 - 2,50	9	24,3	----	3
0,60 - 0,70	2	6,5	----	1	2,50 - 2,60	7	18,9	----	3
0,70 - 0,80	3	9,7	----	1	2,60 - 2,70	6	16,2	----	3
0,80 - 0,90	2	6,5	----	1	2,70 - 2,80	8	21,6	----	3
0,90 - 1,00	4	11,8	----	2	2,80 - 2,90	13	35,1	----	3
1,00 - 1,10	3	8,8	----	2	2,90 - 3,00	22	55,0	----	4
1,10 - 1,20	2	5,9	----	2	3,00 - 3,10	19	47,5	----	4
1,20 - 1,30	4	11,8	----	2	3,10 - 3,20	24	60,0	----	4
1,30 - 1,40	3	8,8	----	2	3,20 - 3,30	32	80,0	----	4
1,40 - 1,50	2	5,9	----	2	3,30 - 3,40	38	95,0	----	4
1,50 - 1,60	4	11,8	----	2	3,40 - 3,50	30	75,0	----	4
1,60 - 1,70	3	8,8	----	2	3,50 - 3,60	42	105,0	----	4
1,70 - 1,80	1	2,9	----	2	3,60 - 3,70	46	115,0	----	4
1,80 - 1,90	4	11,8	----	2					

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **manuale**

- M (massa battente)= **20,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

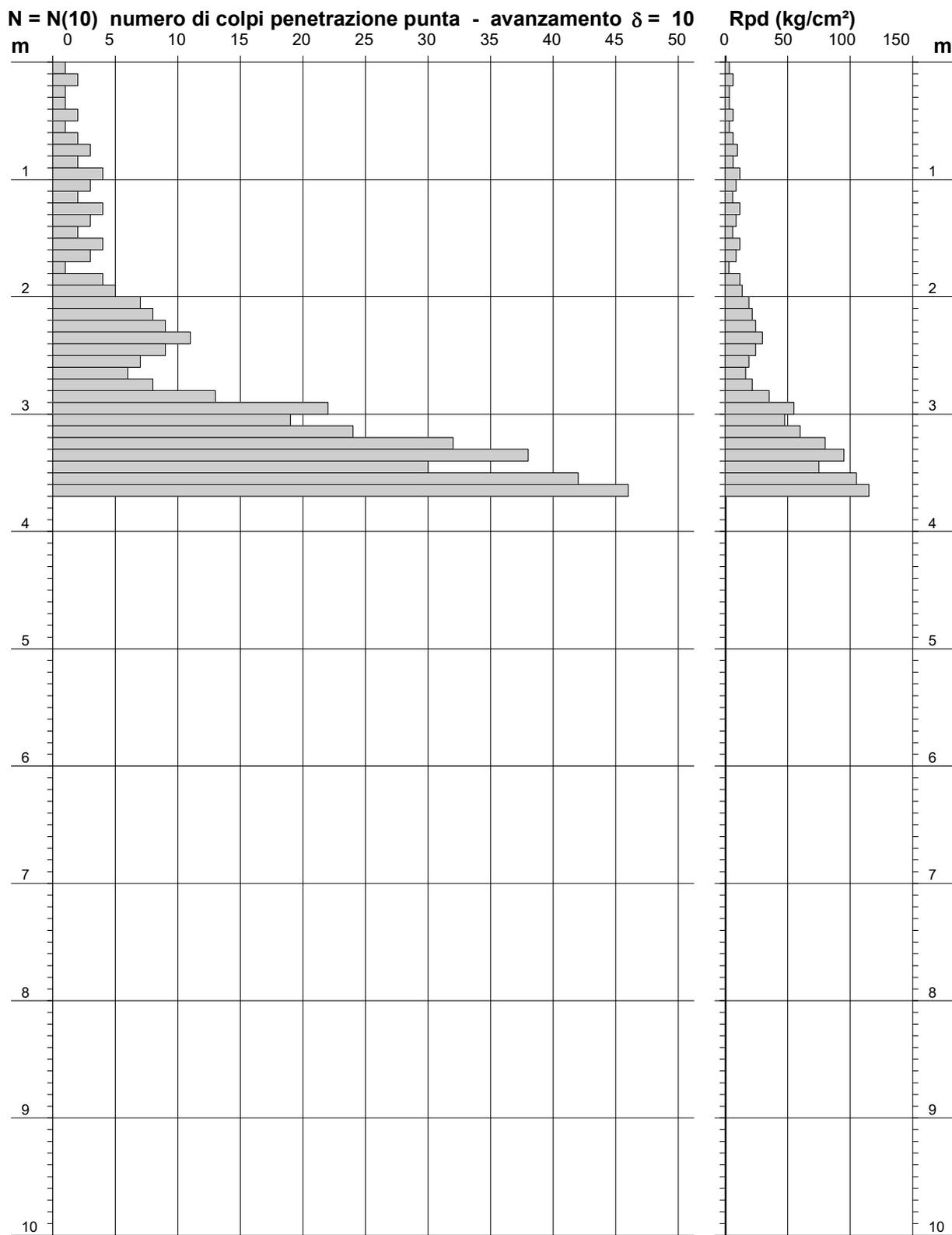
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
 - lavoro : Intervento di consolidamento  
 - località : Tresana  
 - note :

- data : 03/12/2023  
 - quota inizio : piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
- lavoro : Intervento di consolidamento  
- località : Tresana  
- note :

- data : 03/12/2023  
- quota inizio : piano campagna  
- 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 - 0,10	1	3,2	----	1	1,20 - 1,30	9	26,5	----	2
0,10 - 0,20	1	3,2	----	1	1,30 - 1,40	12	35,3	----	2
0,20 - 0,30	2	6,5	----	1	1,40 - 1,50	9	26,5	----	2
0,30 - 0,40	1	3,2	----	1	1,50 - 1,60	7	20,6	----	2
0,40 - 0,50	3	9,7	----	1	1,60 - 1,70	15	44,1	----	2
0,50 - 0,60	2	6,5	----	1	1,70 - 1,80	18	52,9	----	2
0,60 - 0,70	3	9,7	----	1	1,80 - 1,90	11	32,4	----	2
0,70 - 0,80	4	12,9	----	1	1,90 - 2,00	24	64,9	----	3
0,80 - 0,90	4	12,9	----	1	2,00 - 2,10	29	78,4	----	3
0,90 - 1,00	3	8,8	----	2	2,10 - 2,20	38	102,7	----	3
1,00 - 1,10	2	5,9	----	2	2,20 - 2,30	28	75,7	----	3
1,10 - 1,20	7	20,6	----	2	2,30 - 2,40	41	110,8	----	3

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **manuale**

- M (massa battente)= **20,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

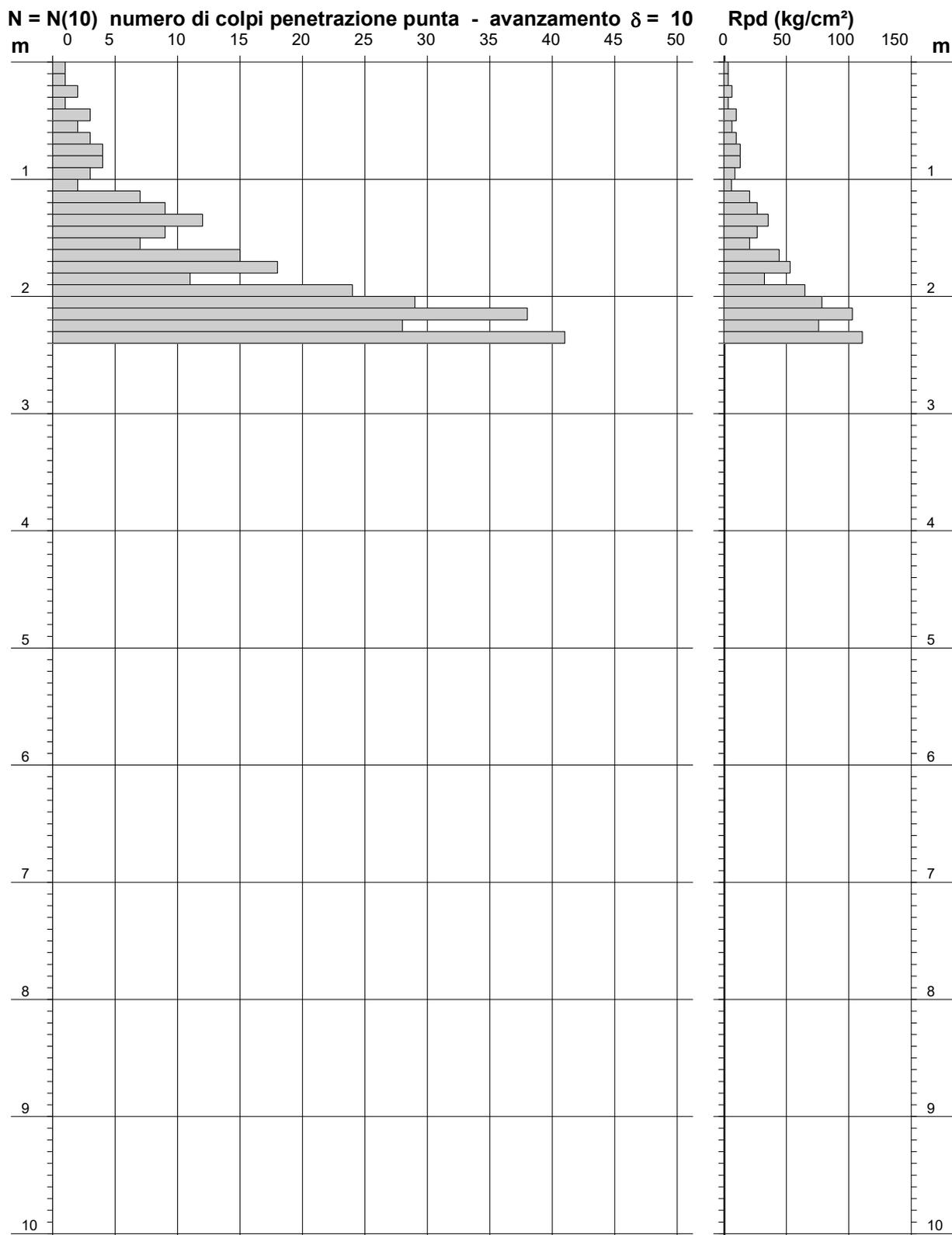
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

Scala 1: 50

- committente : Amministrazione comunale di Tresana  
 - lavoro : Intervento di consolidamento  
 - località : Tresana  
 - note :

- data : 03/12/2023  
 - quota inizio : piano campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



# COMUNE DI TRESANA



## **Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

**Coordinate primo e ultimo geofono stendimento in Coordinate WGS 84**

**Geofono n.1: Lat. 44,255214      Long. 9,914601**

**Geofono n.12: Lat. 44,254817      Long. 9,914853**

## **PROFILO DI SISMICA A RIFRAZIONE “TRESANA 1-1’ ” con ONDE P e SH**

**TAB.1:** TABELLA DEI TEMPI DI ARRIVO SEZIONE "TRESANA 1-1' " (con onde P e SH)

**FIG.1a:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 1-1' " (con onde P)

**FIG.1b:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 1-1' " (con onde SH)

**TAB.2:** TABELLA PROFONDITÀ E VELOCITÀ SEZIONE "TRESANA 1-1' " (con onde P e SH)

**FIG.2:** SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA SEZIONE "TRESANA 1-1' " (con onde P e SH)

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 1-1' (con onde P)"

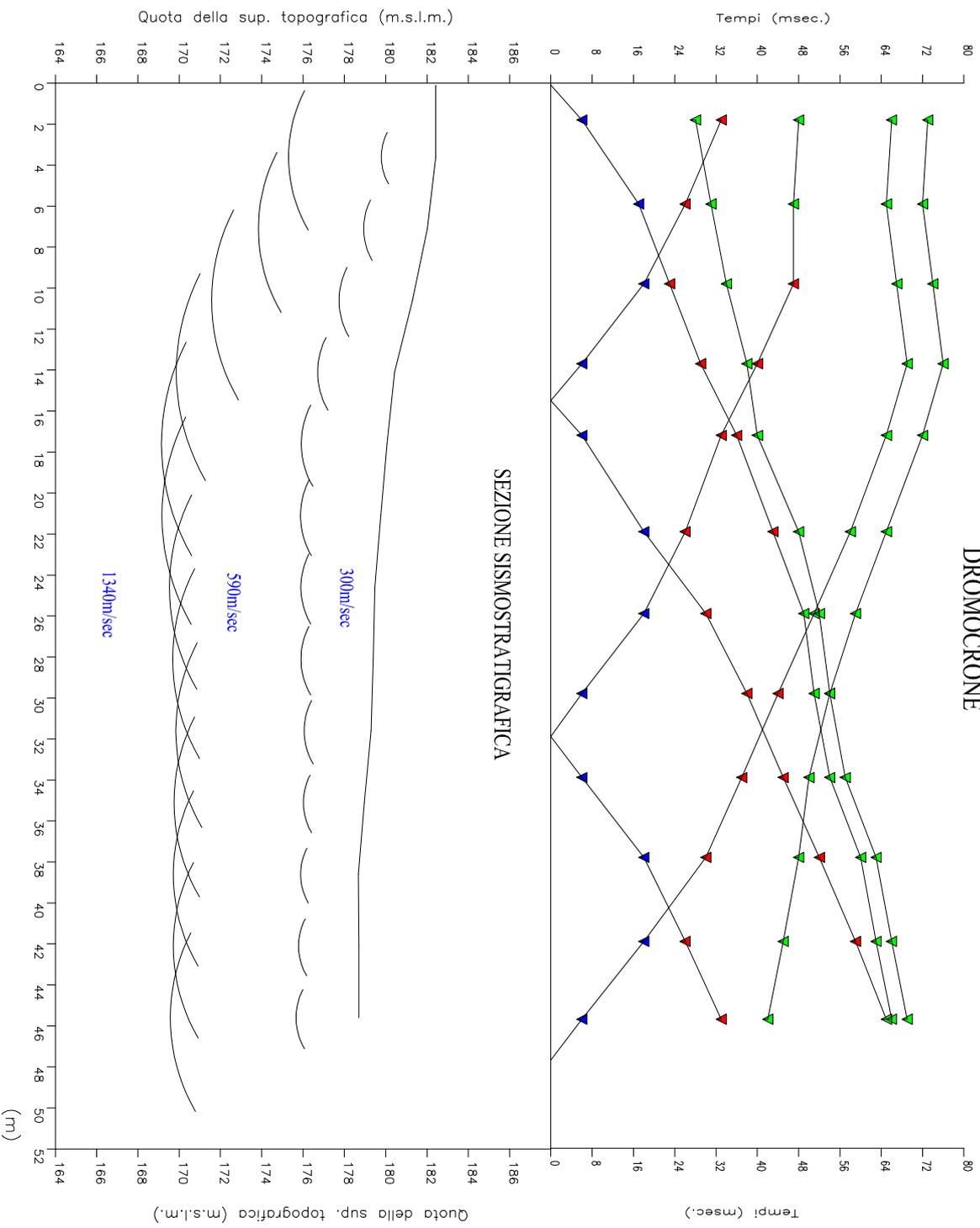
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	<b>E1</b>	-16.0	183.0
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.0	182.5
Colpo intermedio a sinistra	<b>D1</b>	15.5	180.3
Colpo intermedio a destra	<b>D2</b>	31.9	179.3
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	47.7	178.8
Colpo esterno a destra	<b>E2</b>	80.0	176.0

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra (E1)	Estremo a sinistra (A)	Intermedio a sinistra (D1)	Intermedio a destra (D2)	Estremo a destra (B)	Esterno a destra (E2)
1	1.8	28.00	6.00	33.00	47.00	66.00	73.00
2	5.9	31.00	17.00	26.00	44.00	65.00	72.00
3	9.8	34.00	23.00	18.00	47.00	67.00	74.00
4	13.7	38.00	29.00	6.00	40.00	69.00	76.00
5	17.2	40.00	36.00	6.00	33.00	65.00	72.00
6	21.9	48.00	43.00	18.00	26.00	58.00	65.00
7	25.9	52.00	49.00	30.00	18.00	51.00	59.00
8	29.8	54.00	51.00	38.00	6.00	44.00	54.00
9	33.9	57.00	54.00	45.00	6.00	37.00	50.00
10	37.8	63.00	60.00	52.00	18.00	30.00	48.00
11	41.9	66.00	63.00	59.00	26.00	18.00	45.00
12	45.7	69.00	66.00	65.00	33.00	6.00	42.00

Tabella n.1a



### LEGENDA

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- 890m/sec  
velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1° strato
- geofoni nel 2° strato
- geofoni nel 3° strato
- geofoni nel 4° strato

Geognostica Apuana srl  
Via Tinelli n.25/a  
54100 MASSA  
tel e fax n.0585/40997 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

**PROSPEZIONE SISMICA  
DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE**

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 1-1'

Fig. n.1a **ONDE P**

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 1-1' (con onde SH)"

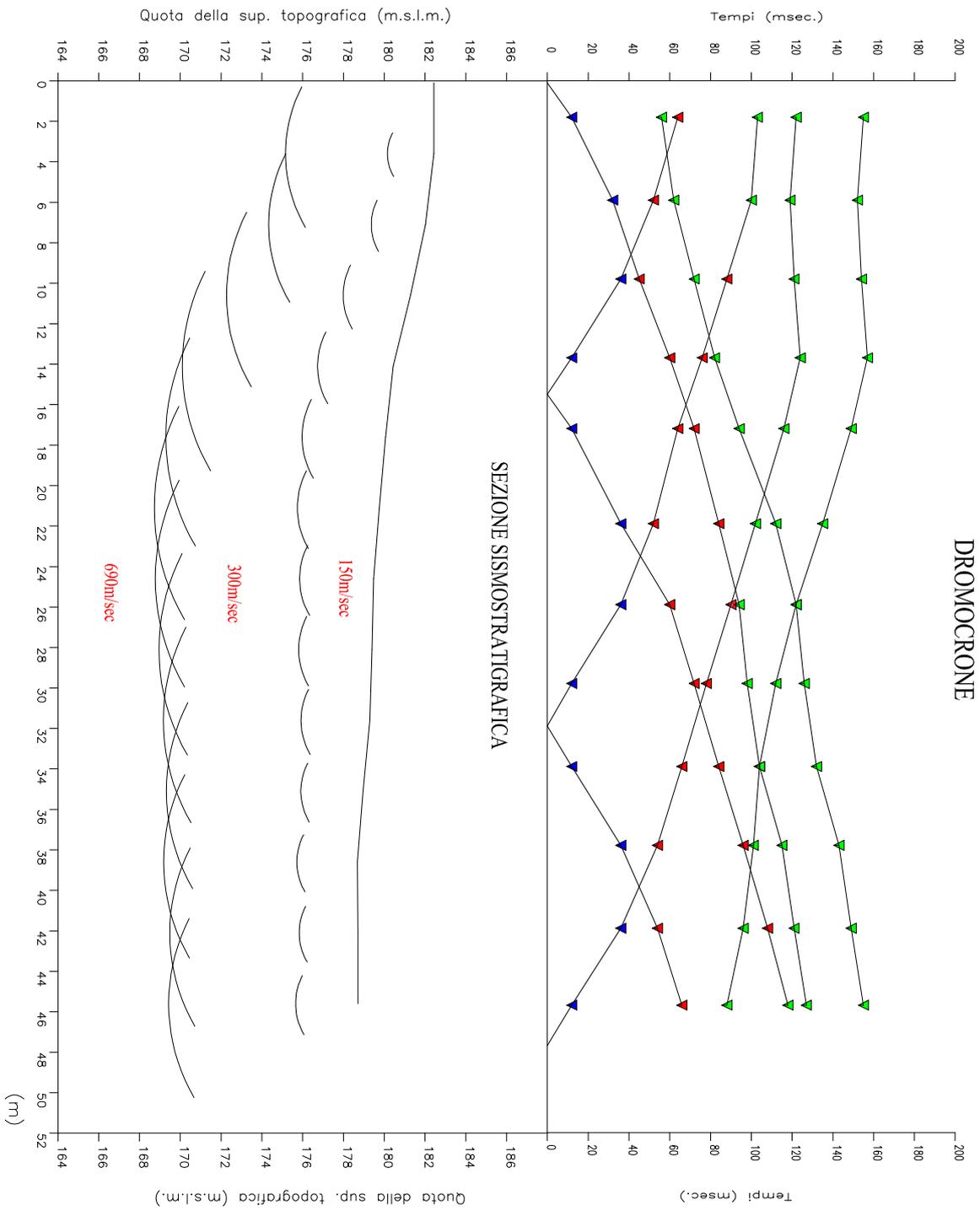
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	<b>E1</b>	-16.0	183.0
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.0	182.5
Colpo intermedio a sinistra	<b>D1</b>	15.5	180.3
Colpo intermedio a destra	<b>D2</b>	31.9	179.3
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	47.7	178.8
Colpo esterno a destra	<b>E2</b>	80.0	176.0

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra (E1)	Estremo a sinistra (A)	Intermedio a sinistra (D1)	Intermedio a destra (D2)	Estremo a destra (B)	Esterno a destra (E2)
1	1.8	56.00	12.00	64.00	103.00	122.00	155.00
2	5.9	62.00	32.00	52.00	100.00	119.00	152.00
3	9.8	72.00	45.00	36.00	88.00	121.00	154.00
4	13.7	82.00	60.00	12.00	76.00	124.00	157.00
5	17.2	94.00	72.00	12.00	64.00	116.00	149.00
6	21.9	112.00	84.00	36.00	52.00	102.00	135.00
7	25.9	122.00	94.00	60.00	36.00	90.00	122.00
8	29.8	126.00	98.00	72.00	12.00	78.00	112.00
9	33.9	132.00	104.00	84.00	12.00	66.00	104.00
10	37.8	143.00	115.00	96.00	36.00	54.00	101.00
11	41.9	149.00	121.00	108.00	54.00	36.00	96.00
12	45.7	155.00	127.00	118.00	66.00	12.00	88.00

Tabella n.1b



### LEGENDA

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- 890m/sec  
velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1°strato
- geofoni nel 2°strato
- geofoni nel 3°strato
- geofoni nel 4°strato

Geognostica Apuana srl  
Via Timelli n.25/a  
54100 MASSA  
tel e fax n.0585/40997 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

### PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 1-1'

Fig. n.1b **ONDE SH**

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 1-1' (con onde P e SH)"

Tabella spessori-velocità

Ubicazione geofoni			1° Strato		2° Strato		3° Strato
Geofono n°	Posizione relativa	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde P ed SH	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde P ed SH	Velocità (m/s) Onde P ed SH
1	1.8	182.5	2.2	300-150	6.5	590-300	1340-690
2	5.9	182.2	2.8	300-150	7.8	590-300	1340-690
3	9.8	181.5	3.4	300-150	9.2	590-300	1340-690
4	13.7	180.5	3.7	300-150	10.6	590-300	1340-690
5	17.2	180.1	4.0	300-150	10.9	590-300	1340-690
6	21.9	179.7	4.0	300-150	11.0	590-300	1340-690
7	25.9	179.4	3.7	300-150	10.6	590-300	1340-690
8	29.8	179.4	3.5	300-150	10.0	590-300	1340-690
9	33.9	179.1	3.2	300-150	9.6	590-300	1340-690
10	37.8	178.7	3.0	300-150	9.4	590-300	1340-690
11	41.9	178.7	3.0	300-150	9.2	590-300	1340-690
24	45.7	178.7	3.0	300-150	9.1	590-300	1340-690

Tabella n.2

# Sezione sismica: "TRESANA 1-1' (con onde P e SH)"

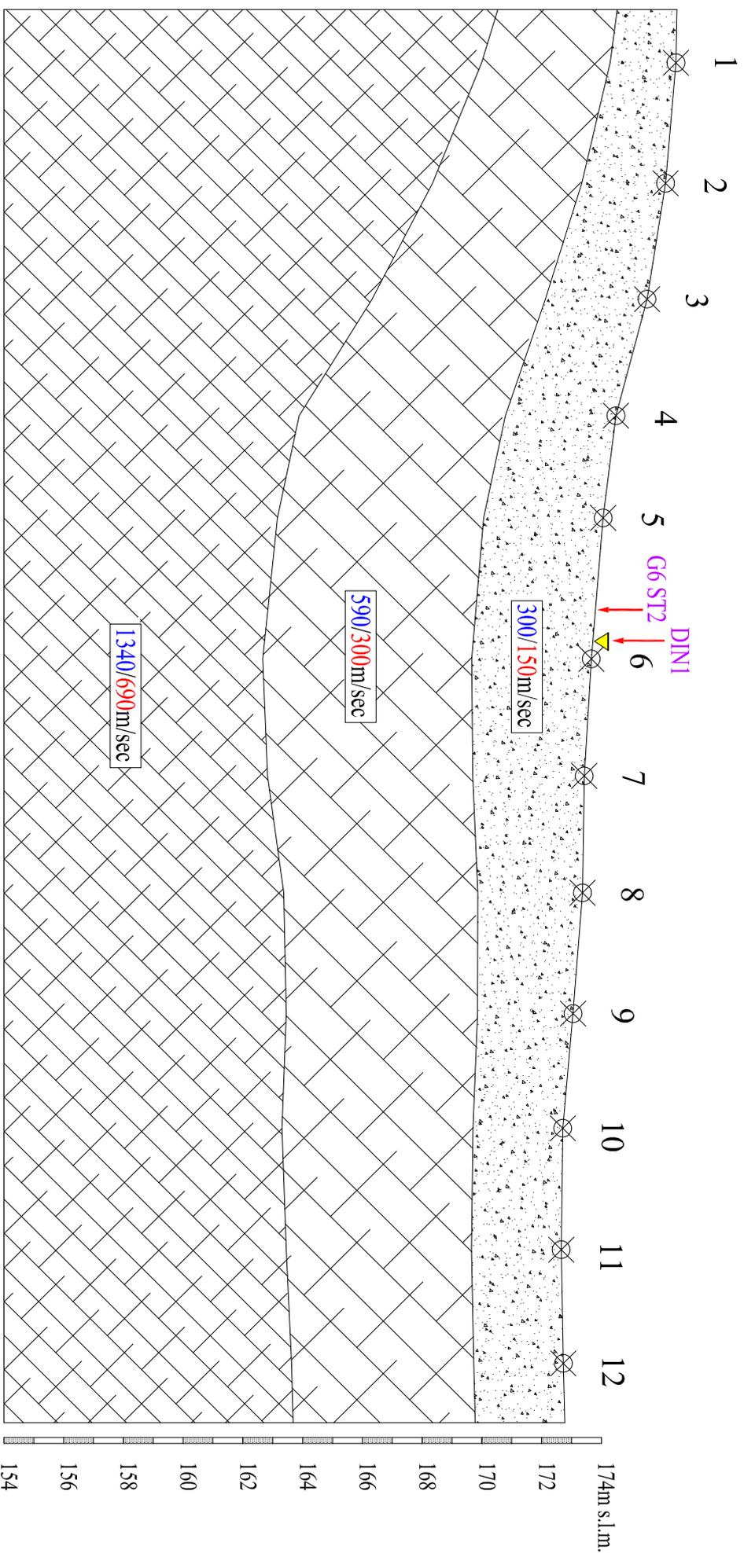


Figura n.2

# COMUNE DI TRESANA



**Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

**Coordinate primo e ultimo geofono stendimento in Coordinate WGS 84**

**Geofono n.1: Lat. 44,255015      Long. 9,914763**

**Geofono n.7: Lat. 44,255091      Long. 9,914865**

## PROFILO DI SISMICA A RIFRAZIONE

**“TRESANA 3-3’ ” con ONDE P**

**TAB.5:** TABELLA DEI TEMPI DI ARRIVO SEZIONE "TRESANA 3-3' " (con onde P)

**FIG.5:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 3-3' " (con onde P)

**TAB.6:** TABELLA PROFONDITÀ E VELOCITÀ SEZIONE "TRESANA 3-3' " (con onde P)

**FIG.6:** SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA SEZIONE "TRESANA 3-3' " (con onde P)

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 2-2' (con onde P)"

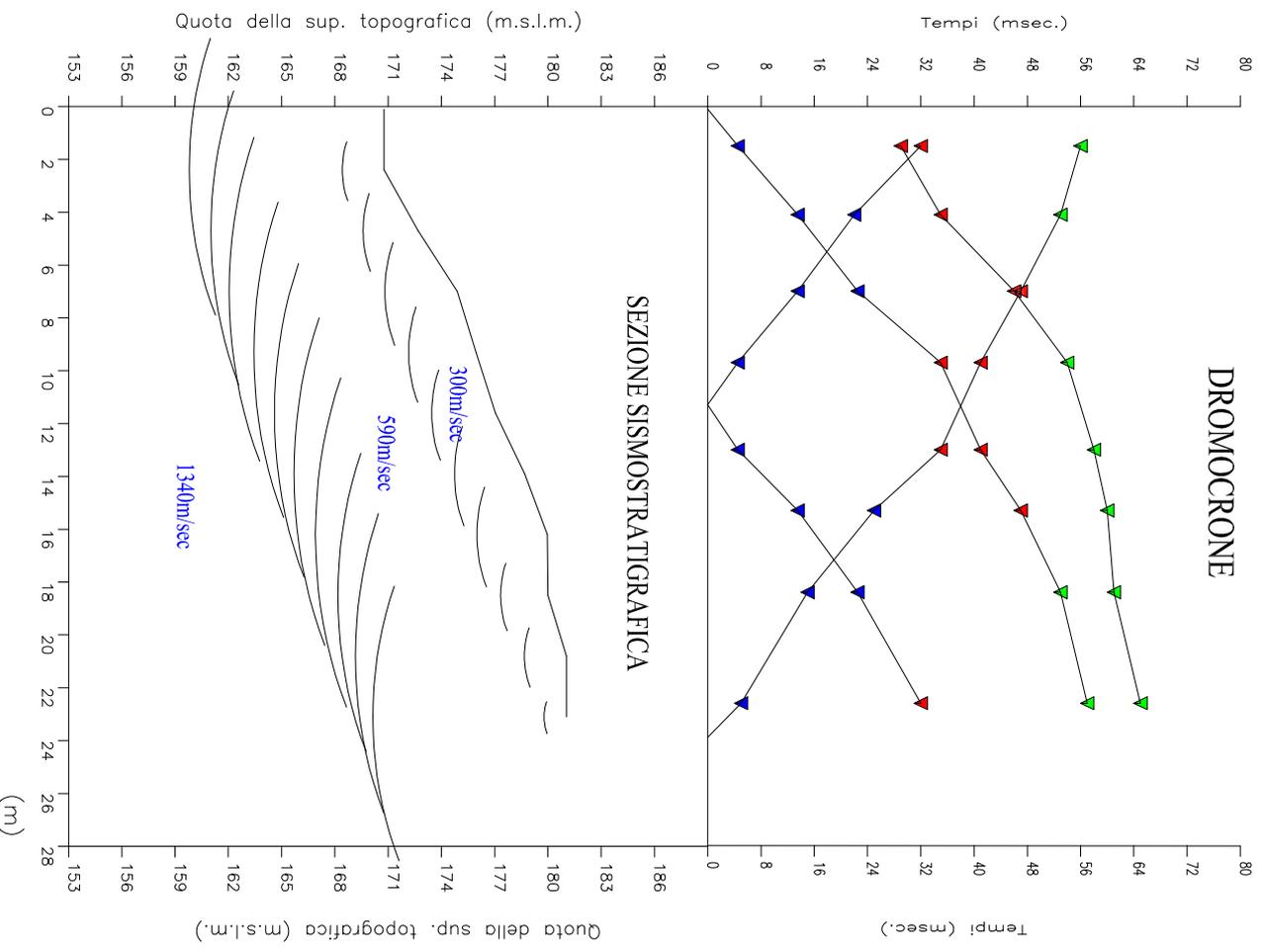
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	<b>E1</b>	-16.0	163.00
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.1	170.4
Colpo centrale	<b>C</b>	11.3	178.8
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	23.9	185.9

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra (E1)	Estremo a sinistra (A)	Centrale (C)	Estremo a destra (B)
1	1.5	29.00	4.5	32.00	56.00
2	4.1	35.00	13.50	22.00	53.00
3	7.0	46.00	22.50	13.50	47.00
4	9.7	54.00	35.00	4.50	41.00
5	13.0	58.00	41.00	4.50	35.00
6	15.3	60.00	47.00	13.50	25.00
7	18.4	61.00	53.00	22.50	15.00
8	22.6	65.00	57.00	32.00	5.00

Tabella n.3



**LEGENDA**

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 890m/sec  
velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1° strato
- geofoni nel 2° strato
- geofoni nel 3° strato
- geofoni nel 4° strato

**Geognostica Apuana srl**  
 Via Tinelli n.25/a  
 54100 MASSA  
 tel e fax n.0585/40997 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

**PROSPEZIONE SISMICA  
 DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE**

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 2-2'

Fig. n.3 **ONDE P**

## Località: "TRESANA"

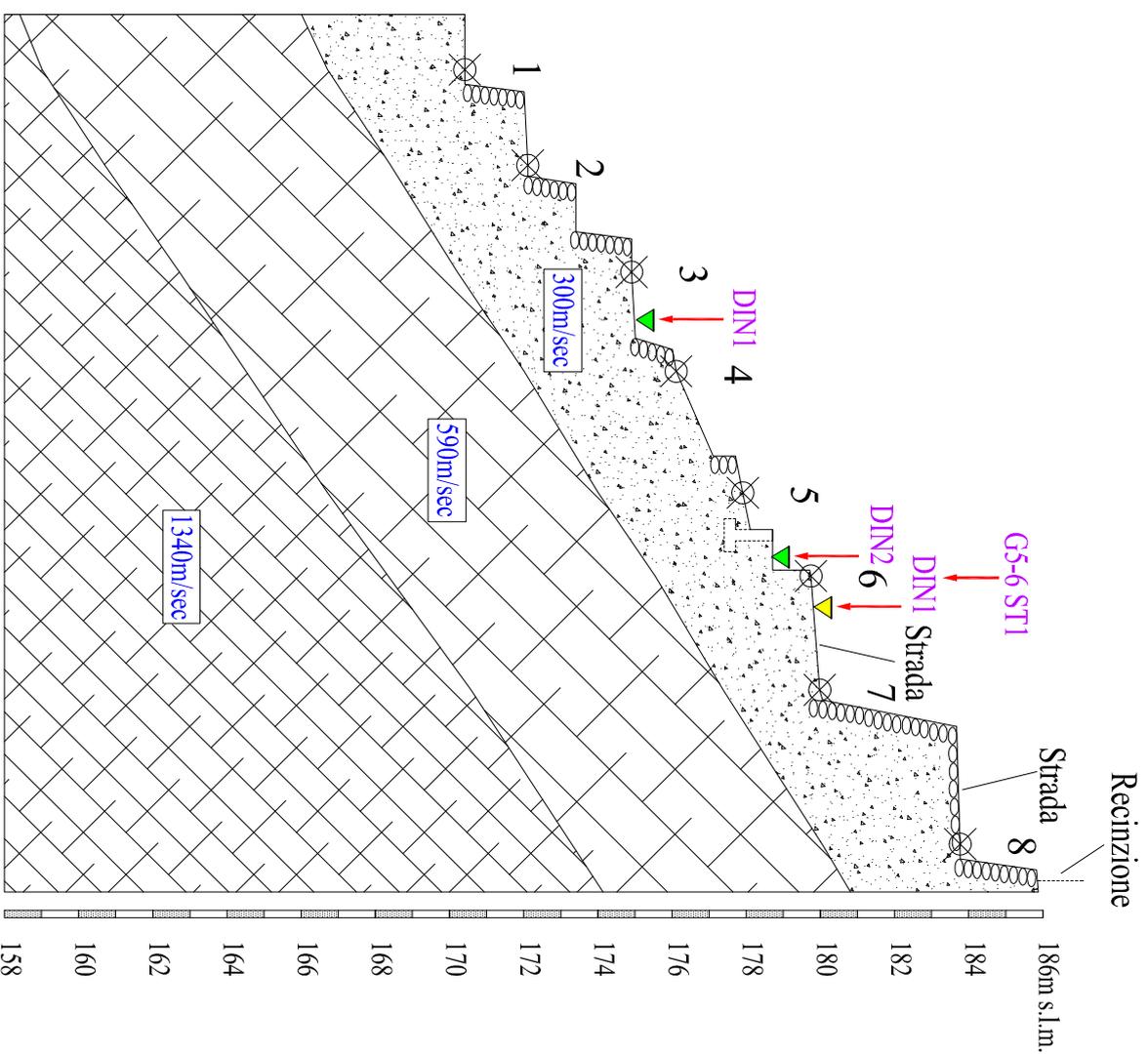
### Sezione "TRESANA 2-2' (con onde P)"

Tabella spessori-velocità

Ubicazione geofoni			1° Strato		2° Strato		3° Strato
1	1.5	170.4	3.7	<b>330</b>	11.4	<b>590</b>	<b>1340</b>
2	4.1	172.1	3.7	<b>330</b>	11.4	<b>590</b>	<b>1340</b>
3	7.0	174.9	4.7	<b>330</b>	12.2	<b>590</b>	<b>1340</b>
4	9.7	176.1	4.1	<b>330</b>	11.6	<b>590</b>	<b>1340</b>
5	13.0	177.9	3.9	<b>330</b>	11.2	<b>590</b>	<b>1340</b>
6	15.3	179.8	4.2	<b>330</b>	11.4	<b>590</b>	<b>1340</b>
7	18.4	180.0	2.6	<b>330</b>	9.4	<b>590</b>	<b>1340</b>
8	22.6	183.8	3.7	<b>330</b>	10.4	<b>590</b>	<b>1340</b>

Tabella n.4

# Sezione sismica: "TRESANA 2-2' (onde P)"



Terrano rimaneggiato e detrito di copertura superficiale

Geofoni verticali a 14hz

Scala 1:200

Detrito di copertura profondo e/o substrato roccioso fratturato

Prove penetrometriche dinamiche medie

Figura n.4

Substrato roccioso lioide più compatto

Prova penetrometrica dinamica superpesante

# COMUNE DI TRESANA



## **Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

**Coordinate primo e ultimo geofono stendimento in Coordinate WGS 84**

**Geofono n.1: Lat. 44,254941      Long. 9,914515**

**Geofono n.8: Lat. 44,255015      Long. 9,914763**

## **PROFILO DI SISMICA A RIFRAZIONE**

### **“TRESANA 2-2’ ” con ONDE P**

**TAB.3:** TABELLA DEI TEMPI DI ARRIVO SEZIONE "TRESANA 2-2' " (con onde P)

**FIG.3:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 2-2' " (con onde P)

**TAB.4:** TABELLA PROFONDITÀ E VELOCITÀ SEZIONE "TRESANA 2-2' " (con onde P)

**FIG.4:** SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA SEZIONE "TRESANA 2-2' " (con onde P)

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 3-3' (con onde P)"

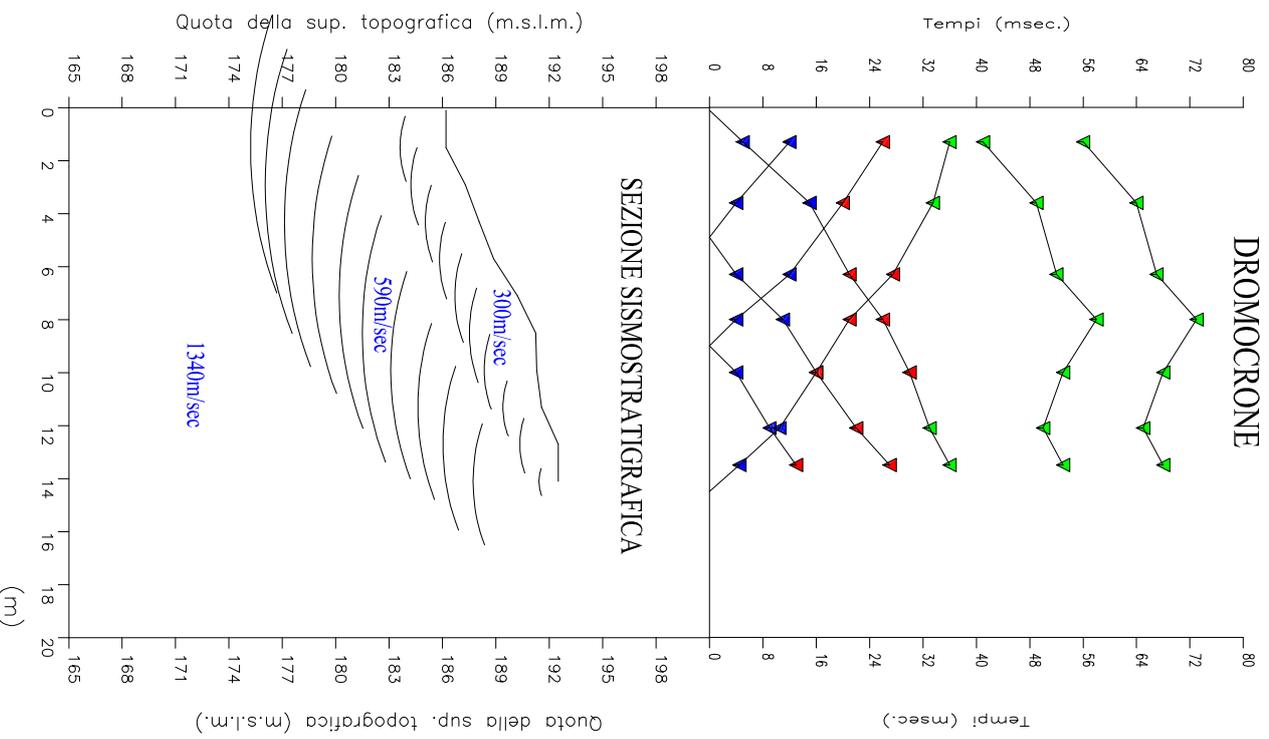
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra lontano	<b>E1a</b>	-25.0	173.0
Colpo esterno a sinistra vicino	<b>E1b</b>	-18.0	178.0
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.0	185.9
Colpo centrale	<b>D1</b>	4.9	188.5
Colpo centrale	<b>D2</b>	9.0	191.2
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	14.5	194.6

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra ( <b>E1a</b> )	Esterno a sinistra ( <b>E1b</b> )	Estremo a sinistra ( <b>A</b> )	Intermedio a sinistra ( <b>D1</b> )	Intermedio a destra ( <b>D2</b> )	Estremo a destra ( <b>B</b> )
1	1.3	56.00	41.00	5.00	12.00	26.00	36.00
2	3.6	64.00	49.00	15.00	4.00	20.00	33.50
3	6.3	67.00	52.00	21.00	4.00	12.00	27.50
4	8.0	73.00	58.00	26.00	11.00	4.00	21.00
5	10.0	68.00	53.00	30.00	16.00	4.00	16.00
6	12.1	65.00	50.00	33.00	21.00	9.00	10.50
7	13.5	68.00	53.00	36.00	27.00	13.00	4.50

Tabella n.5



### LEGENDA

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- 890m/sec  
velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1°strato
- geofoni nel 2°strato
- geofoni nel 3°strato
- geofoni nel 4°strato

Geognostica Apuana srl  
 Via Tinelli n.25/a  
 54100 MASSA  
 tel e fax n.0585/40997 e-mail: geognostica.apuana@gmail.com

### PROSPEZIONE SISMICA DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 3-3'

Fig. n.5 ONDE P

## Località: "TRESANA"

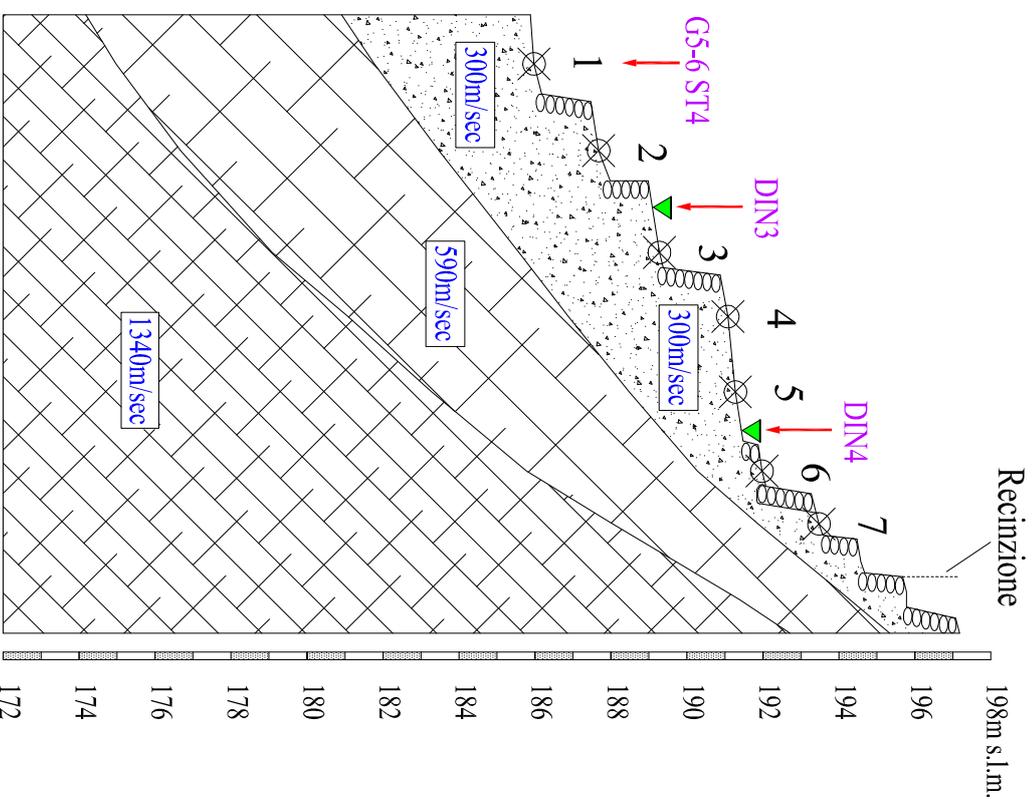
### Sezione "TRESANA 3-3' (con onde P)"

Tabella spessori-velocità

Ubicazione geofoni			1° Strato		2° Strato		3° Strato
1	1.3	186.0	4.2	<b>300</b>	11.0	<b>590</b>	<b>1340</b>
2	3.6	187.7	4.2	<b>300</b>	11.0	<b>590</b>	<b>1340</b>
3	6.3	189.3	3.7	<b>300</b>	10.2	<b>590</b>	<b>1340</b>
4	8.0	191.1	4.2	<b>300</b>	10.0	<b>590</b>	<b>1340</b>
5	10.0	191.3	2.8	<b>300</b>	8.0	<b>590</b>	<b>1340</b>
6	12.1	192.0	1.7	<b>300</b>	6.2	<b>590</b>	<b>1340</b>
7	13.5	193.5	1.6	<b>300</b>	5.4	<b>590</b>	<b>1340</b>

Tabella n.6

# Sezione sismica: "TRESANA 3-3' (onde P)"



Terreno rimaneggiato e detrito di copertura superficiale



Geofoni verticali a 14hz



Detrito di copertura profondo e/o substrato roccioso fratturato

Prove penetrometriche dinamiche medie



Substrato roccioso litoido più compatto

Scala 1:200

Figura n.6

# COMUNE DI TRESANA



## **Località: TRESANA**

*“MITIGAZIONE MOVIMENTO GRAVITATIVO CON MESSA IN SICUREZZA DELLA STRADA INTERNA AL CASTELLO DI TRESANA”*

**Coordinate primo e ultimo geofono stendimento in Coordinate WGS 84**

**Geofono n.1: Lat. 44,255201      Long. 9,914704**

**Geofono n.12: Lat. 44,254917      Long. 9,914920**

## **PROFILO DI SISMICA A RIFRAZIONE**

### **“TRESANA 4-4’ ” con ONDE P e SH**

**TAB.7:** TABELLA DEI TEMPI DI ARRIVO SEZIONE "TRESANA 4-4' " (con onde P e SH)

**FIG.7a:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 4-4' " (onde P)

**FIG.7b:** DROMOCRONE E SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SEZIONE "TRESANA 4-4' " (onde SH)

**TAB.8:** TABELLA PROFONDITÀ E VELOCITÀ SEZIONE "TRESANA 4-4' " (con onde P e SH)

**FIG.8:** SEZIONE SISMICA INTERPRETATIVA SEZIONE "TRESANA 4-4' " (con onde P e SH)

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 4-4' (con onde P)"

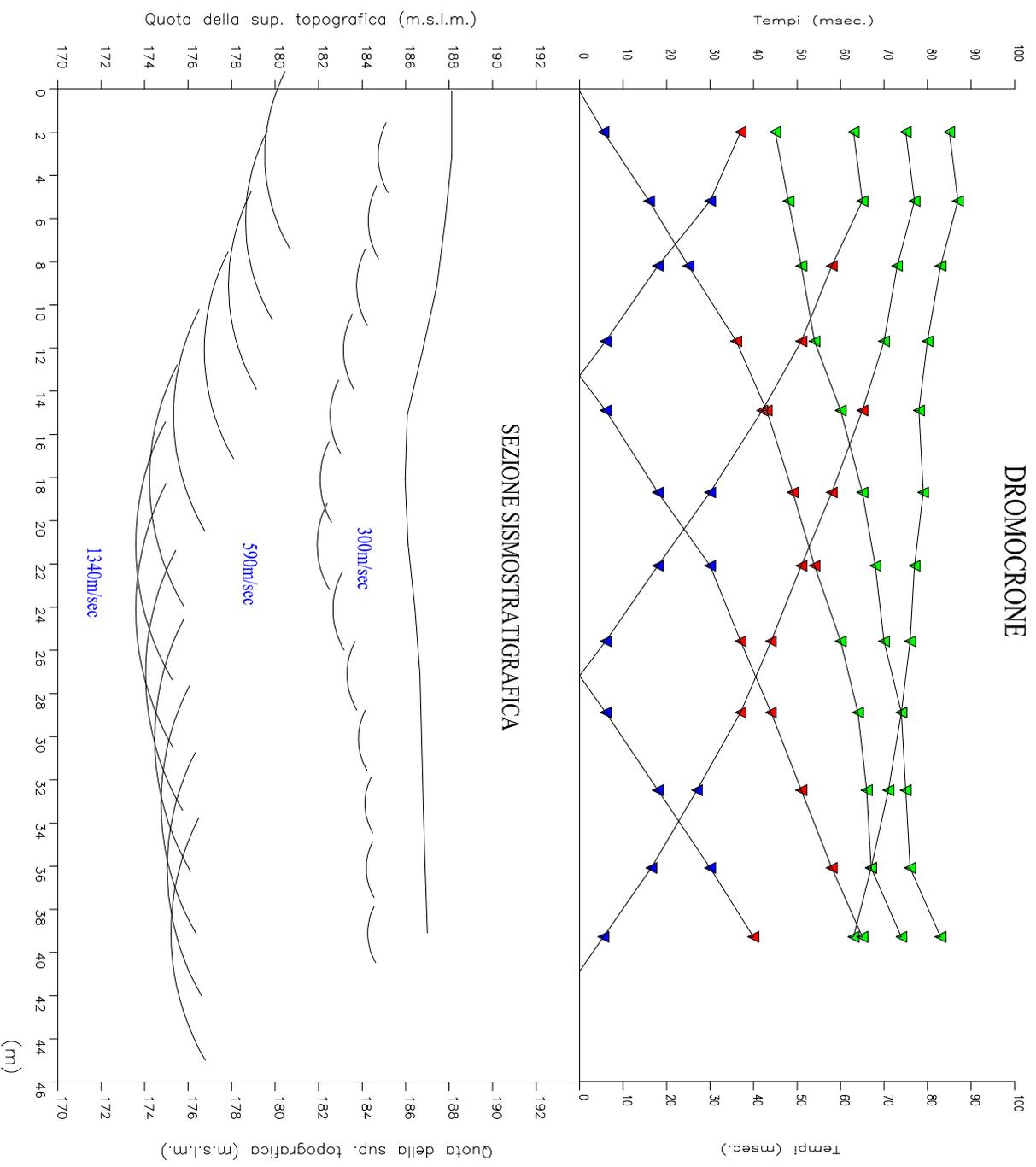
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	<b>E1</b>	-18.0	191.0
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.0	188.5
Colpo intermedio a sinistra	<b>D1</b>	13.3	186.5
Colpo intermedio a destra	<b>D2</b>	27.2	186.7
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	40.9	187.1
Colpo esterno a destra	<b>E2</b>	68.0	185.0

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra (E1)	Estremo a sinistra (A)	Intermedio a sinistra (D1)	Intermedio a destra (D2)	Estremo a destra (B)	Esterno a destra (E2)
1	2.0	45.00	5.50	37.00	62.00	74.00	85.00
2	5.2	48.00	16.00	30.00	65.00	77.00	87.00
3	8.2	51.00	25.00	18.00	58.00	73.00	83.00
4	11.7	54.00	36.00	6.00	51.00	70.00	80.00
5	14.9	60.00	43.00	6.00	42.00	65.00	78.00
6	18.7	65.00	49.00	18.00	30.00	58.00	79.00
7	22.1	68.00	54.00	30.00	18.00	51.00	77.0
8	25.6	70.00	60.00	37.00	6.00	44.00	76.00
9	28.9	74.00	64.00	44.00	6.00	37.00	74.00
10	32.5	75.00	66.00	51.00	18.00	27.00	71.00
11	36.1	76.00	67.00	58.00	30.00	16.50	67.00
12	39.3	83.00	74.00	65.00	40.00	5.50	63.00

Tabella n.7a



**LEGENDA**

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'involuppo degli archi
- 890m/sec  
velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1° strato
- geofoni nel 2° strato
- geofoni nel 3° strato
- geofoni nel 4° strato

Geognostica Apuana srl  
 Via Timelli n.25/a  
 54100 MASSA  
 tel e fax n.0585/40997 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

**PROSPEZIONE SISMICA  
 DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE**

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 4-4'

**Fig. n.7a** **ONDE P**

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 4-4' (con onde SH)"

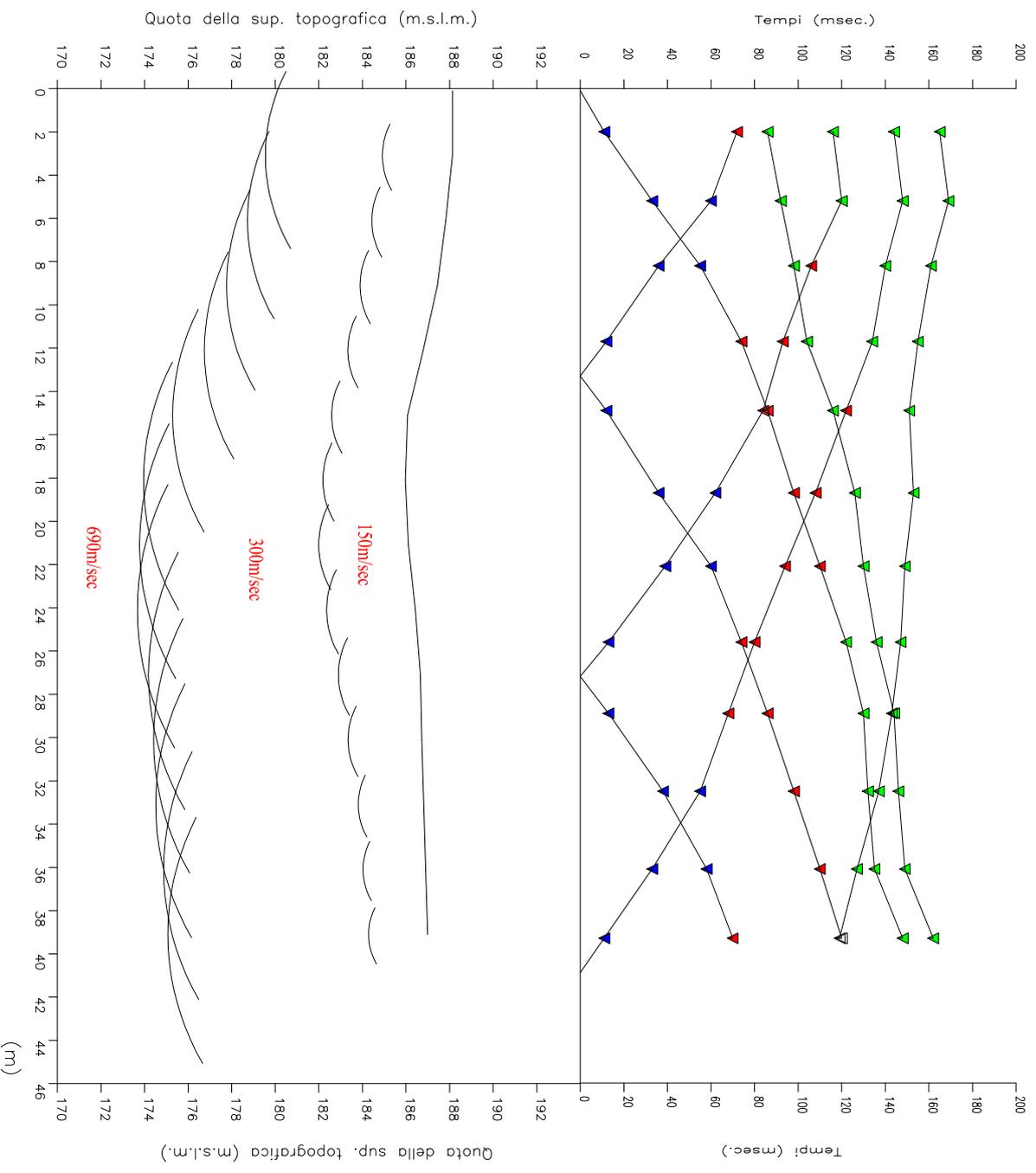
#### Geometria energizzazioni

	Simbolo	Posizione (m)	Quota (m s.l.m.)
Colpo esterno a sinistra	<b>E1</b>	-18.0	191.0
Colpo estremo a sinistra	<b>A</b>	0.0	188.5
Colpo intermedio a sinistra	<b>D1</b>	13.3	186.5
Colpo intermedio a destra	<b>D2</b>	27.2	186.7
Colpo estremo a destra	<b>B</b>	40.9	187.1
Colpo esterno a destra	<b>E2</b>	68.0	185.0

#### Tempi di arrivo in millisecondi

Geofono n°	Posizione (m)	Esterno a sinistra (E1)	Estremo a sinistra (A)	Intermedio a sinistra (D1)	Intermedio a destra (D2)	Estremo a destra (B)	Esterno a destra (E2)
1	2.0	86.00	11.00	72.00	116.00	144.00	165.00
2	5.2	92.00	33.00	60.00	120.00	148.00	169.00
3	8.2	98.00	55.00	36.00	106.00	140.00	161.00
4	11.7	104.00	74.00	12.00	93.00	134.00	155.00
5	14.9	116.00	86.00	12.00	81.00	122.00	151.00
6	18.7	126.00	98.00	36.00	62.00	108.00	153.00
7	22.1	130.00	110.00	60.00	39.00	94.00	149.00
8	25.6	136.00	122.00	74.00	13.00	80.00	147.00
9	28.9	144.00	130.00	86.00	13.00	68.00	143.00
10	32.5	146.00	132.00	98.00	38.00	55.00	137.00
11	36.1	149.00	135.00	110.00	58.00	33.00	127.00
12	39.3	162.00	148.00	120.00	70.00	11.00	119.00

Tabella n.7b



### LEGENDA

- tempi dei primi arrivi ai geofoni
- profilo topografico
- distanza dalla superficie topografica del limite di strato all'inviluppo degli archi
- velocità sismica delle onde SH nello strato in metri al secondo
- geofoni nel 1°strato
- geofoni nel 2°strato
- geofoni nel 3°strato
- geofoni nel 4°strato

Geognostica Apuana srl  
 Via Tinelli n.25/a  
 54100 MASSA  
 tel e fax n.0585/40997 e-mail geognostica.apuana@gmail.com

### PROSPERAZIONE SISMICA DI SUPERFICIE A RIFRAZIONE

Comm.: Comune di Tresana

Linea sismica: TRESANA 4-4'

Fig. n.7b ONDE SH

## Località: "TRESANA"

### Sezione "TRESANA 4-4' (con onde P e SH)"

Tabella spessori-velocità

Ubicazione geofoni			1° Strato		2° Strato		3° Strato
Geofono n°	Posizione relativa	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde P ed SH	Profondità (m)	Velocità (m/s) Onde P ed SH	Velocità (m/s) Onde P ed SH
1	2.0	188.3	3.2	300-150	8.4	590-300	1340-690
2	5.2	187.9	3.4	300-150	9.0	590-300	1340-690
3	8.2	187.6	3.6	300-150	9.6	590-300	1340-690
4	11.7	186.9	3.6	300-150	10.2	590-300	1340-690
5	14.9	186.1	3.6	300-150	10.8	590-300	1340-690
6	18.7	186.0	4.0	300-150	12.0	590-300	1340-690
7	22.1	186.2	4.2	300-150	12.6	590-300	1340-690
8	25.6	186.6	4.0	300-150	12.8	590-300	1340-690
9	28.9	186.7	3.6	300-150	12.4	590-300	1340-690
10	32.5	186.8	3.2	300-150	12.2	590-300	1340-690
11	36.1	186.9	3.0	300-150	12.0	590-300	1340-690
24	39.3	187.0	2.8	300-150	11.8	590-300	1340-690

Tabella n.8

# Sezione sismica: "TRESANA 4-4' (onde P e SH)"

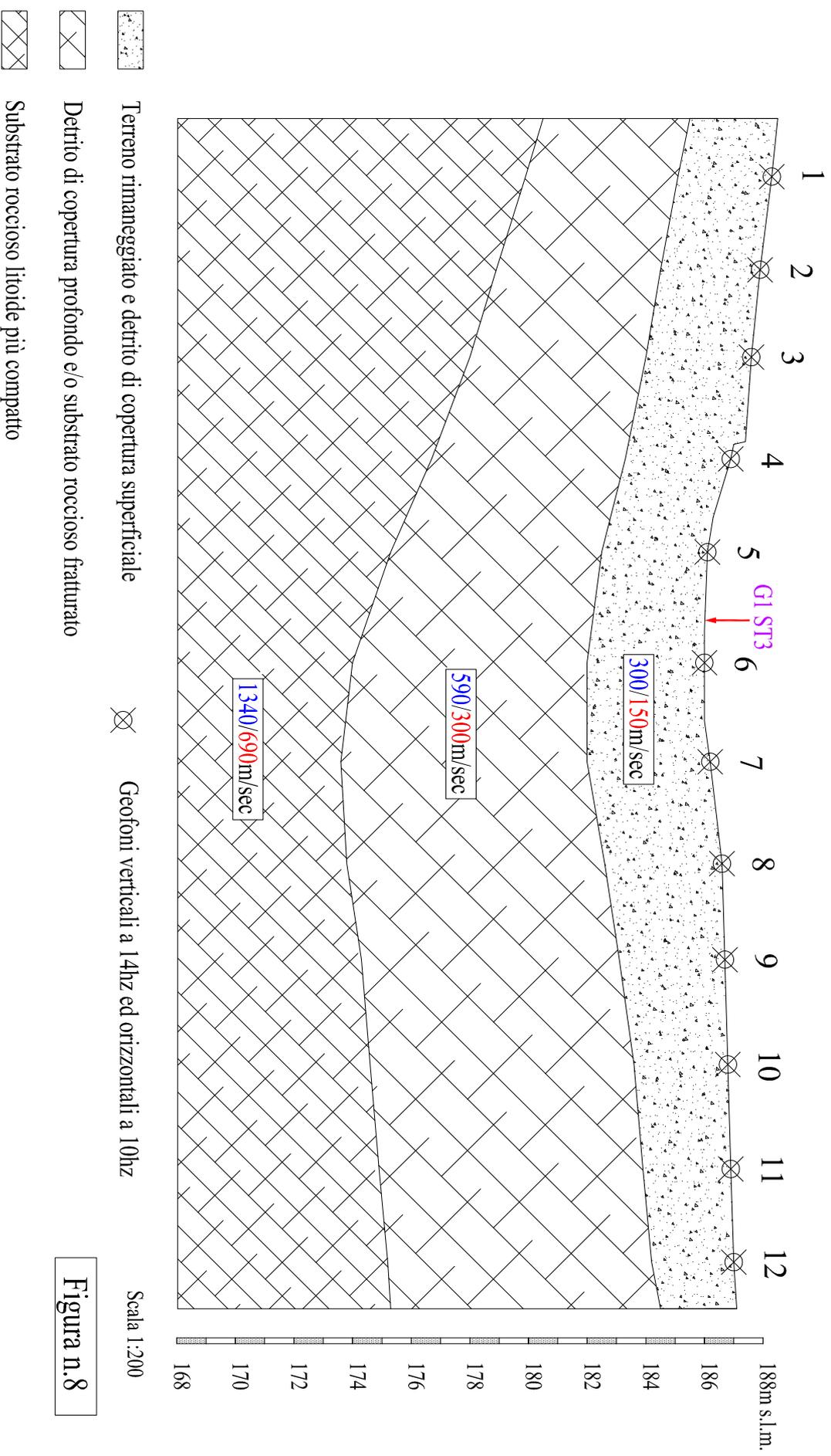
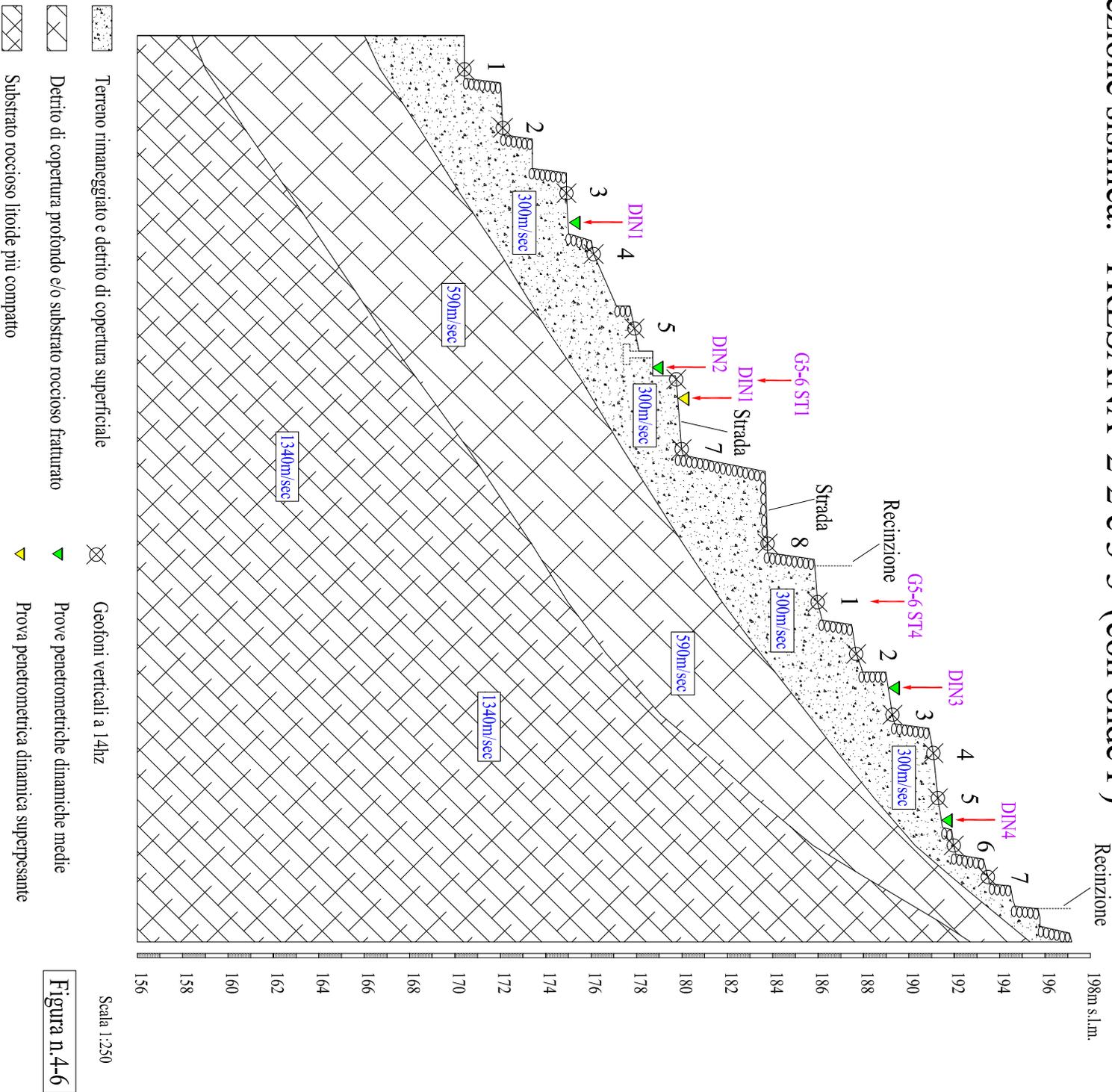


Figura n. 8

# Sezione sismica: "TRESANA 2-2 e 3-3' (con onde P)"



Scala 1:250

Figura n.4-6

# COMUNE DI TRESANA



**Località: TRESANA**

## VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALI DEL VERSANTE STATO ATTUALE

### CONDIZIONI STATICHE

Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) – senza falda

### CONDIZIONI STATICHE

Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) – con falda

### CONDIZIONI SISMICHE

Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) – senza falda

### CONDIZIONI SISMICHE

Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) – con falda

**Relazione di calcolo Verifica di stabilità globale del versante nello**  
**STATO ATTUALE IN CONDIZIONI STATICHE**  
**utilizzando l'APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**  
**SENZA PRESENZA DI FALDA**

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

Lat./Long.	44.315256/9.979006
Normativa	NTC 20108
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4.13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	32.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.054	2.431	0.237
S.L.D.	50.0	0.07	2.438	0.252
S.L.V.	475.0	0.178	2.408	0.285
S.L.C.	975.0	0.228	2.405	0.288

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.0778	0.2	0.0016	0.0008
S.L.D.	0.1008	0.2	0.0021	0.001
S.L.V.	0.2563	0.2	0.0052	0.0026
S.L.C.	0.3283	0.2	0.0067	0.0033

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.1	0.0
2	2.1	0.0
3	2.1	1.6
4	4.1	1.7
5	4.6	1.76
6	4.6	3.0
7	5.9	3.0
8	6.1	3.0
9	6.1	4.5
10	7.0	4.5
11	8.8	4.6
12	9.1	4.6
13	9.1	5.6
14	9.7	5.7
15	12.0	6.7
16	12.0	7.3
17	14.3	7.3
18	14.3	8.3
19	15.1	8.3
20	15.1	9.47
21	15.26	9.47
22	18.36	9.47
23	18.63	9.65
24	19.35	9.65
25	19.35	13.26
26	22.55	13.26
27	22.95	13.36
28	23.25	13.36
29	23.25	15.41
30	25.15	15.57
31	25.95	15.77
32	26.15	15.77
33	26.15	17.07
34	27.45	17.27
35	28.25	17.57
36	28.25	18.57
37	30.15	18.87
38	30.55	18.97
39	30.75	18.97
40	30.75	20.47
41	31.85	20.67
42	33.85	20.87
43	35.15	21.07
44	35.25	21.47
45	35.95	21.57
46	36.35	21.67
47	36.55	22.87
48	37.35	23.07
49	37.65	23.17
50	37.75	24.07
51	38.35	24.17
52	38.65	24.27
53	38.75	25.27
54	39.15	25.37
55	39.55	25.37
56	39.85	26.67
57	40.25	26.77

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-4.59
2	7.0	-0.2
3	9.7	1.6
4	13.0	3.6
5	15.26	5.14
6	18.36	6.97
7	22.59	9.66
8	25.15	11.37
9	27.45	13.07
10	30.15	15.17

11	31.85	16.47
12	33.85	18.07
13	35.95	19.87
14	37.35	21.47
15	38.35	22.67
16	39.35	23.87
17	40.25	24.93

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-12.32
2	4.1	-9.7
3	5.55	-8.7
4	7.0	-7.7
5	8.35	-6.8
6	9.7	-5.9
7	11.35	-4.8
8	13.0	-3.7
9	15.26	-2.06
10	16.81	-0.95
11	18.36	0.17
12	21.04	1.96
13	22.55	2.96
14	25.15	4.57
15	27.45	6.27
16	30.15	8.67
17	31.85	10.67
18	33.85	12.87
19	35.95	15.37
20	37.3	17.57
21	39.35	20.97
22	39.8	21.63
23	40.25	22.3

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.03	0.3	27	2000	2000	Detrito di copertura
2	0.3		32	2200		Substrato roccioso alterato e degradato
3	1.2		35	2400		Substrato roccioso compatto

**Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche**

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	2.1	-0.09	0	0	1.7	0.2	0.4	1800
2	4.63	1.63	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
3	6.12	2.91	0	0	1.6	0.2	0.4	1800
4	9.09	4.5	0	0	1.1	0.2	0.4	1800
5	14.3	7.2	0.2	0.2	1.1	0.2	0.2	1800
6	19.34	9.54	0	0	3.7	0.3	0.6	1800
7	23.24	13.33	0	0	2.1	0.3	0.5	1800
8	26.17	15.66	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
9	30.8	18.86	0	0	1.6	0.2	0.4	1800

## Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.25	9.47	18.25	9.47	0.2
2	19.4	13.259	22.4	13.259	0.2

## Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	<b>0.75</b>
Ascissa centro superficie	9.05 m
Ordinata centro superficie	32.04 m
Raggio superficie	25.59 m

**xc = 9.052 yc = 32.043 Rc = 25.593 Fs=0.755**

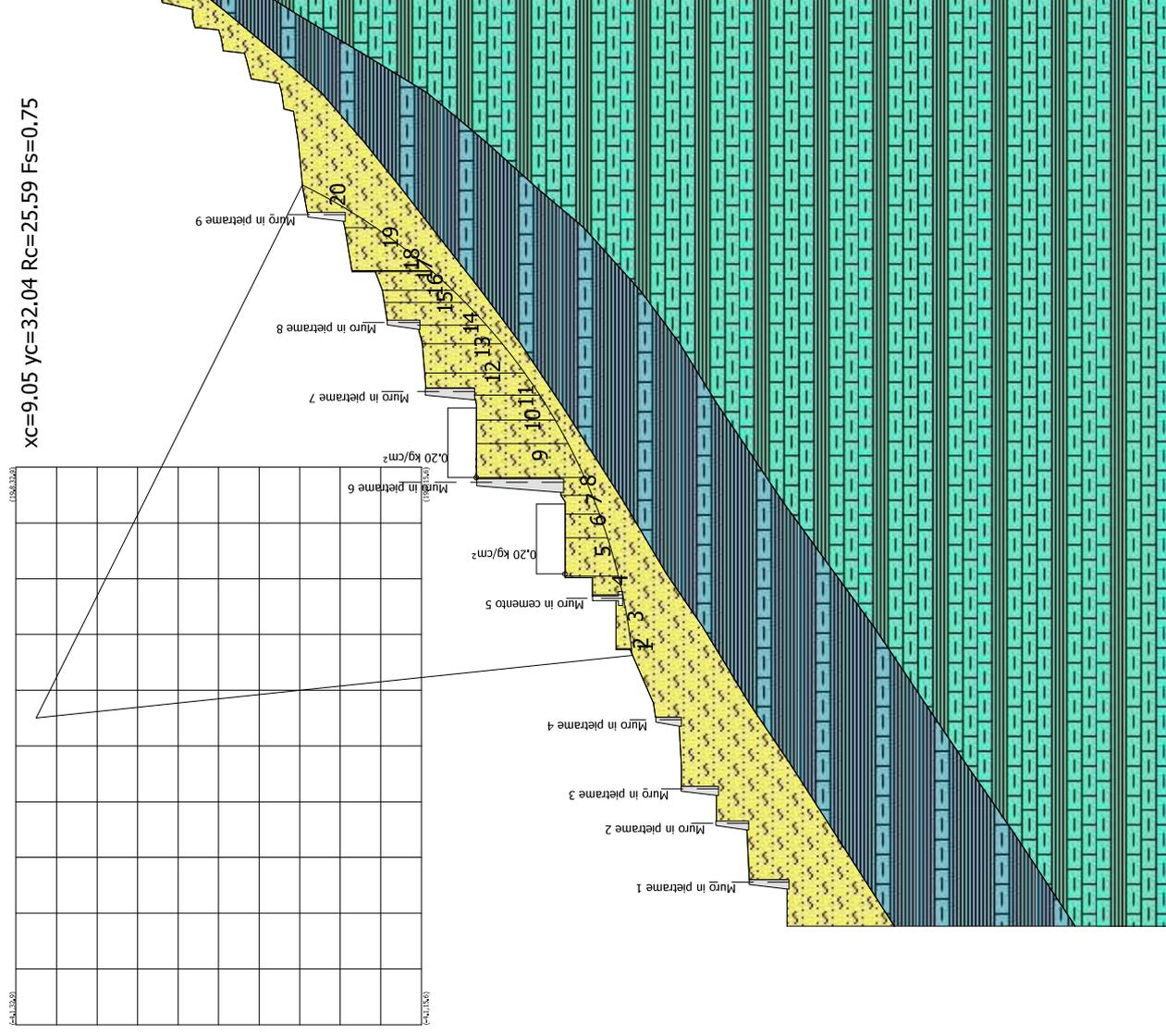
Lambda = 0.718

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.25	6.34	0.25	19.67
2	0.05	6.67	0.05	37.66
3	2.3	9.34	2.33	2964.78
4	0.8	12.87	0.82	1932.0
5	1.66	15.72	1.73	9983.4
6	1.01	18.85	1.07	5357.58
7	0.81	21.01	0.87	2987.13
8	0.76	22.91	0.83	4801.43
9	1.46	25.65	1.62	15458.2
10	1.01	28.76	1.15	9414.76
11	1.08	31.47	1.26	7625.81
12	0.95	34.16	1.14	10144.44
13	1.25	37.2	1.57	9680.76
14	0.8	40.13	1.05	5106.38
15	0.98	42.8	1.34	8295.52
16	0.52	45.12	0.74	3364.67
17	0.8	47.27	1.18	4391.3
18	0.05	48.67	0.08	292.32
19	1.85	52.13	3.01	8981.57
20	1.84	59.57	3.63	6484.83

## Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	501.41	697.93	0.0	0.0	-401.75	-125.84	0.0
2	1005.01	1398.89	501.41	697.93	-381.38	-172.72	0.0
3	2290.73	3188.53	1005.01	1398.89	1947.16	1630.03	0.0
4	3120.53	4343.53	2290.73	3188.53	1331.72	891.17	0.0
5	5060.26	7043.49	3120.53	4343.53	8474.3	4660.31	0.0
6	6006.03	8359.93	5060.26	7043.49	4600.54	2568.04	0.0
7	6606.5	9195.74	6006.03	8359.93	2527.65	1491.77	0.0
8	8702.5	12113.21	6606.5	9195.74	4409.44	2404.77	0.0
9	9182.46	12781.28	8702.5	12113.21	13791.02	7240.86	0.0
10	9263.04	12893.44	9182.46	12781.28	8236.61	4378.09	0.0
11	9163.74	12755.22	9263.04	12893.44	6517.02	3565.0	0.0
12	9273.63	12908.17	9163.74	12755.22	8958.12	4729.47	0.0
13	8467.16	11785.63	9273.63	12908.17	7674.56	4223.52	0.0
14	8084.19	11252.58	8467.16	11785.63	3853.2	2194.6	0.0
15	7317.98	10186.06	8084.19	11252.58	6268.12	3464.39	0.0
16	7063.51	9831.87	7317.98	10186.06	2302.65	1343.42	0.0
17	6533.69	9094.4	7063.51	9831.87	2797.78	1714.66	0.0
18	6899.47	9603.53	6533.69	9094.4	333.81	185.8	0.0
19	5030.68	7002.31	6899.47	9603.53	4607.25	3133.64	0.0
20	3777.3	5257.71	5030.68	7002.31	2913.91	2480.17	0.0

# VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE CONDIZIONI STATICHE A2+M2+R2 - SENZA FALDA



Detrito di copertura  
 $g=2000\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2000\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=27^\circ$   
 $c=0.03\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso alterato e degradato  
 $g=2200\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=32^\circ$   
 $c=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso compatto  
 $g=2400\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=35^\circ$   
 $c=1.2\text{ kg/cm}^2$

**Relazione di calcolo Verifica di stabilità globale del versante nello**  
**STATO ATTUALE IN CONDIZIONI STATICHE**  
**utilizzando l'APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**  
**CON PRESENZA DI FALDA**

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

Lat./Long.	44.315256/9.979006
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4.13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	32.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.054	2.431	0.237
S.L.D.	50.0	0.070	2.438	0.252
S.L.V.	475.0	0.178	2.408	0.285
S.L.C.	975.0	0.228	2.405	0.288

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.768	0.180	0.014	0.007
S.L.D.	0.984	0.180	0.018	0.009
S.L.V.	2.509	0.240	0.061	0.031
S.L.C.	3.173	0.310	0.100	0.050

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.1	0.0
2	2.1	0.0
3	2.1	1.6
4	4.1	1.7
5	4.6	1.76
6	4.6	3.0
7	5.9	3.0
8	6.1	3.0
9	6.1	4.5
10	7.0	4.5
11	8.8	4.6
12	9.1	4.6
13	9.1	5.6
14	9.7	5.7
15	12.0	6.7
16	12.0	7.3
17	14.3	7.3
18	14.3	8.3
19	15.1	8.3
20	15.1	9.47
21	15.26	9.47
22	18.36	9.47
23	18.63	9.65
24	19.35	9.65
25	19.35	13.26
26	22.55	13.26
27	22.95	13.36
28	23.25	13.36
29	23.25	15.41
30	25.15	15.57
31	25.95	15.77
32	26.15	15.77
33	26.15	17.07
34	27.45	17.27
35	28.25	17.57
36	28.25	18.57
37	30.15	18.87
38	30.55	18.97
39	30.75	18.97
40	30.75	20.47
41	31.85	20.67
42	33.85	20.87
43	35.15	21.07
44	35.25	21.47
45	35.95	21.57
46	36.35	21.67
47	36.55	22.87
48	37.35	23.07
49	37.65	23.17
50	37.75	24.07
51	38.35	24.17
52	38.65	24.27
53	38.75	25.27
54	39.15	25.37
55	39.55	25.37
56	39.85	26.67
57	40.25	26.77

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.1	-2.5
2	7.08	1.56
3	9.76	3.3
4	12.89	5.29
5	15.3	6.85
6	18.39	8.77
7	22.64	11.38
8	25.11	13.01
9	27.59	14.82

10	30.27	16.84
11	32.01	18.2
12	34.76	20.39
13	36.67	21.81
14	38.52	23.55
15	39.46	24.63
16	40.25	25.47

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-4.59
2	7.0	-0.2
3	9.7	1.6
4	13.0	3.6
5	15.26	5.14
6	18.36	6.97
7	22.59	9.66
8	25.15	11.37
9	27.45	13.07
10	30.15	15.17
11	31.85	16.47
12	33.85	18.07
13	35.95	19.87
14	37.35	21.47
15	38.35	22.67
16	39.35	23.87
17	40.25	24.93

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-12.32
2	4.1	-9.7
3	5.55	-8.7
4	7.0	-7.7
5	8.35	-6.8
6	9.7	-5.9
7	11.35	-4.8
8	13.0	-3.7
9	15.26	-2.06
10	16.81	-0.95
11	18.36	0.17
12	21.04	1.96
13	22.55	2.96
14	25.15	4.57
15	27.45	6.27
16	30.15	8.67
17	31.85	10.67
18	33.85	12.87
19	35.95	15.37
20	37.3	17.57
21	39.35	20.97
22	39.8	21.63
23	40.25	22.3

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.03	0.3	27	2000	2000	Detrito di copertura

2	0.3		32	2200		Substrato roccioso alterato e degradato
3	1.2		35	2400		Substrato roccioso compatto

**Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche**

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m³)
1	2.1	-0.09	0	0	1.7	0.2	0.4	1800
2	4.63	1.63	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
3	6.12	2.91	0	0	1.6	0.2	0.4	1800
4	9.09	4.5	0	0	1.1	0.2	0.4	1800
5	14.3	7.2	0.2	0.2	1.1	0.2	0.2	1800
6	19.34	9.54	0	0	3.7	0.3	0.6	1800
7	23.24	13.33	0	0	2.1	0.3	0.5	1800
8	26.17	15.66	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
9	30.8	18.86	0	0	1.6	0.2	0.4	1800

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	15.25	9.47	18.25	9.47	0.2
2	19.4	13.259	22.4	13.259	0.2

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

Fs minimo individuato	0.65
Ascissa centro superficie	7.85 m
Ordinata centro superficie	29.45 m
Raggio superficie	24.54 m

**xc = 7.853 yc = 29.448 Rc = 24.536 Fs=0.655**

Lambda = 0.509

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.58	3.64	0.58	798.52
2	1.5	6.08	1.51	2934.95
3	0.8	8.79	0.81	2113.64
4	0.05	9.79	0.05	173.02
5	2.3	12.6	2.36	8882.0
6	1.02	16.6	1.07	5097.78
7	1.04	19.14	1.1	8764.31
8	1.04	21.74	1.12	7953.75
9	1.17	24.56	1.29	7060.75
10	0.91	27.26	1.03	6973.71
11	1.04	29.87	1.2	12704.46
12	1.04	32.72	1.24	11382.71
13	1.31	36.06	1.62	11122.63
14	0.77	39.12	1.0	9249.46
15	1.43	42.55	1.94	11832.09
16	0.8	46.16	1.15	5146.39
17	0.9	49.12	1.38	7458.36
18	0.6	51.86	0.97	3502.6
19	0.8	54.6	1.38	3504.93
20	1.73	60.3	3.49	5196.95

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	640.58	1257.29	0.0	0.0	237.34	329.01	0.0
2	1832.24	3596.23	640.58	1257.29	1981.28	1625.58	0.0
3	2679.9	5259.98	1832.24	3596.23	1505.31	1121.0	0.0
4	3055.94	5998.04	2679.9	5259.98	-74.57	-25.3	0.0
5	5255.8	10315.83	3055.94	5998.04	7552.61	5061.47	0.0

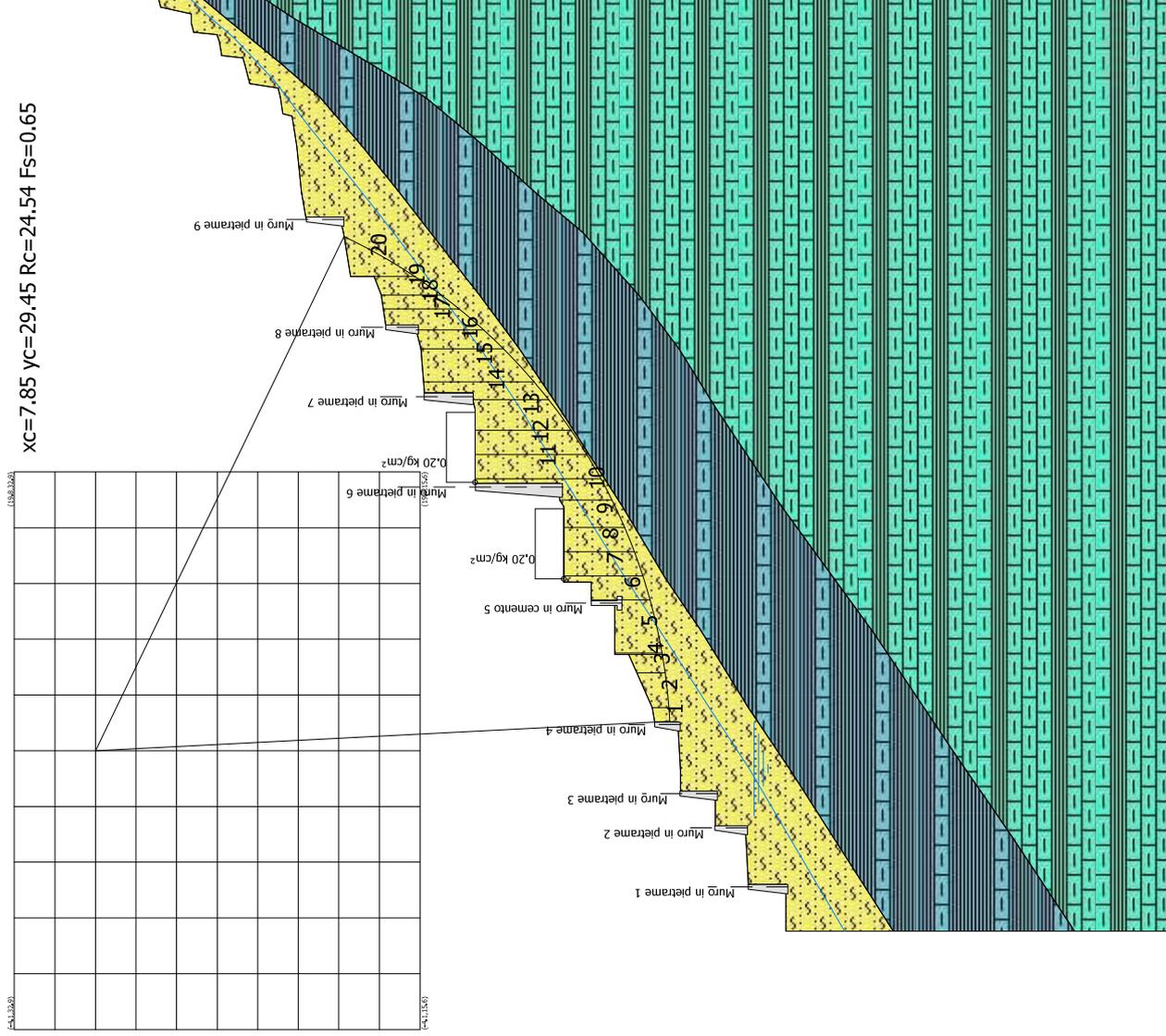
SLOPE

---

6	5908.55	11597.02	5255.8	10315.83	3952.41	2594.14	645.31
7	6622.53	12998.37	5908.55	11597.02	7012.87	4338.29	993.75
8	6903.1	13549.07	6622.53	12998.37	5975.04	3757.01	1259.83
9	6815.73	13377.57	6903.1	13549.07	4608.82	3038.59	1656.78
10	7518.65	14757.24	6815.73	13377.57	5523.1	3469.76	1424.84
11	6963.36	13667.35	7518.65	14757.24	9005.57	5499.35	1691.32
12	6123.47	12018.84	6963.36	13667.35	7369.49	4585.41	1701.81
13	5016.22	9845.6	6123.47	12018.84	6084.3	3986.0	2039.21
14	4324.09	8487.12	5016.22	9845.6	6082.94	3775.93	1095.18
15	2748.13	5393.9	4324.09	8487.12	5472.69	3744.04	1704.24
16	1901.83	3732.83	2748.13	5393.9	1935.05	1480.52	704.89
17	986.92	1937.07	1901.83	3732.83	3722.27	2566.61	512.74
18	619.81	1216.52	986.92	1937.07	1621.67	1240.97	124.55
19	338.49	664.37	619.81	1216.52	1743.16	1447.24	0.0
20	-410.53	-805.76	338.49	664.37	1669.48	2109.31	0.0

# VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE CONDIZIONI STATICHE A2+M2+R2 - CON PRESENZA DI FALDA

XC=7.85 YC=29.45 Rc=24.54 Fs=0.65



W.T. 1 (A)

Detrito di copertura  
 $g=2000\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2000\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=27^\circ$   
 $c=0.03\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso alterato e degradato  
 $g=2200\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=32^\circ$   
 $c=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso compatto  
 $g=2400\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=35^\circ$   
 $c=1.2\text{ kg/cm}^2$

**Relazione di calcolo Verifica di stabilità globale del versante nello**  
**STATO ATTUALE IN CONDIZIONI SISMICHE**  
**utilizzando l'APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**  
**SENZA FALDA**

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

Lat./Long.	44.315256/9.979006
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4.13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	32.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.054	2.431	0.237
S.L.D.	50.0	0.070	2.438	0.252
S.L.V.	475.0	0.178	2.408	0.285
S.L.C.	975.0	0.228	2.405	0.288

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.768	0.180	0.014	0.007
S.L.D.	0.984	0.180	0.018	0.009
S.L.V.	2.509	0.240	0.061	0.031
S.L.C.	3.173	0.310	0.100	0.050

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.061
Coefficiente azione sismica verticale	0.031

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.1	0.0
2	2.1	0.0
3	2.1	1.6
4	4.1	1.7
5	4.6	1.76
6	4.6	3.0
7	5.9	3.0
8	6.1	3.0
9	6.1	4.5
10	7.0	4.5
11	8.8	4.6
12	9.1	4.6
13	9.1	5.6
14	9.7	5.7
15	12.0	6.7
16	12.0	7.3
17	14.3	7.3
18	14.3	8.3
19	15.1	8.3
20	15.1	9.47
21	15.26	9.47
22	18.36	9.47
23	18.63	9.65
24	19.35	9.65
25	19.35	13.26
26	22.55	13.26
27	22.95	13.36
28	23.25	13.36
29	23.25	15.41
30	25.15	15.57
31	25.95	15.77
32	26.15	15.77
33	26.15	17.07
34	27.45	17.27
35	28.25	17.57
36	28.25	18.57
37	30.15	18.87
38	30.55	18.97
39	30.75	18.97
40	30.75	20.47
41	31.85	20.67
42	33.85	20.87
43	35.15	21.07
44	35.25	21.47
45	35.95	21.57
46	36.35	21.67
47	36.55	22.87
48	37.35	23.07
49	37.65	23.17
50	37.75	24.07
51	38.35	24.17
52	38.65	24.27
53	38.75	25.27
54	39.15	25.37
55	39.55	25.37
56	39.85	26.67
57	40.25	26.77

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-4.59
2	7.0	-0.2
3	9.7	1.6
4	13.0	3.6
5	15.26	5.14
6	18.36	6.97
7	22.59	9.66
8	25.15	11.37
9	27.45	13.07
10	30.15	15.17

11	31.85	16.47
12	33.85	18.07
13	35.95	19.87
14	37.35	21.47
15	38.35	22.67
16	39.35	23.87
17	40.25	24.93

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-12.32
2	4.1	-9.7
3	5.55	-8.7
4	7.0	-7.7
5	8.35	-6.8
6	9.7	-5.9
7	11.35	-4.8
8	13.0	-3.7
9	15.26	-2.06
10	16.81	-0.95
11	18.36	0.17
12	21.04	1.96
13	22.55	2.96
14	25.15	4.57
15	27.45	6.27
16	30.15	8.67
17	31.85	10.67
18	33.85	12.87
19	35.95	15.37
20	37.3	17.57
21	39.35	20.97
22	39.8	21.63
23	40.25	22.3

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.03	0.3	27	2000	2000	Detrito di copertura
2	0.3		32	2200		Substrato roccioso alterato e degradato
3	1.2		35	2400		Substrato roccioso compatto

**Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche**

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	2.1	-0.09	0	0	1.7	0.2	0.4	1800
2	4.63	1.63	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
3	6.12	2.91	0	0	1.6	0.2	0.4	1800
4	9.09	4.5	0	0	1.1	0.2	0.4	1800
5	14.3	7.2	0.2	0.2	1.1	0.2	0.2	1800
6	19.34	9.54	0	0	3.7	0.3	0.6	1800
7	23.24	13.33	0	0	2.1	0.3	0.5	1800
8	26.17	15.66	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
9	30.8	18.86	0	0	1.6	0.2	0.4	1800

## Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.25	9.47	18.25	9.47	0.2
2	19.4	13.259	22.4	13.259	0.2

## Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	<b>0.76</b>
Ascissa centro superficie	9.05 m
Ordinata centro superficie	32.04 m
Raggio superficie	25.59 m

**xc = 9.052 yc = 32.043 Rc = 25.593 Fs=0.764**

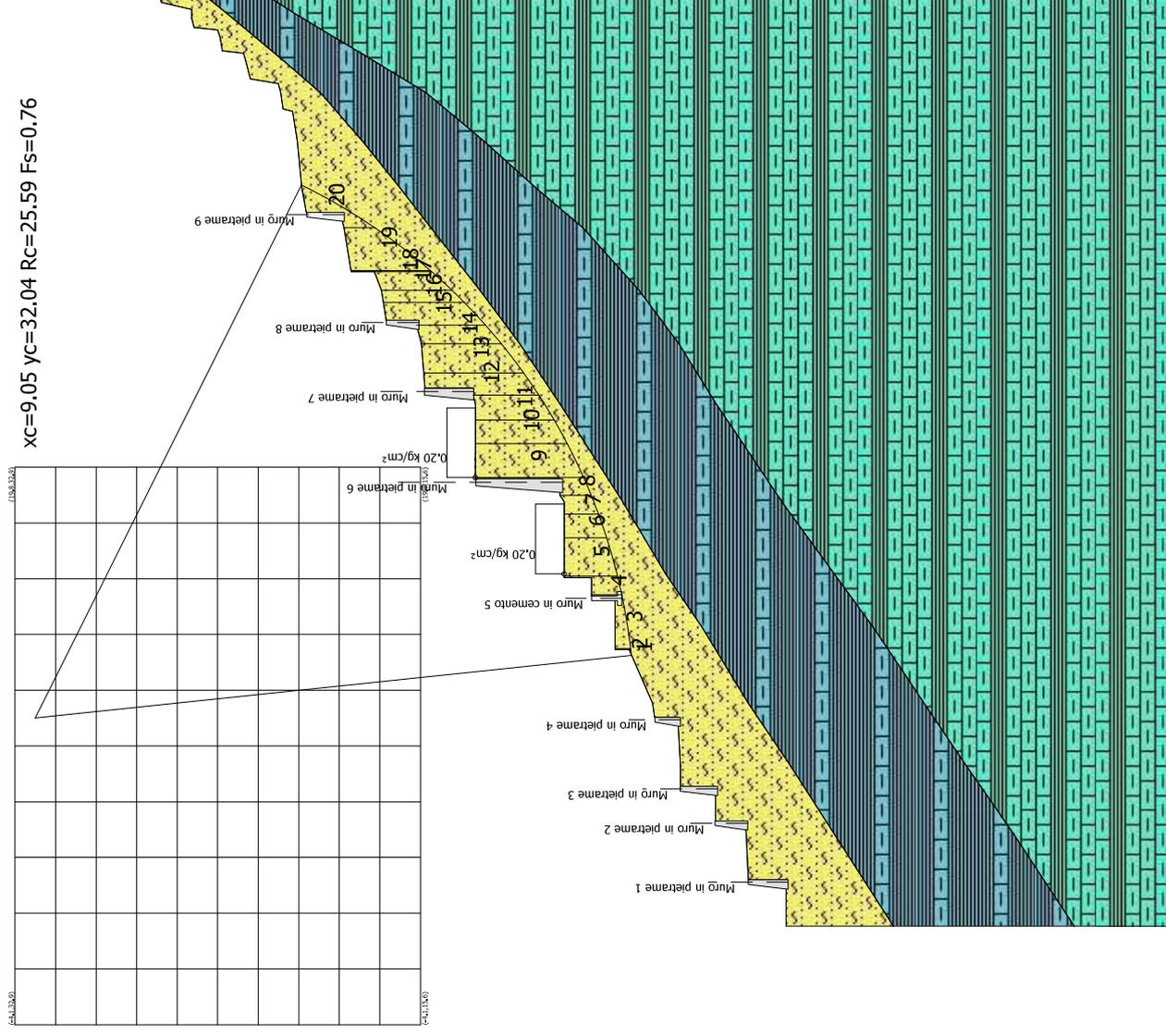
Lambda = 0.749

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.25	6.34	0.25	19.67
2	0.05	6.67	0.05	37.66
3	2.3	9.34	2.33	2964.78
4	0.8	12.87	0.82	1932.0
5	1.66	15.72	1.73	9983.4
6	1.01	18.85	1.07	5357.58
7	0.81	21.01	0.87	2987.13
8	0.76	22.91	0.83	4801.43
9	1.46	25.65	1.62	15458.2
10	1.01	28.76	1.15	9414.76
11	1.08	31.47	1.26	7625.81
12	0.95	34.16	1.14	10144.44
13	1.25	37.2	1.57	9680.76
14	0.8	40.13	1.05	5106.38
15	0.98	42.8	1.34	8295.52
16	0.52	45.12	0.74	3364.67
17	0.8	47.27	1.18	4391.3
18	0.05	48.67	0.08	292.32
19	1.85	52.13	3.01	8981.57
20	1.84	59.57	3.63	6484.83

## Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	634.12	846.61	0.0	0.0	-516.75	-206.39	0.0
2	1269.45	1694.85	634.12	846.61	-494.23	-258.27	0.0
3	2786.99	3720.94	1269.45	1694.85	1818.13	1773.61	0.0
4	3766.14	5028.22	2786.99	3720.94	1252.16	964.66	0.0
5	5948.48	7941.87	3766.14	5028.22	8431.61	5252.15	0.0
6	7017.13	9368.64	5948.48	7941.87	4571.5	2891.11	0.0
7	7706.39	10288.88	7017.13	9368.64	2496.14	1671.3	0.0
8	10007.2	13360.71	7706.39	10288.88	4303.97	2663.78	0.0
9	10471.96	13981.21	10007.2	13360.71	13807.87	8206.66	0.0
10	10530.48	14059.36	10471.96	13981.21	8219.1	4946.65	0.0
11	10401.87	13887.64	10530.48	14059.36	6483.36	4017.18	0.0
12	10472.64	13982.12	10401.87	13887.64	8870.43	5305.43	0.0
13	9559.43	12762.89	10472.64	13982.12	7583.11	4730.57	0.0
14	9141.2	12204.5	9559.43	12762.89	3784.08	2446.06	0.0
15	8285.36	11061.87	9141.2	12204.5	6127.0	3843.55	0.0
16	8021.67	10709.82	8285.36	11061.87	2238.83	1485.4	0.0
17	7456.48	9955.23	8021.67	10709.82	2704.83	1889.48	0.0
18	7882.27	10523.7	7456.48	9955.23	331.33	208.97	0.0
19	5861.04	7825.14	7882.27	10523.7	4362.4	3411.45	0.0
20	4535.72	6055.68	5861.04	7825.14	2689.64	2683.1	0.0

# VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE CONDIZIONI SISMICHE A2+M2+R2 - SENZA FALDA



Detrito di copertura  
 $g=2000\text{Kg/m}^3$   
 $gs=2000\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=27^\circ$   
 $c=0.03\text{ kg/cm}^2$   
 $cu=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso alterato e degradato  
 $g=2200\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=32^\circ$   
 $c=0.3\text{ kg/cm}^2$

Substrato roccioso compatto  
 $g=2400\text{Kg/m}^3$   
 $Fi=35^\circ$   
 $c=1.2\text{ kg/cm}^2$

**Relazione di calcolo Verifica di stabilità globale del versante nello**  
**STATO ATTUALE IN CONDIZIONI SISMICHE**  
**utilizzando l'APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)**  
**CON PRESENZA DI FALDA**

**Analisi di stabilità dei pendii con: MORGENSTERN-PRICE (1965)**

Lat./Long.	44.315256/9.979006
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3.0
Numero dei conci	20.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.2
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-4.13 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	15.61 m
Ascissa vertice destro superiore xs	19.84 m
Ordinata vertice destro superiore ys	32.91 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

**Coefficienti sismici [N.T.C.]**

**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T3

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.054	2.431	0.237
S.L.D.	50.0	0.070	2.438	0.252
S.L.V.	475.0	0.178	2.408	0.285
S.L.C.	975.0	0.228	2.405	0.288

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.768	0.180	0.014	0.007
S.L.D.	0.984	0.180	0.018	0.009
S.L.V.	2.509	0.240	0.061	0.031
S.L.C.	3.173	0.310	0.100	0.050

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.061
Coefficiente azione sismica verticale	0.031

**Vertici profilo**

Nr	X (m)	y (m)
1	0.1	0.0
2	2.1	0.0
3	2.1	1.6
4	4.1	1.7
5	4.6	1.76
6	4.6	3.0
7	5.9	3.0
8	6.1	3.0
9	6.1	4.5
10	7.0	4.5
11	8.8	4.6
12	9.1	4.6
13	9.1	5.6
14	9.7	5.7
15	12.0	6.7
16	12.0	7.3
17	14.3	7.3
18	14.3	8.3
19	15.1	8.3
20	15.1	9.47
21	15.26	9.47
22	18.36	9.47
23	18.63	9.65
24	19.35	9.65
25	19.35	13.26
26	22.55	13.26
27	22.95	13.36
28	23.25	13.36
29	23.25	15.41
30	25.15	15.57
31	25.95	15.77
32	26.15	15.77
33	26.15	17.07
34	27.45	17.27
35	28.25	17.57
36	28.25	18.57
37	30.15	18.87
38	30.55	18.97
39	30.75	18.97
40	30.75	20.47
41	31.85	20.67
42	33.85	20.87
43	35.15	21.07
44	35.25	21.47
45	35.95	21.57
46	36.35	21.67
47	36.55	22.87
48	37.35	23.07
49	37.65	23.17
50	37.75	24.07
51	38.35	24.17
52	38.65	24.27
53	38.75	25.27
54	39.15	25.37
55	39.55	25.37
56	39.85	26.67
57	40.25	26.77

**Falda**

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.1	-2.5
2	7.08	1.56
3	9.76	3.3
4	12.89	5.29
5	15.3	6.85
6	18.39	8.77
7	22.64	11.38
8	25.11	13.01
9	27.59	14.82

10	30.27	16.84
11	32.01	18.2
12	34.76	20.39
13	36.67	21.81
14	38.52	23.55
15	39.46	24.63
16	40.25	25.47

**Vertici strato .....1**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-4.59
2	7.0	-0.2
3	9.7	1.6
4	13.0	3.6
5	15.26	5.14
6	18.36	6.97
7	22.59	9.66
8	25.15	11.37
9	27.45	13.07
10	30.15	15.17
11	31.85	16.47
12	33.85	18.07
13	35.95	19.87
14	37.35	21.47
15	38.35	22.67
16	39.35	23.87
17	40.25	24.93

**Vertici strato .....2**

N	X (m)	y (m)
1	0.1	-12.32
2	4.1	-9.7
3	5.55	-8.7
4	7.0	-7.7
5	8.35	-6.8
6	9.7	-5.9
7	11.35	-4.8
8	13.0	-3.7
9	15.26	-2.06
10	16.81	-0.95
11	18.36	0.17
12	21.04	1.96
13	22.55	2.96
14	25.15	4.57
15	27.45	6.27
16	30.15	8.67
17	31.85	10.67
18	33.85	12.87
19	35.95	15.37
20	37.3	17.57
21	39.35	20.97
22	39.8	21.63
23	40.25	22.3

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

**Stratigrafia**

Strato	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> )	Coesione non drenata (kg/cm <sup>2</sup> )	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso saturo (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0.03	0.3	27	2000	2000	Detrito di copertura
2	0.3		32	2200		Substrato roccioso alterato e degradato
3	1.2		35	2400		Substrato roccioso compatto

**Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche**

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m <sup>3</sup> )
1	2.1	-0.09	0	0	1.7	0.2	0.4	1800
2	4.63	1.63	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
3	6.12	2.91	0	0	1.6	0.2	0.4	1800
4	9.09	4.5	0	0	1.1	0.2	0.4	1800
5	14.3	7.2	0.2	0.2	1.1	0.2	0.2	1800
6	19.34	9.54	0	0	3.7	0.3	0.6	1800
7	23.24	13.33	0	0	2.1	0.3	0.5	1800
8	26.17	15.66	0	0	1.4	0.2	0.4	1800
9	30.8	18.86	0	0	1.6	0.2	0.4	1800

**Carichi distribuiti**

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	15.25	9.47	18.25	9.47	0.2
2	19.4	13.259	22.4	13.259	0.2

**Risultati analisi pendio**

Fs minimo individuato	<b>0.66</b>
Ascissa centro superficie	7.85 m
Ordinata centro superficie	29.45 m
Raggio superficie	24.54 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

$$x_c = 7.853 \quad y_c = 29.448 \quad R_c = 24.536 \quad F_s = 0.664$$

$$\text{Lambda} = 0.549$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0.58	3.64	0.58	798.52
2	1.5	6.08	1.51	2934.95
3	0.8	8.79	0.81	2113.64
4	0.05	9.79	0.05	173.02
5	2.3	12.6	2.36	8882.0
6	1.02	16.6	1.07	5097.78
7	1.04	19.14	1.1	8764.31
8	1.04	21.74	1.12	7953.75
9	1.17	24.56	1.29	7060.75
10	0.91	27.26	1.03	6973.71
11	1.04	29.87	1.2	12704.46
12	1.04	32.72	1.24	11382.71
13	1.31	36.06	1.62	11122.63
14	0.77	39.12	1.0	9249.46
15	1.43	42.55	1.94	11832.09

16	0.8	46.16	1.15	5146.39
17	0.9	49.12	1.38	7458.36
18	0.6	51.86	0.97	3502.6
19	0.8	54.6	1.38	3504.93
20	1.73	60.3	3.49	5196.95

**Sforzi sui conci**

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	815.5	1485.86	0.0	0.0	98.88	282.88	0.0
2	2285.9	4164.99	815.5	1485.86	1811.65	1726.44	0.0
3	3327.46	6062.73	2285.9	4164.99	1394.5	1194.49	0.0
4	3804.2	6931.37	3327.46	6062.73	-148.12	-75.56	0.0
5	6406.59	11673.0	3804.2	6931.37	7402.76	5617.27	0.0
6	7157.06	13040.38	6406.59	11673.0	3945.98	2923.98	645.31
7	7950.01	14485.16	7157.06	13040.38	7033.87	4910.18	993.75
8	8227.44	14990.65	7950.01	14485.16	6010.52	4263.32	1259.83
9	8073.58	14710.3	8227.44	14990.65	4644.15	3452.32	1656.78
10	8785.68	16007.78	8073.58	14710.3	5474.62	3885.44	1424.84
11	8072.57	14708.47	8785.68	16007.78	8993.75	6199.73	1691.32
12	7043.19	12832.91	8072.57	14708.47	7327.76	5149.02	1701.81
13	5720.61	10423.12	7043.19	12832.91	5998.45	4444.26	2039.21
14	4870.56	8874.32	5720.61	10423.12	5951.78	4178.2	1095.18
15	3046.76	5551.3	4870.56	8874.32	5282.03	4104.17	1704.24
16	2077.46	3785.19	3046.76	5551.3	1828.57	1603.06	704.89
17	1038.39	1891.98	2077.46	3785.19	3537.2	2778.74	512.74
18	638.56	1163.48	1038.39	1891.98	1534.65	1345.11	124.55
19	344.99	628.59	638.56	1163.48	1652.98	1575.92	0.0
20	-456.39	-831.56	344.99	628.59	1508.59	2278.03	0.0

# VERIFICA DI STABILITA' GLOBALE DEL VERSANTE ALLO STATO ATTUALE CONDIZIONI SISMICHE A2+M2+R2 - CON PRESENZA DI FALDA

XC=7.85 YC=29.45 Rc=24.54 Fs=0.66

