

COMMITTENTE:

COMUNE DI ARCIDOSO
P.zza Indipendenza, 30



PROVINCIA:

GROSSETO

COMUNE:

ARCIDOSO

PROGETTO GENERALE:

ESTENSIONE RETE DI
TELERISCALDAMENTO GEOTERMICO A
SERVIZIO DEL COMUNE DI ARCIDOSO

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

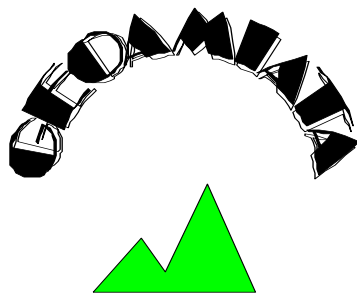
4					
3					
2					
1	-	-	-	-	-

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	CONTROLLATO
------	------	-------------	---------	------------	-------------

TAVOLA:	OGGETTO:	DATA:
PFTE.GE.04	RELAZIONE GEOLOGICA	SETTEMBRE 2025
		SCALA:

PROGETTISTA:	 Dott. Ing. Gabriele Ghilardi via G. Falcone n.12/14/16 - 24048 Treviolo (Bg) Tel: 035.335813 - e-mail: info@ingsrl.it Studio di consulenza, ingegneria, progettazione e certificazione
--------------	---

FILE:	REDATTO: Dott. Alessandro Nenci	VERIFICATO: Dott. Alessandro Nenci	APPROVATO: Dott. Alessandro Nenci
-------	------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------



*Corso Toscana, 3 - 58031 ARCIDOSO
Tel. 0564/967404- Cell. 393/9478667
a.nenci@geoamiata.it*

**RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PROGETTO
DI AMPLIAMENTO DELLA RETE DI
Teleriscaldamento del Comune di
Arcidosso comprendente la
realizzazione di un termodotto e la
realizzazione di una sottostazione
di scambio termico.**

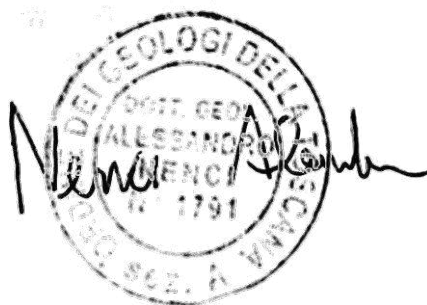
Committente: **ING Solutions s.r.l.**

Località: **Pian Perugino**

Comune: **Arcidosso (GR)**

Incarico n.: **27/25**

Data: **AGOSTO 2025**



SOMMARIO

1	PREMESSA	5
1.1	<i>Descrizione generale dell'intervento</i>	<i>8</i>
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	25
3	MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	26
3.1	<i>Inquadramento territoriale e morfologico</i>	<i>26</i>
3.2	<i>Inquadramento geologico</i>	<i>27</i>
3.2.1	<i>Modello geologico sottostazione</i>	<i>30</i>
3.2.2	<i>Modello geologico termodotto</i>	<i>32</i>
3.3	<i>Inquadramento geomorfologico, idraulico e idrogeologico.....</i>	<i>41</i>
3.3.1	<i>Area della sottostazione di scambio termico.....</i>	<i>41</i>
3.3.2	<i>Area sviluppo termodotto</i>	<i>42</i>
	<i>Tratto Pian Perugino</i>	<i>42</i>
	<i>Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 1</i>	<i>44</i>
	<i>Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2</i>	<i>47</i>
	<i>Tratto Merigar West</i>	<i>52</i>
3.4	<i>P.A.I. e P.G.R.A.....</i>	<i>59</i>
3.5	<i>Verifiche di stabilità del versante.....</i>	<i>65</i>
4	MODELLAZIONE MACROSISMICA	72
4.1	<i>Aspetti macrosismici</i>	<i>72</i>
5	TERRE E ROCCE DA SCAVO	75
5.1	<i>Gestione Ambientale delle terre e rocce da scavo</i>	<i>75</i>
5.2	<i>Aspetti idrogeologici per il riutilizzo in sito di terre e rocce da scavo</i>	<i>76</i>
6	CONCLUSIONI.....	78

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

FIGURE

FIG.1A: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO PIAN PERUGINO (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:5000.
FIG.1B: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1(STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.1C: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.1D: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MERIGAR WEST (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.2A: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – TRATTO PIAN PERUGINO (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:5000.
FIG.2B: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1(STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.2C: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.2D: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA – TRATTO MERIGAR WEST (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.3A: CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA – TRATTO PIAN PERUGINO (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:5000.
FIG.3B: CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1(STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.3C: CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.3D: CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA – TRATTO MERIGAR WEST (STRALCIO DA P.S.) – SCALA 1:8000.
FIG.4A: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO PIAN PERUGINO (STRALCIO DA P.S.I.) – SCALA 1:5000.
FIG.4B: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1(STRALCIO DA P.S. I.) – SCALA 1:8000.
FIG.4C: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 (STRALCIO DA P.S. I.) – SCALA 1:8000.
FIG.4D: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA – TRATTO MERIGAR WEST (STRALCIO DA P.S. I.) – SCALA 1:8000.
FIG.5: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA AFFIORAMENTO ARENARIE PIAN PERUGINO (FOTO 13)
FIG.6A: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – TRATTO PIAN PERUGINO - SCALA 1:5000.
FIG.6B: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1 - SCALA 1:9000.
FIG.6C: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 - SCALA 1:9000.
FIG.6D: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – TRATTO MERIGAR WEST - SCALA 1:10000.
FIG.7A: CARTA DEI CORSI D'ACQUA E DELLE SORGENTI – TRATTO PIAN PERUGINO - SCALA 1:5000.
FIG.7B: CARTA DEI CORSI D'ACQUA E DELLE SORGENTI – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 1 - SCALA 1:9000.
FIG.7C: CARTA DEI CORSI D'ACQUA E DELLE SORGENTI – TRATTO MACCHIE ZANCONA SERRA TRONCO 2 - SCALA 1:9000.
FIG.7D: CARTA DEI CORSI D'ACQUA E DELLE SORGENTI – TRATTO MERIGAR WEST - SCALA 1:10000.
FIG.8A: PLANIMETRIA DELL'AREA DELLA SOTTOSTAZIONE E DELLE INDAGINI ESEGUITE – SCALA 1:700.
FIG.8B: PLANIMETRIA DELL'AREA IN FRANA ATTIVA (MERIGAR WEST) E DELLE INDAGINI ESEGUITE – SCALA 1:1500.
FIG.9A: PLANIMETRIA P.A.I. E P.G.R.A. – TRATTO PIAN PERUGINO E MACCHIE ZANCONA SERRA - SCALA 1:11.000.
FIG.9B: PLANIMETRIA P.A.I. E P.G.R.A. – TRATTO MERIGAR WEST - SCALA 1:7.000.
FIG.10A: SEZIONE DI VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE ANTE OPERAM;
FIG.10B: SEZIONE DI VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE POST OPERAM CONDIZIONI STATICHE;
FIG.10C: SEZIONE DI VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE POST OPERAM CONDIZIONI DINAMICHE;
FIG.11: CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9.

TABELLE

Tabella 1: Risultati prove penetrometriche area sottostazione	32
Tabella 2: Risultati prove penetrometriche frana attiva 3A e 3B	53
Tabella 3: Elenco degli eventi sismici più significativi avvenuti nel comune di Arcidosso	73

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

ALLEGATI

ALLEGATO 1: SEZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO DI REALIZZAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE DI SCAMBIO TERMICO

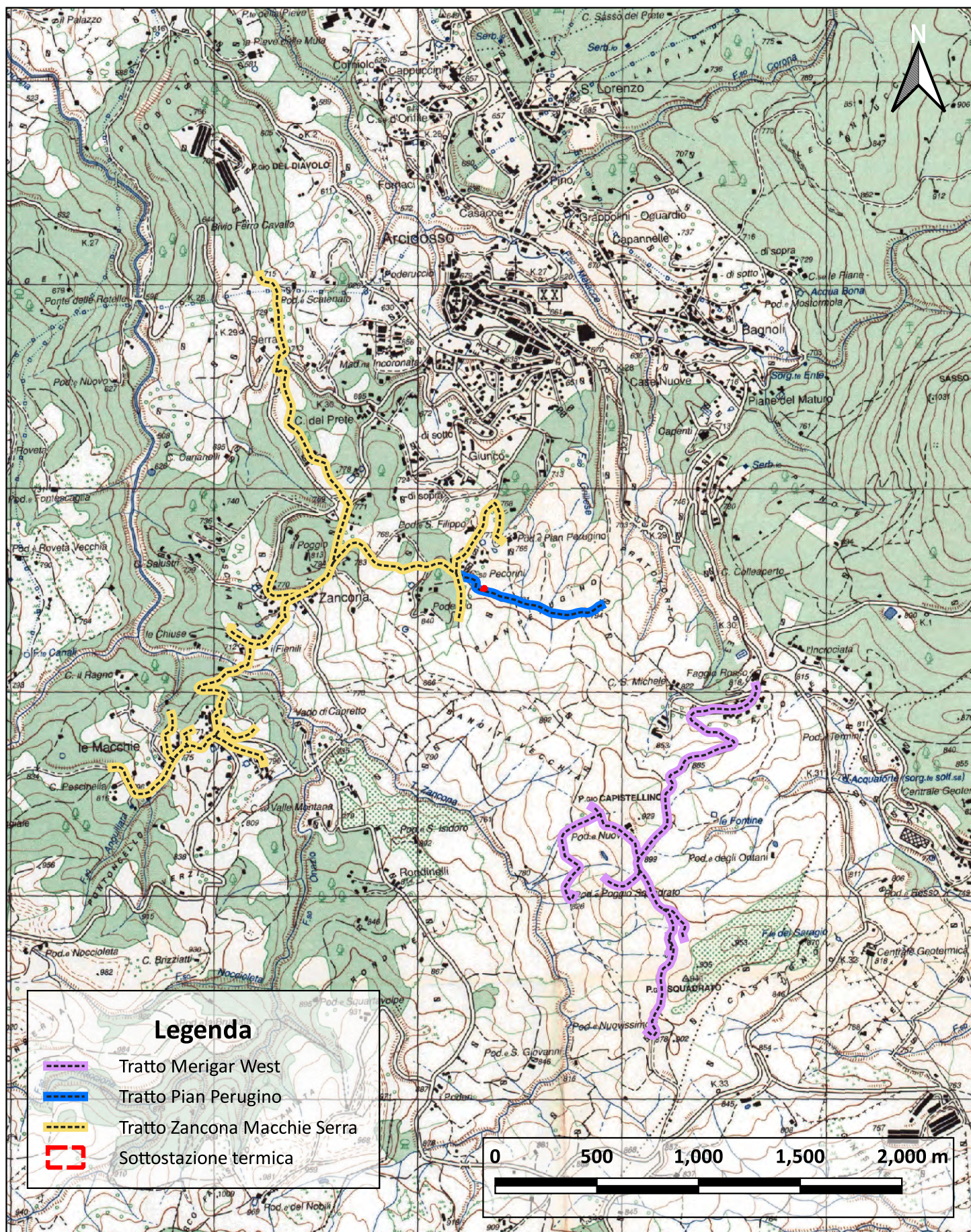
ALLEGATO 2: RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

ALLEGATO 3: REPORT VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

ALLEGATO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE

Scala 1:25.000



1 PREMESSA

Il presente elaborato riporta i risultati di un'indagine geologica condotta su incarico della Ing Solutions S.r.l., finalizzata alla redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE) per l'ampliamento della rete di teleriscaldamento del Comune di Arcidosso (GR). Attualmente, la rete di teleriscaldamento è in fase di realizzazione nell'ambito di un progetto finanziato dal PNRR – Missione 2, Componente 3, Investimento 3 (M2C3 I.3), con risorse provenienti dai fondi NextGenerationEU. L'infrastruttura prevede lo sviluppo di un termodotto primario che, a partire dalla centrale geotermoelettrica "Bagnore 3" situata nel territorio del Comune di Santa Fiora, si estende fino alla località Corniolo, posta al confine con il Comune di Castel del Piano. Il tracciato attuale serve, attraverso tre sottostazioni di rilancio, i centri abitati di Arcidosso, Bagnoli e San Lorenzo, garantendo l'alimentazione energetica a utenze civili e pubbliche. L'ampliamento oggetto del presente studio ha lo scopo di estendere ulteriormente la rete al fine di incrementare il numero di utenti serviti. Gli elementi dell'impianto inseriti in questo nuovo ampliamento sono i seguenti (vedi corografia di pagina precedente e cartografia di figura 6):

1. Sottostazione di scambio termico secondaria situata in loc. Pian Perugino;
2. Termodotto interrato della lunghezza complessiva di circa 11.5 km che può essere diviso in tre tratti:
 - Tratto 1 - Pian Perugino: collega il termodotto principale con la sottostazione di scambio termico secondaria (lunghezza circa 800 m)
 - Tratto 2: Zancona Macchie Serra: collega la sottostazione di scambio termico secondario con le frazioni di Macchie, Zancona e Serra (lunghezza circa 6500 m);
 - Tratto 3: Merigar West: Collega il termodotto principale con l'area occupata dalle strutture della comunità Merigar West e altre case isolate posizionate nell'area (lunghezza circa 4000 m);

L'indagine geologica è pertanto volta alla caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica (escluso eventuali studi idraulici) e idrogeologica del sottosuolo lungo il tracciato del termodotto e è volta alla modellizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area dove è presente la sottostazione. Per ulteriori dettagli si rimanda alla prassi progettuale.

La sottostazione di scambio termico è ubicata in loc. Pian Perugino nella particella 242 foglio 43 del catasto terreni della provincia di Grosseto.

Per quanto riguarda la sottostazione di scambio termico in ottemperanza al D.P.G.R. 19/01/2022, n. 1/R – *“Regolamento di attuazione dell’articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell’attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico”*, si specifica che, è stato comunicato dalla committenza che l’opera ha volumetria di poco inferiore ai 1500 m³ e dunque ricade in una classe d’indagine II e per la sua caratterizzazione sono state realizzate due prove penetrometriche dinamiche super pesanti e un’indagine sismica MASW per la caratterizzazione sismica.

Il Comune di Arcidosso è dotato di Piano Strutturale approvato con Delibera C.C. n. 140 del 29/12/2000 così come modificato con successiva Variante Generale approvata con Delibera C.C. n. 49 del 13/10/2010, e redatto secondo le norme del D.P.G.R.T. 26/R/2007. Consultando le tavole del Piano Strutturale del Comune di Arcidosso, per quanto riguarda la **sottostazione di scambio termico** emerge quanto segue:

- La sottostazione di scambio termico ricade in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2 (pericolosità MEDIA) vedi Fig.1, stralcio da P.S;
- La sottostazione di scambio termico ricade in Classe di Pericolosità idraulica I.1 (pericolosità IRRILEVANTE) vedi Fig.2, stralcio da P.S;
- La sottostazione di scambio termico ricade in aree con Classe di vulnerabilità Irrilevante (Terreni non acquiferi) vedi Fig.3, stralcio da P.S.

Consultando le tavole del Piano Strutturale del Comune di Arcidosso, per quanto riguarda il **tracciato del termodotto** emerge quanto segue:

- Il termodotto attraversa aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2 (pericolosità MEDIA) per lo 86% del suo sviluppo, aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.3 (pericolosità ELEVATA) per il 12% del suo sviluppo e aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.4. (pericolosità MOLTO ELEVATA) per il 2% del suo sviluppo vedi Fig.1, stralcio da P.S;

- Il termodotto attraversa sei corsi d'acqua censiti nel catasto dei corsi d'acqua della regione Toscana e in un'area a pericolosità idraulica P2 in corrispondenza del corso d'acqua Zancona vedi Fig.2;
- Il termodotto attraversa aree con Classe di vulnerabilità Media (Acquifero in Arenarie con Medio grado di protezione) per l'80% del suo sviluppo e aree a vulnerabilità della falda irrilevante per il 20 % del suo sviluppo vedi Fig.3.

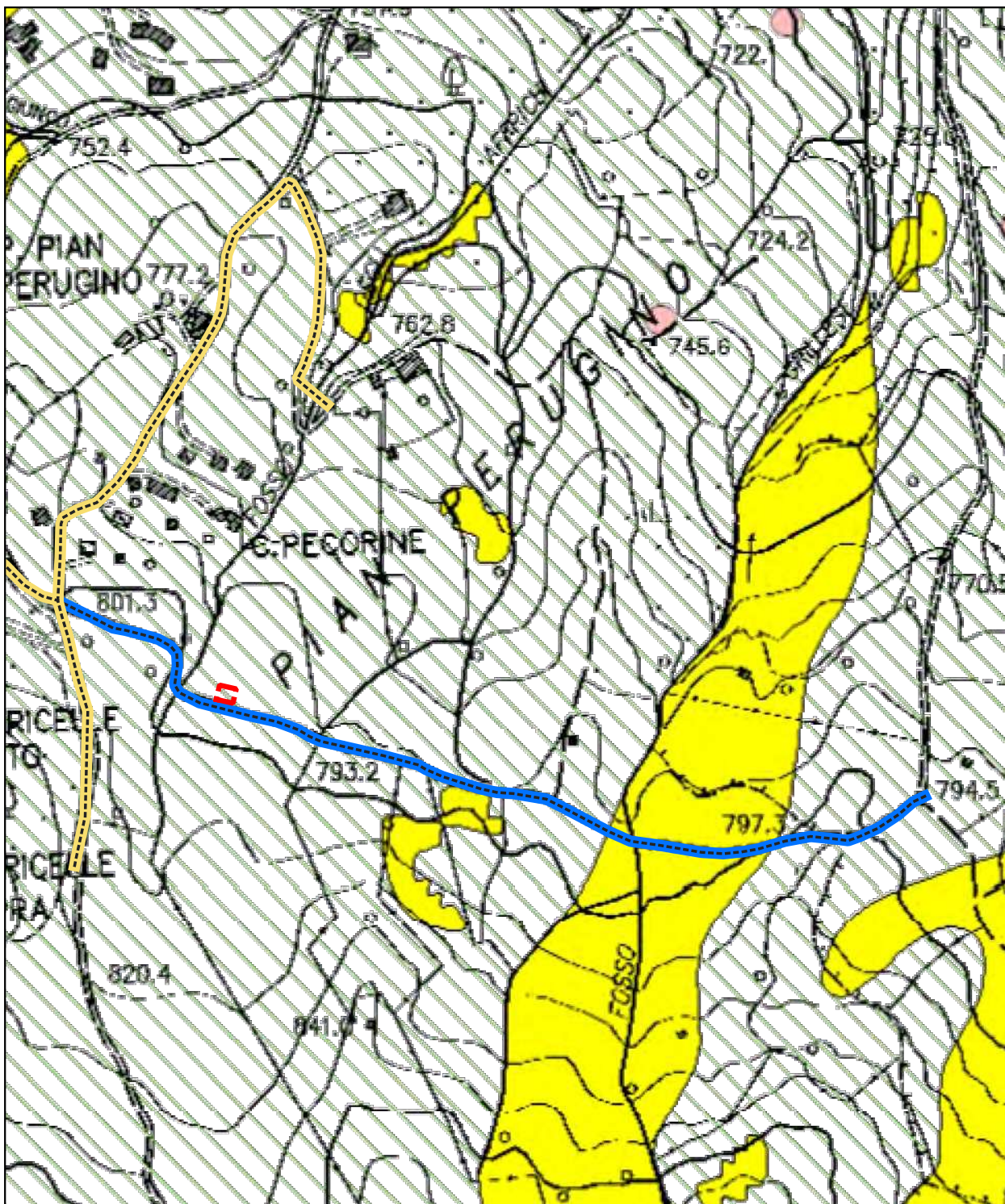
Per quanto riguarda la **zona sismica**, ai sensi della Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, il Comune di Arcidosso rientra nella **ZONA 3**.

Con delibera giunta dell'unione dei comuni Amiata Grossetana n. 173 del 16/12/2020 è stato adottato il piano strutturale intercomunale redatto secondo le norme della 65/2014. Consultando le tavole del Piano Strutturale, si è visto che (vedi figura 4):

- la sottostazione di scambio termico è collocata in un'area a pericolosità geomorfologica ELEVATA G.3.
- il termodotto attraversa aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2 (pericolosità MEDIA) per il 62% del suo sviluppo, aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.3 (pericolosità ELEVATA) per il 32% del suo sviluppo e aree in Classe di Pericolosità Geomorfologica G.4. (pericolosità MOLTO ELEVATA) per il 6% del suo sviluppo.

Da un punto di vista cartografico l'intero progetto ricade nelle sezioni 320110 e 320150 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana.

I sopralluoghi per l'accertamento delle condizioni a base della presente relazione sono stati compiuti nei mesi di **luglio – agosto 2025**. Lo studio, onde consentire la definizione di un quadro geologico e geomorfologico attendibile, è stato esteso alle zone limitrofe.



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA




Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:5.000


Fig.1a - Tratto Pian Perugino

Legenda




CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  Classe G.2 : Pericolosità media
-  Classe G.3 : Pericolosità elevata - P.F.E. Ombrone - P.F.3 Fiora
-  Classe G.4 : Pericolosità molto elevata - P.F.M.E. Ombrone P.F.4 Fiora

Stazioni termiche

-  Sottostazione di scambio termico

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zanca Macchie Serra

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA




Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:8.000




Fig.1b - Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 1

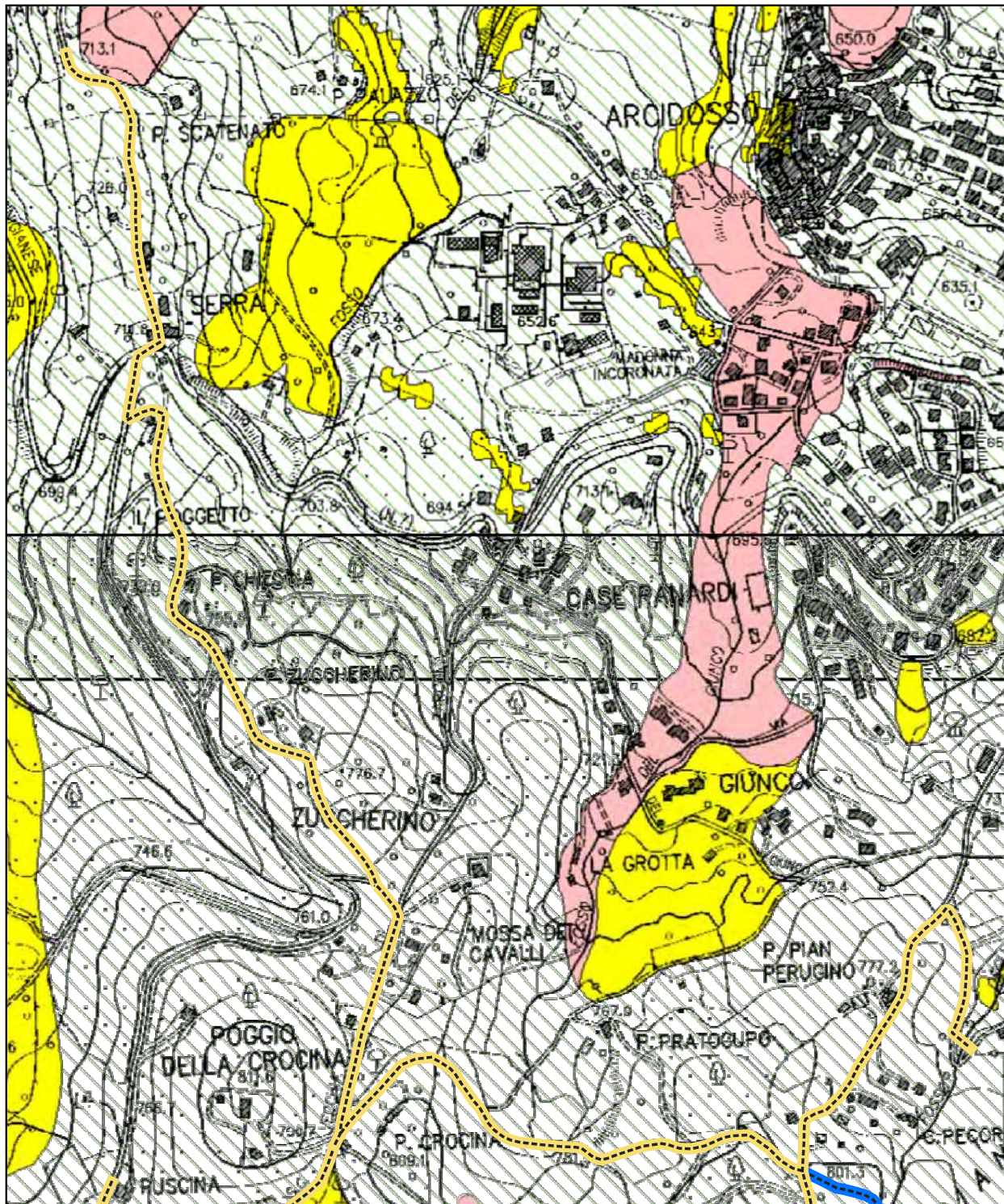
Legenda

CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  Classe G.2 : Pericolosità media
-  Classe G.3 : Pericolosità elevata - P.F.E. Ombrone - P.F.3 Fiora
-  Classe G.4 : Pericolosità molto elevata - P.F.M.E. Ombrone
P.F.4 Fiora

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zancona Macchie Serra



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA




Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:8.000




Fig.1c - Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 2

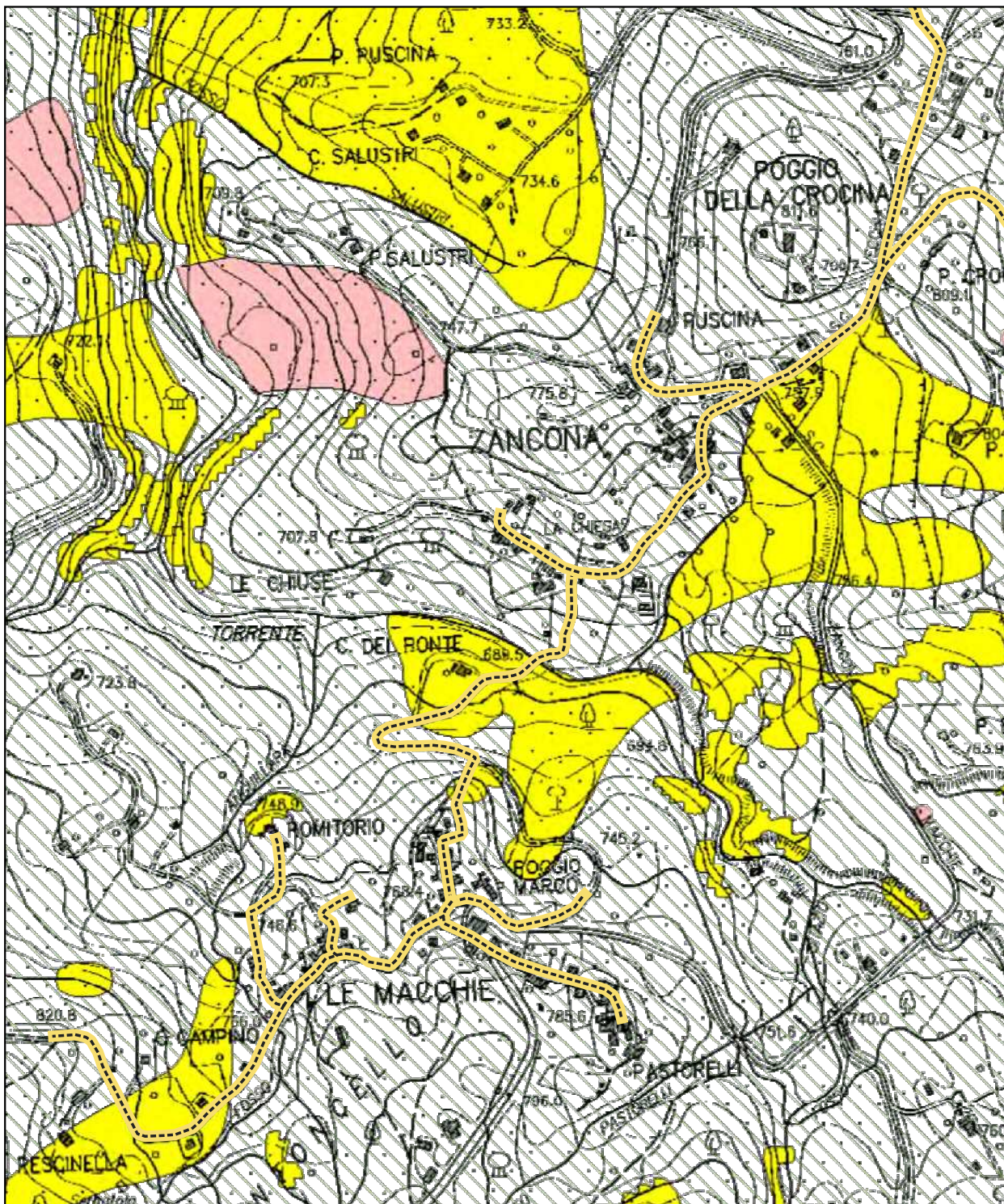
Legenda

CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  Classe G.2 : Pericolosità media
-  Classe G.3 : Pericolosità elevata - P.F.E. Ombrone - P.F.3 Fiora
-  Classe G.4 : Pericolosità molto elevata - P.F.M.E. Ombrone P.F.4 Fiora

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zanca Macchie Serra



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA




Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:8.000




Fig.1d - Tratto Merigar West

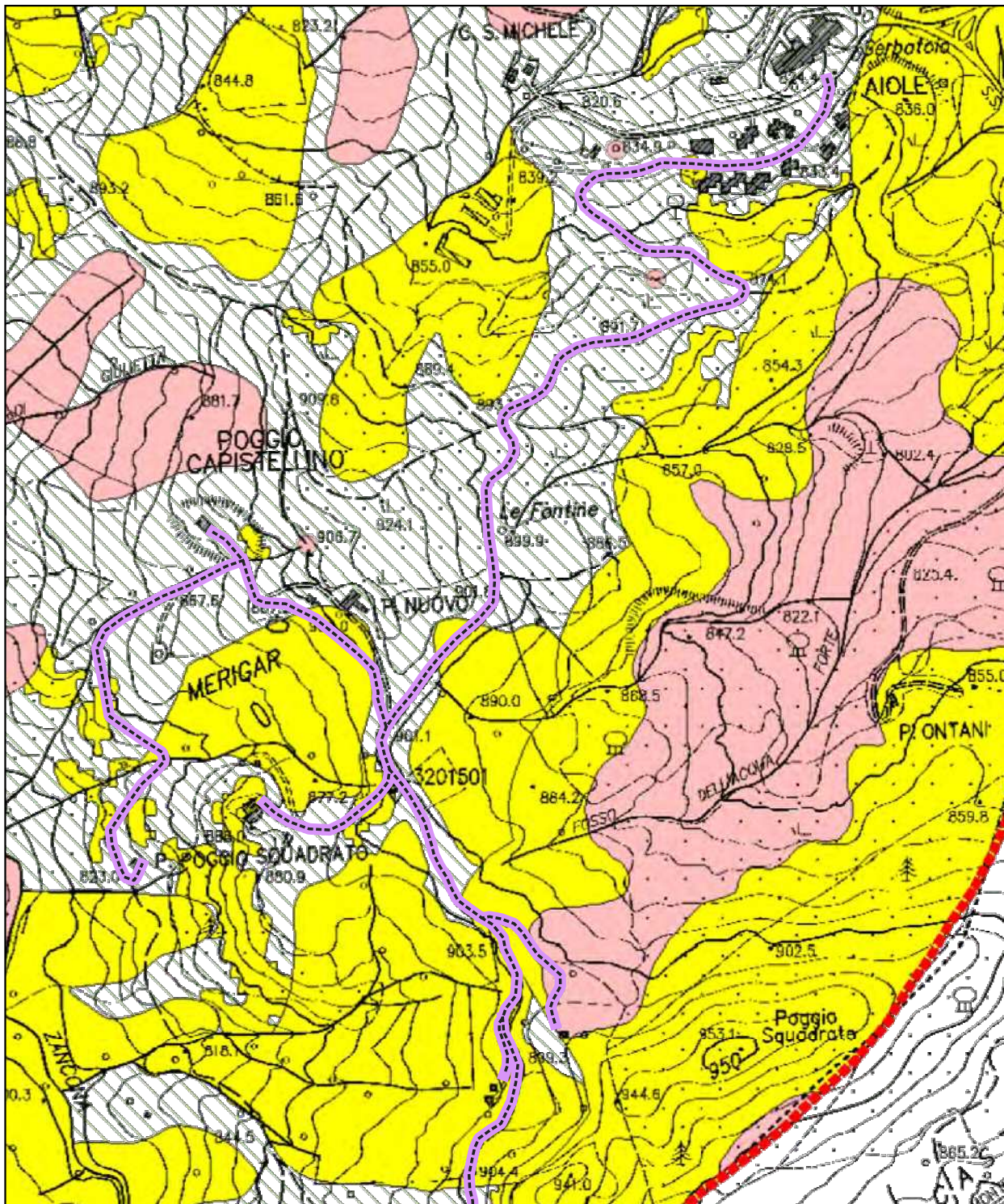
Legenda

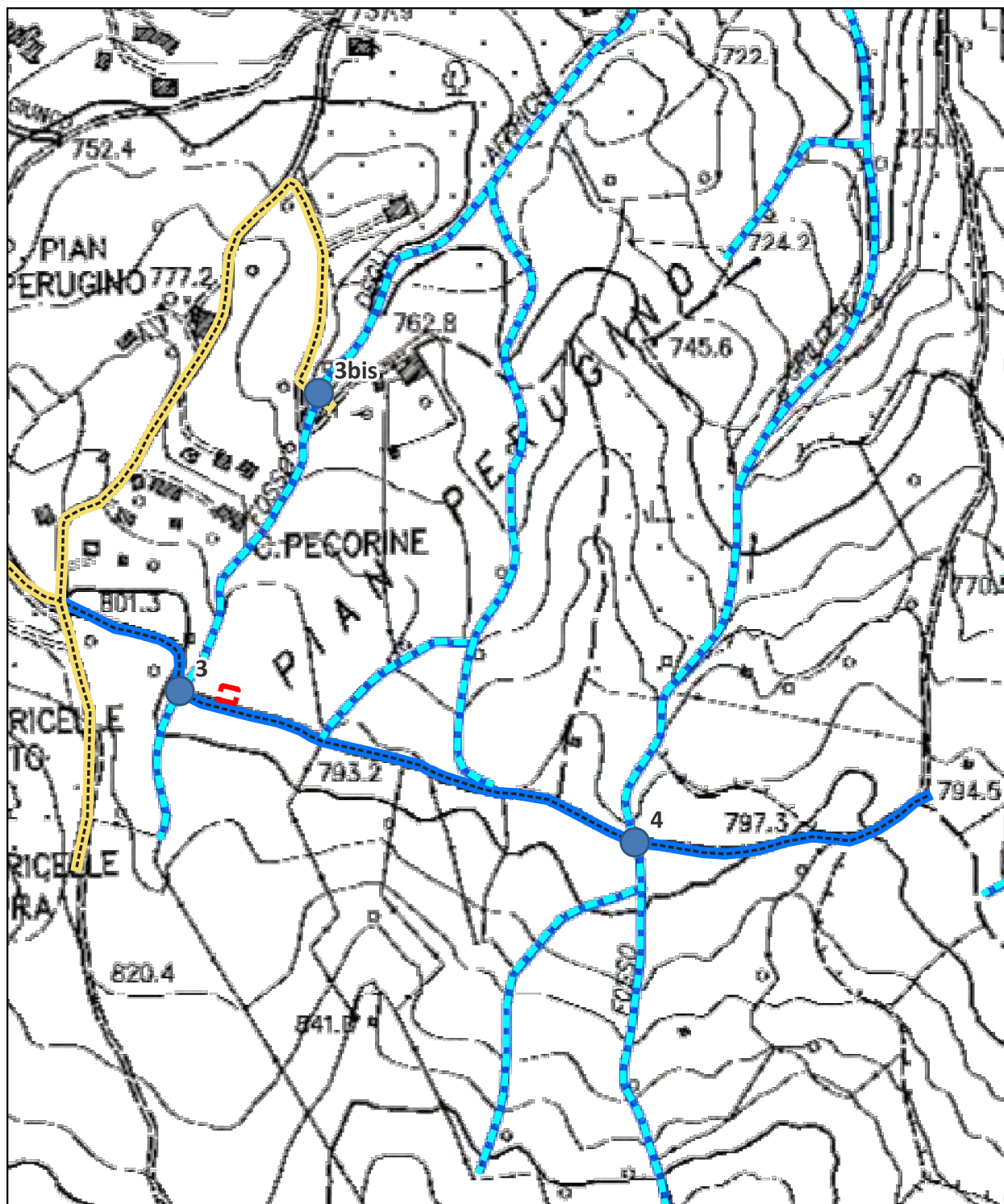
CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  Classe G.2 : Pericolosità media
-  Classe G.3 : Pericolosità elevata - P.F.E. Ombrone - P.F.3 Fiora
-  Classe G.4 : Pericolosità molto elevata - P.F.M.E. Ombrone P.F.4 Fiora

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zanca Macchie Serra





CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:5.000

Fig.2a - Tratto Pian Perugino

Legenda

CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

- Classe I.1: Pericolosità bassa
- Classe I.2: Pericolosità media
- Classe I.3: Pericolosità elevata - P.I.E. Ombrone
- Classe I.4: Pericolosità molto elevata - P.I.M.E. Ombrone

- Reticolo idrografico
- Tombamenti dei corsi d'acqua

Stazioni termiche

- Sottostazione di scambio termico

Termodotto

- Tratto Merigar West
- Tratto Pian Perugino
- Tratto Zancona Macchie Serra
- Reticolo idraulico regione Toscana
- Attraversamento Fluviale

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA





Stralcio da Piano Strutturale Comunale



Scala 1:8.000

Fig.2b - Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 1






Legenda

CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

-  Classe I.1: Pericolosità bassa
-  Classe I.2: Pericolosità media
-  Classe I.3: Pericolosità elevata - P.I.E. Ombrone
-  Classe I.4: Pericolosità molto elevata - P.I.M.E. Ombrone

-  Reticolo idrografico
-  Tombamenti dei corsi d'acqua

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zancona Macchie Serra
-  Reticolo idraulico regione Toscana
-  Attraversamento Fluviale

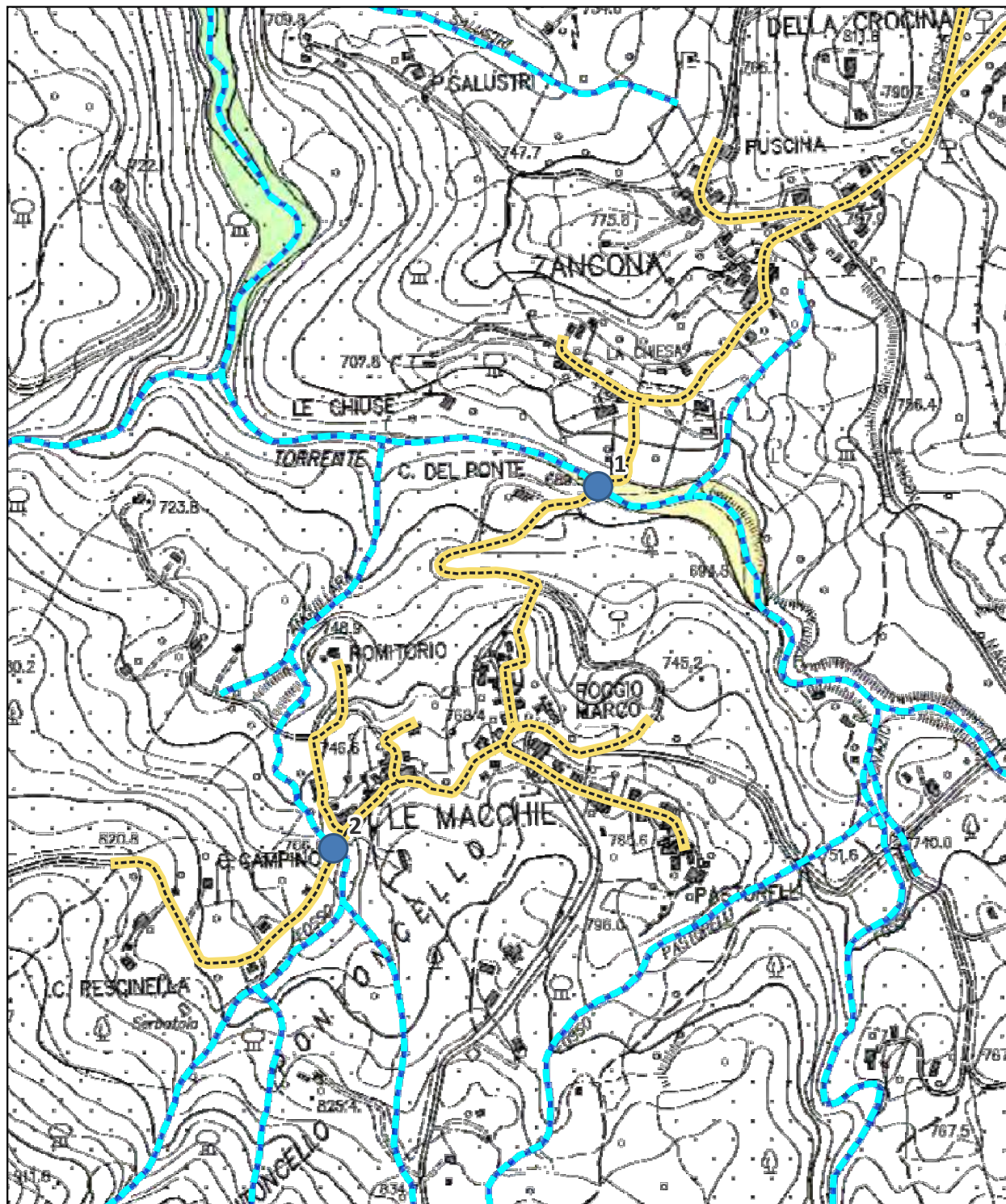


CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale





Scala 1:8.000

Fig.2c - Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 2



Legenda

CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

-  Classe I.1: Pericolosità bassa
-  Classe I.2: Pericolosità media
-  Classe I.3: Pericolosità elevata - P.I.E. Ombrone
-  Classe I.4: Pericolosità molto elevata - P.I.M.E. Ombrone

 Reticolo idrografico


 Tombamenti dei corsi d'acqua

Termodotto

 Tratto Merigar West

 Tratto Pian Perugino

 Tratto Zanca Macchie Serra

 Reticolo idraulico regione Toscana

 Attraversamento Fluviale

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA





Stralcio da Piano Strutturale Comunale



Scala 1:8.000

Fig.2d - Tratto Merigar West




Legenda

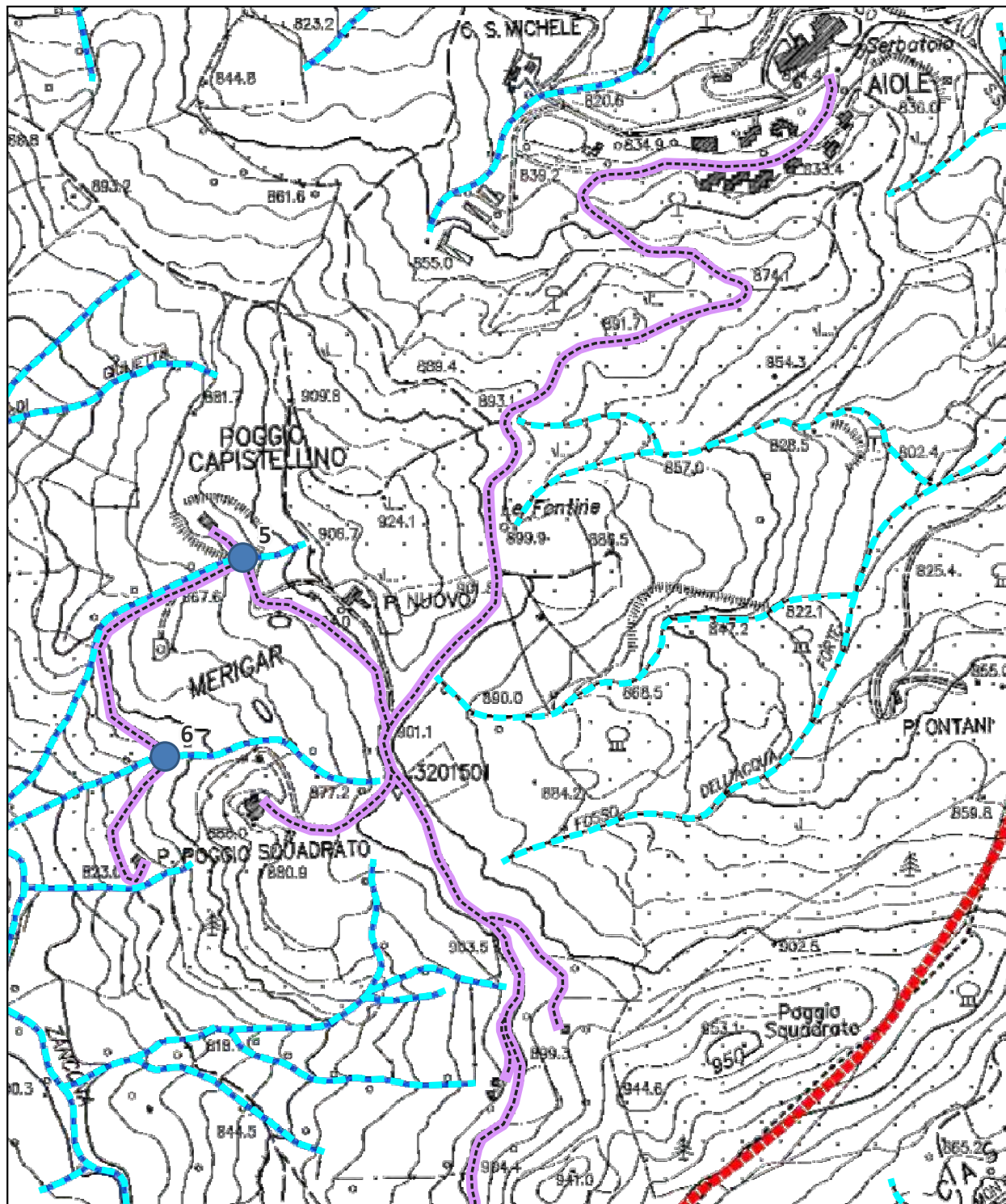
CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

-  Classe I.1: Pericolosità bassa
-  Classe I.2: Pericolosità media
-  Classe I.3: Pericolosità elevata - P.I.E. Ombrone
-  Classe I.4: Pericolosità molto elevata - P.I.M.E. Ombrone

-  Reticolo idrografico
-  Tombamenti dei corsi d'acqua

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zancona Macchie Serra
-  Reticolo idraulico regione Toscana
-  Attraversamento Fluviale

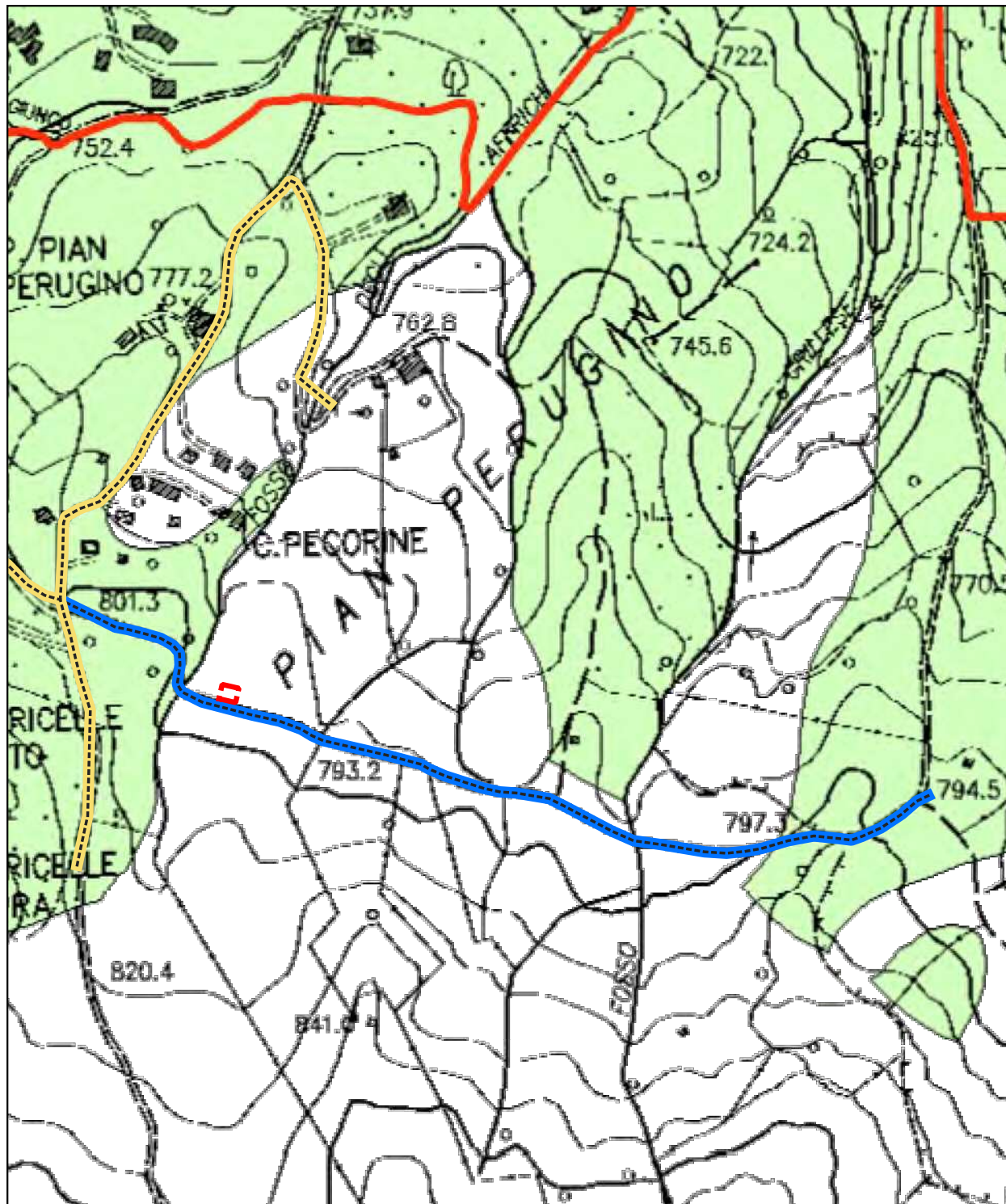


CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale


Scala 1:5.000

Fig.3a - Tratto Pian Perugino



Legenda


 ROCCE CARBONATICHE: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta

 VULCANITI: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta

 ARENARIE: Risorsa idrica con medio grado di protezione
Vulnerabilità media

 TERRENI NON ACQUIFERI
Vulnerabilità irrilevante

Stazioni termiche

 Sottostazione di scambio termico

Termodotto

 Tratto Merigar West

 Tratto Pian Perugino

 Tratto Zancona Macchie Serra

CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:8.000

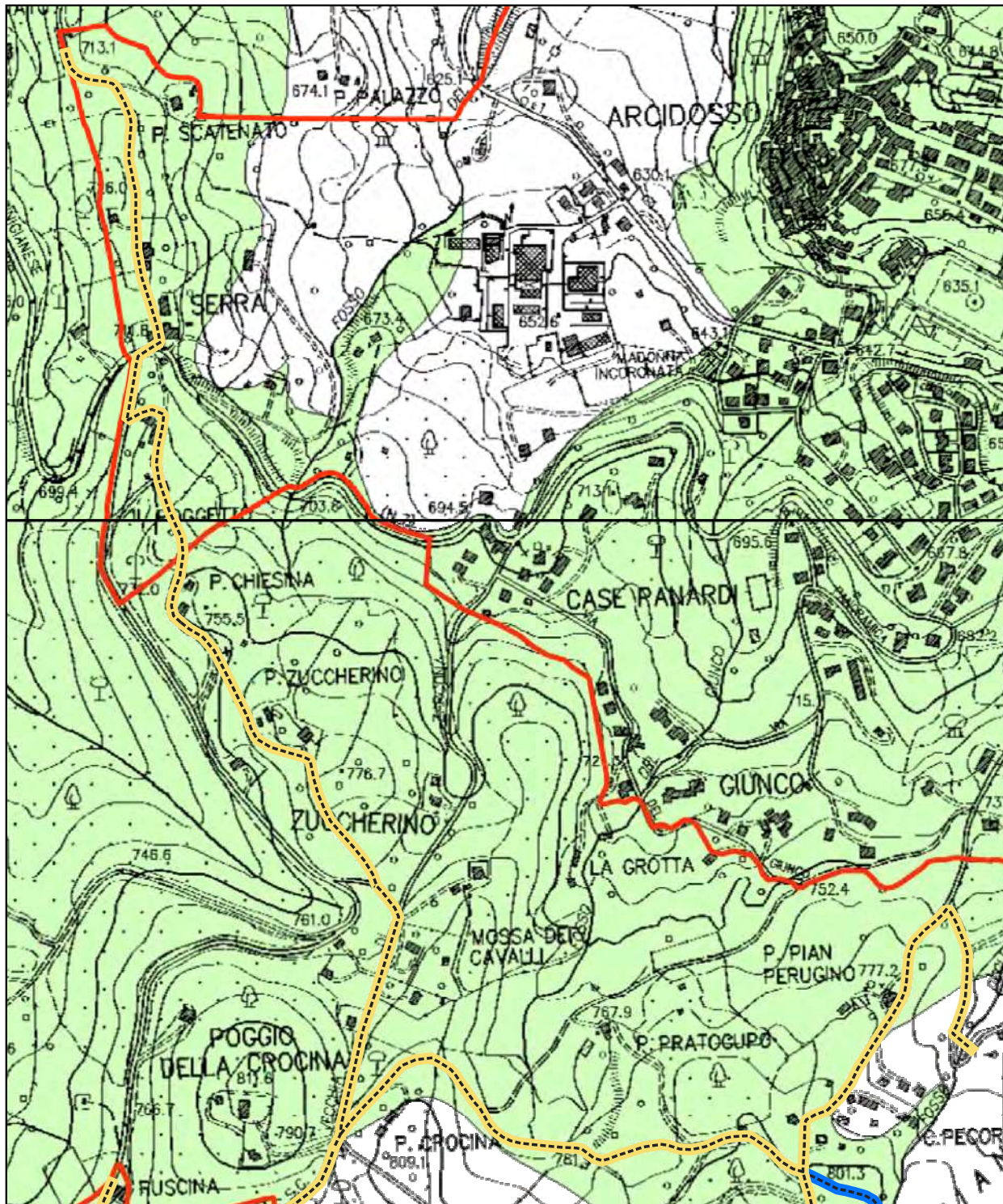
Fig.3b - Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 1

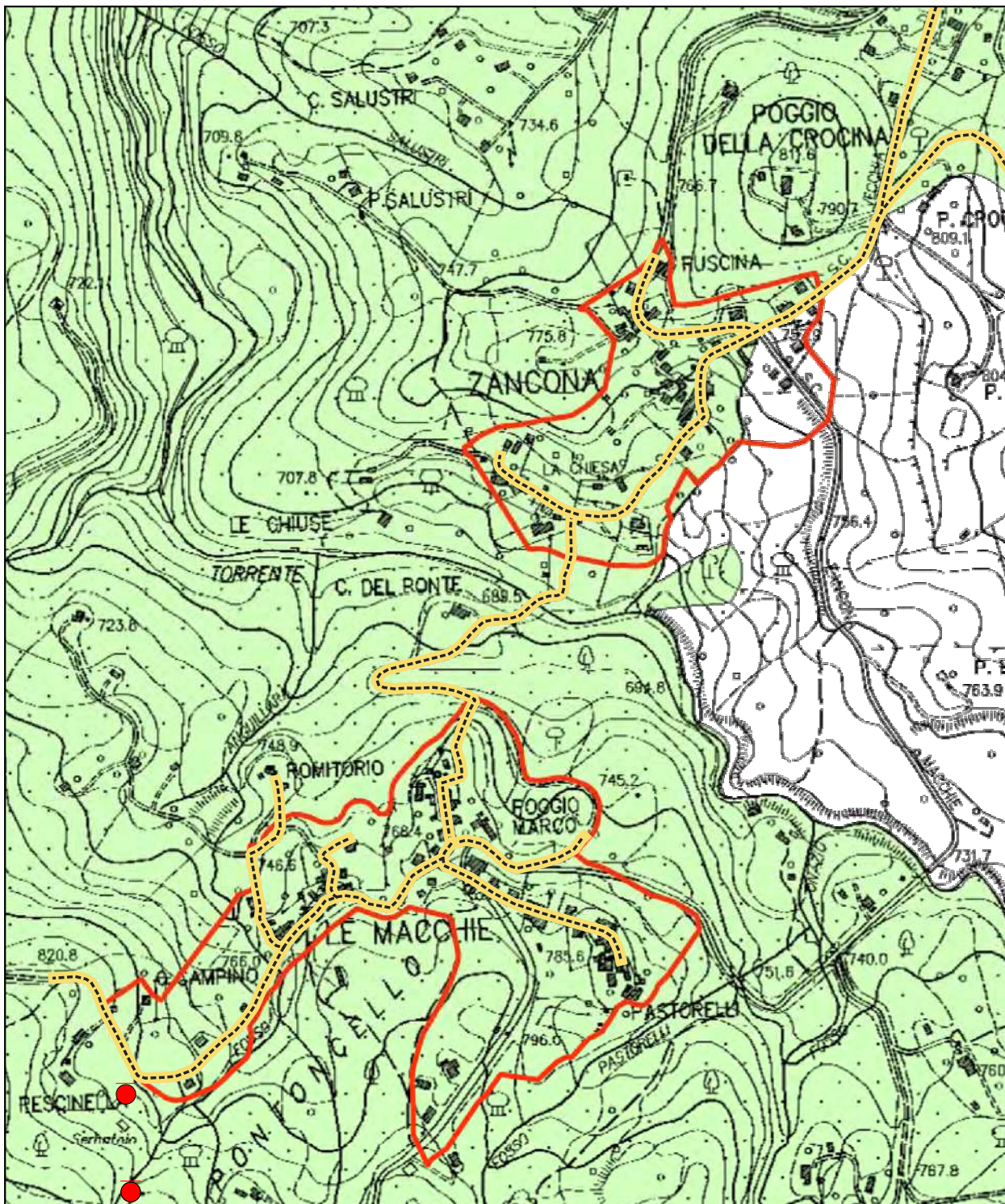
Legenda

- ROCCE CARBONATICHE: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
- VULCANITI: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
- ARENARIE: Risorsa idrica con medio grado di protezione
Vulnerabilità media
- TERRENI NON ACQUIFERI
Vulnerabilità irrilevante

Termodotto

- Tratto Merigar West
- Tratto Pian Perugino
- Tratto Zanca Macchie Serra





CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale

Scala 1:8.000

Fig.3c - Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 2

Legenda

- ROCCE CARBONATICHE: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
- VULCANITI: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
- ARENARIE: Risorsa idrica con medio grado di protezione
Vulnerabilità media
- TERRENI NON ACQUIFERI
Vulnerabilità irrilevante

Termodotto

- Tratto Merigar West
- Tratto Pian Perugino
- Tratto Zanca Macchie Serra
- sorgenti Ato





CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Stralcio da Piano Strutturale Comunale





Scala 1:8.000

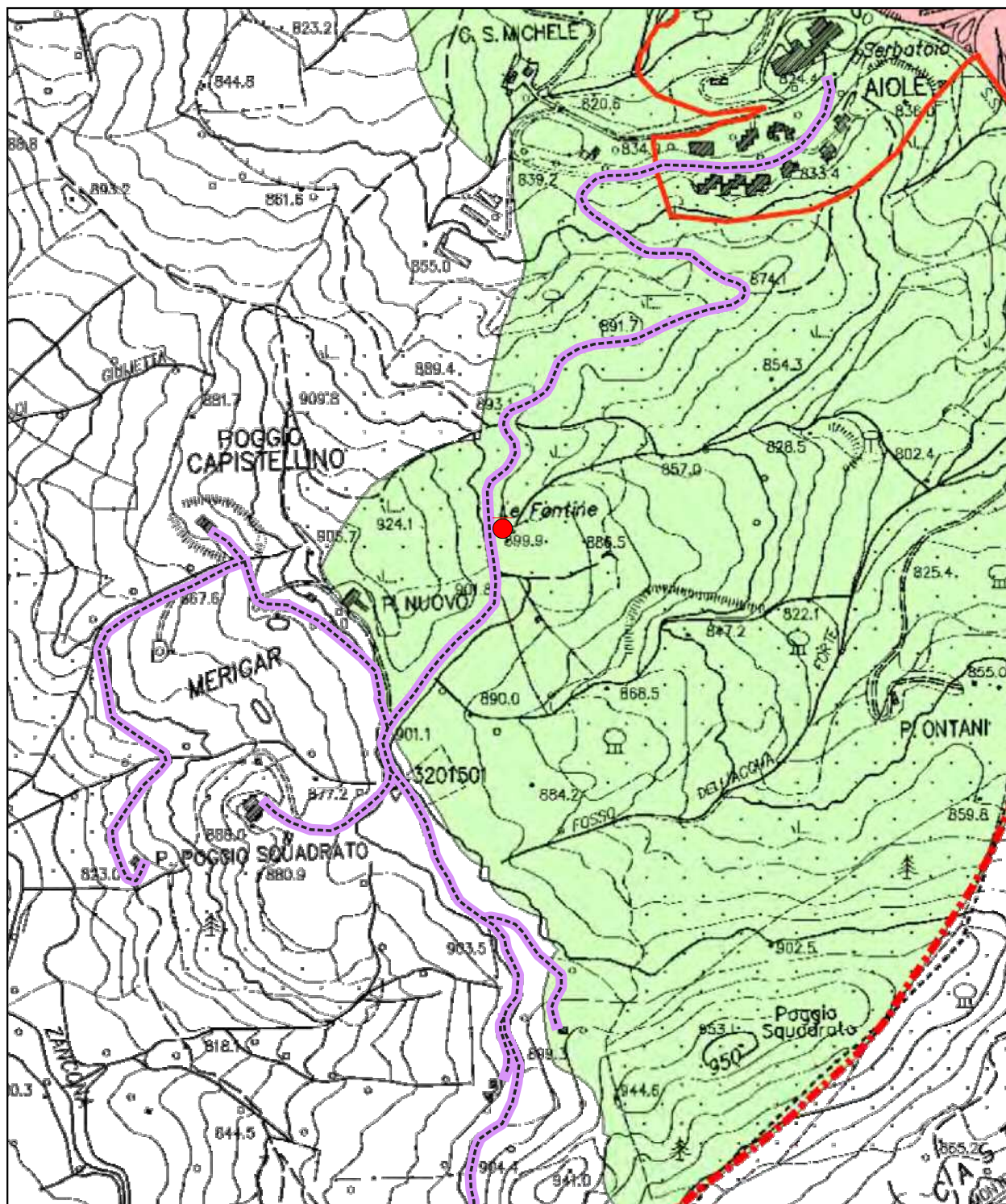
Fig.3d - Tratto Merigar West

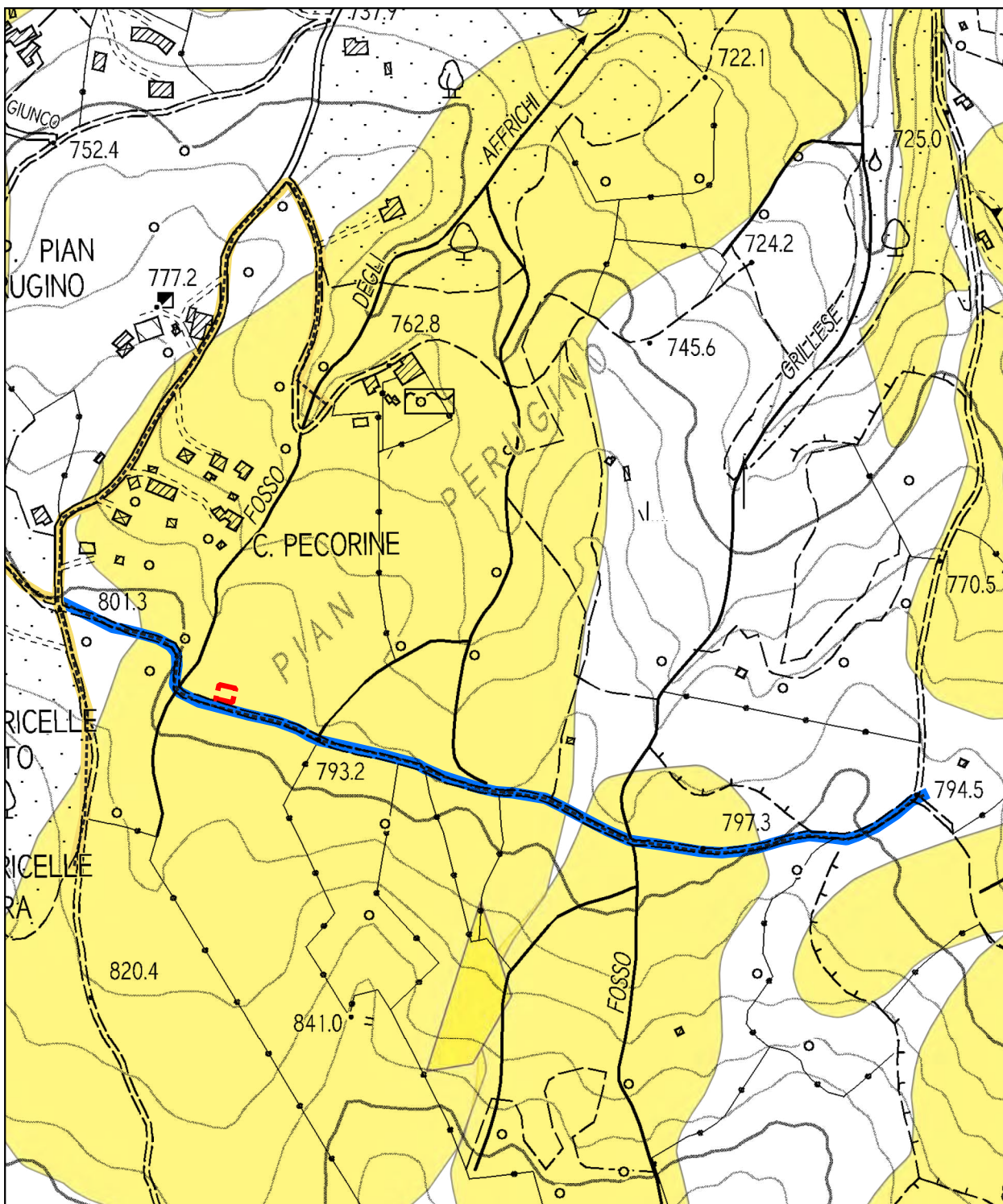
Legenda

-  ROCCE CARBONATICHE: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
-  VULCANITI: Risorsa idrica con basso grado di protezione
Vulnerabilità alta
-  ARENARIE: Risorsa idrica con medio grado di protezione
Vulnerabilità media
-  TERRENI NON ACQUIFERI
Vulnerabilità irrilevante

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zanca Macchie Serra
-  sorgenti Ato





CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Stralcio da Piano Strutturale Intercomunale


Scala 1:5.000

Fig.4a - Tratto Pian Perugino


Legenda

Classi di pericolosità

 G.3 - pericolosità geomorfologica elevata

 G.4 - pericolosità geomorfologica molto elevata

Stazioni termiche

 Sottostazione di scambio termico

Termodotto

 Tratto Merigar West

 Tratto Pian Perugino

 Tratto Zancona Macchie Serra

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA



Stralcio da Piano Strutturale Intercomunale

Scala 1:5.000




Fig.4c - Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2

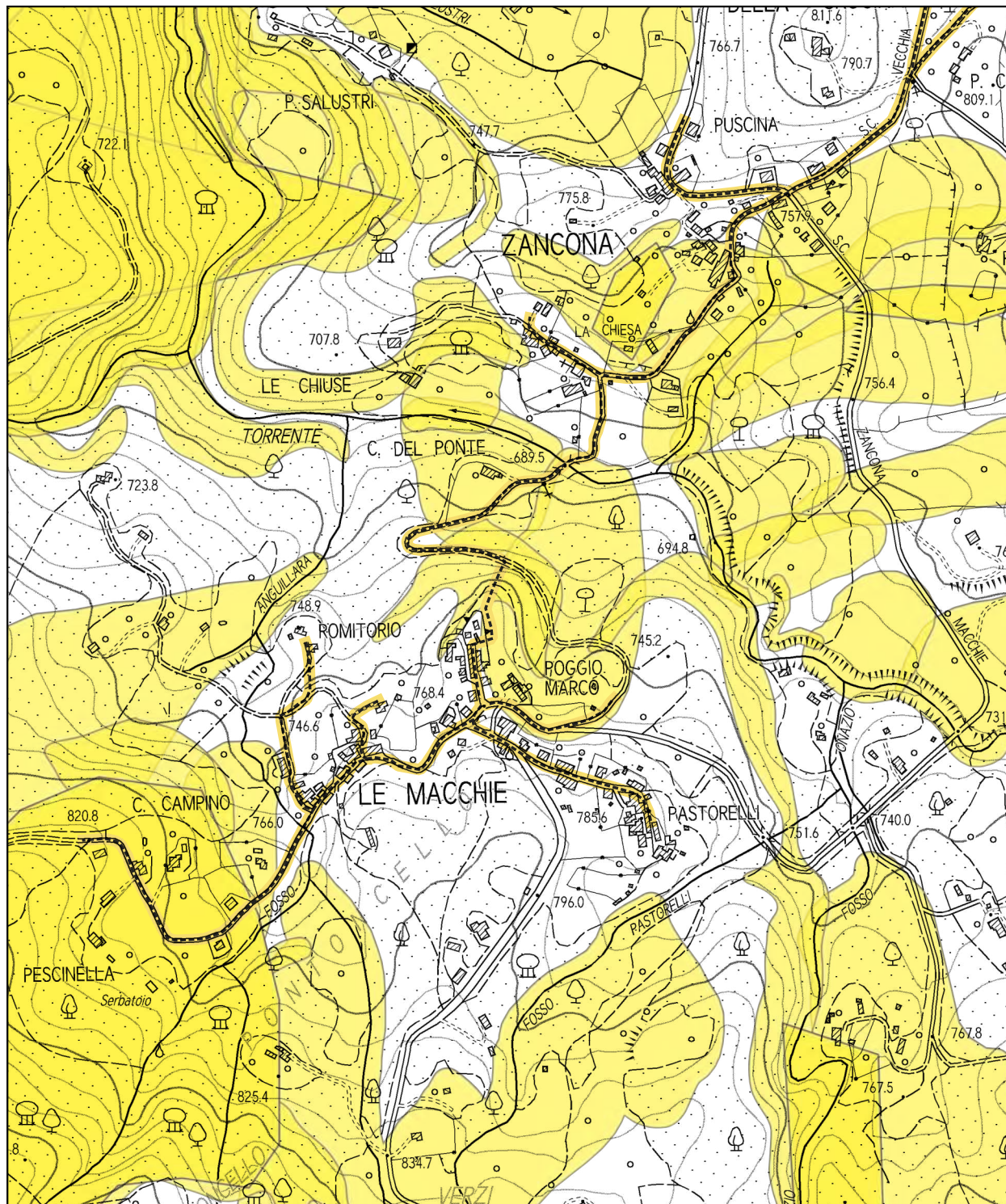
Legenda

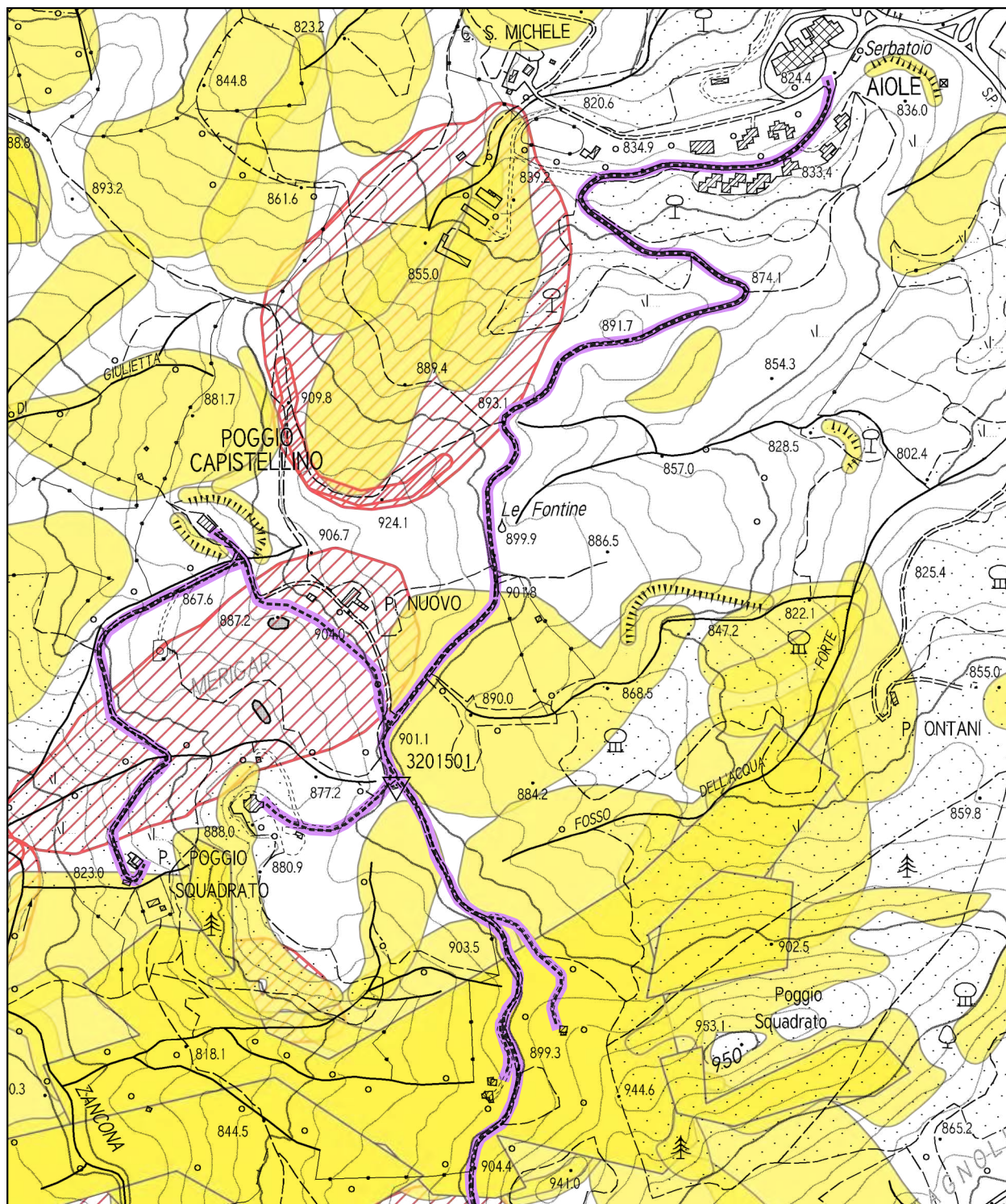
Classi di pericolosità

-  G.3 - pericolosità geomorfologica elevata
-  G.4 - pericolosità geomorfologica molto elevata

Termodotto

-  Tratto Merigar West
-  Tratto Pian Perugino
-  Tratto Zancona Macchie Serra







CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Scala 1:8.000

Legenda

-  G.3 - pericolosità geomorfologica elevata
-  G.4 - pericolosità geomorfologica molto elevata

- Tratto Merigar West
- Tratto Pian Perugino
- Tratto Zancona Macchie Serra

1.1 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO

In fase di realizzazione del termodotto primario (progetto PNRR) è stata prevista la realizzazione di uno stacco all'altezza della strada vicinale del Monumento per consentire la diramazione di un termodotto secondario verso via della Torricella e le frazioni di Zancona, Serra e Macchie. Da questo stacco è quindi possibile proseguire in alta pressione e temperatura (circa 120° C), lungo strada bianca vicinale del Monumento, direzione Pian Perugino (in figura 6a tratto colore blu); in quest'area verrà posizionata la Sottostazione di scambio termico SST4. Da qui il termodotto continuerà lungo la strada vicinale della Crocina e arrivata in loc. Crocina si dividerà in due diversi tronchi uno proseguirà lungo la strada comunale della Zancona in direzione Serra e uno che proseguirà verso la frazione di Zancona, attraverserà il corso d'acqua omonimo e raggiungerà la frazione Macchie (figura 6b e 6c tratto colore giallo). Tutto il tratto giallo è in bassa pressione e temperatura (circa 90°).

Per quanto riguarda il tronco Merigar West questo si allaccerebbe a un tratto di termodotto esistente di proprietà di Enel Green Power che partendo dalla piscina geotermica di Bagnore e passando dalla SP 160 arriva nei pressi dell'albergo toscana wellness resort, questo tratto è già in bassa temperatura e non necessita dunque di una sottostazione di scambio termico. Da qui il termodotto verrà realizzato lungo la strada vicinale dei Poggi e raggiungerà le località Podere poggio Capistellino, podere poggio Squadrato, podere Nuovo, podere Nuovissimo ed altri.

La sottostazione di scambio termico è posizionata in un'area agricola ed è costituita da un edificio a pianta rettangolare e verrà utilizzato per alloggiare macchinari e apparecchiature necessarie alla funzione di scambio termico (Vedi figura 8a).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio e le indagini geologiche sono stati eseguiti al fine di caratterizzare il sito e ricostruirne il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico, nel rispetto delle *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*» di cui al **D.M. 17/01/2018** - Circolare esplicativa Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7.

Ulteriori norme di riferimento sono contenute in:

- **D.P.G.R. Toscana 08/08/2003, n. 48/R** – *Regolamento forestale della Toscana, in attuazione della L.R. 21 marzo 2000, n. 39 (Legge forestale della Toscana), da ultimo modificata dalla L.R. 2 gennaio 2003, n.1;*
- **Deliberazione G.R. Toscana 08/10/2012, n. 878** – *Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'Ordinanza P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della D.G.R.T. 431/2006; e succ. mod. (Deliberaz. G.R. Toscana 26/05/2014, n. 421);*
- **L.R. Toscana 10/11/2014, n. 65** – *Norme per il Governo del Territorio; e relativi Regolamenti di attuazione: D.P.G.R. 30/01/2020, n. 5/R - Disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche (che abroga il D.P.G.R. 25/10/2011, n. 53/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 “Norme per il governo del territorio” in materia di indagini geologiche); D.P.G.R. 09/07/2009, n. 36/R - Attività di vigilanza e verifica delle costruzioni in zona sismica; D.P.G.R. 22/10/2012, n. 58/R - Verifiche nelle zone a bassa sismicità.*
- **L.R. Toscana 24/07/2018, n. 41** – *Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014.*
- **D.P.G.R. Toscana 19/01/2022, n. 1/R** *Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.*
- **D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120:** *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*
- **Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152:** *Norme in materia ambientale.*

3 MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 *INQUADRAMENTO TERRITORIALE E MORFOLOGICO*

Da un punto di vista territoriale e morfologico gli elementi di progetto sono così localizzati :

- La sottostazione di scambio termico è ubicata in località Pian Perugino alle coordinate proiettate (WGS84 – UTM 32 N – EPSG 32632) 707240, 4748303 e a quota di 795 m s.l.m., ed è collocata su un versante che da località bandita Vecchia digrada verso il fondo valle del corso d’acqua degli Affrichi posizionato nel capoluogo del comune di Arcidosso
- il tratto di termodotto denominato Pian Perugino (lunghezza circa 800 m) è completamente contenuto in un rettangolo la cui estensione è compresa tra le coordinate 707033, 707935, 4748137 e 4748452 (EPSG:32632) ed ha una quota compresa tra 789 e 803 m s.l.m. con quota media 796 m s.l.m. Come si vede dal dislivello, da un punto di vista morfologico questo tratto di termodotto ha pendenze basse e attraversa, con direzione Est Ovest, un versante esposto a nord intercettando due corsi d’acqua il fosso degli Affrichi e il fosso Grillese. Entrambi questi corsi d’acqua sono nel loro tratto iniziale, hanno una valle appena accennata e non sono presenti attraversamenti sotterranei nei punti in cui incrociano la strada vicinale del Monumento.
- il tratto di termodotto denominato Serra, Macchie e Zancona è completamente contenuto in un rettangolo la cui estensione è compresa tra le coordinate 703029, 711203, 4745270 e 4751375 (EPSG:32632) ed ha una quota compresa tra 688 e 822 m s.l.m. con quota media 758 m s.l.m. Questo tratto può essere diviso in due tronchi principali:
 1. Tronco 1: da Pian Perugino – via della Torricella prosegue verso la frazione di Serra passando per la strada vicinale della Crocina e per una strada comunale dismessa che passava dalla cresta che unisce i rilievi di poggio la Crocina, poggio Zuccherino e Poggetto; escludendo brevi tratti questo tronco di Termodotto ha pendenza sempre negativa partendo dalla sottostazione per arrivare al bivio tra la strada comunale della Zancona e la strada provinciale Cinigianese, dallo stesso bivio procedendo verso la frazione Serra la

pendenza è positiva. Il termodotto attraversa nel tratto iniziale un versante esposto a Nord per poi girare in direzione Sud Nord e proseguire sulla dorsale che collega poggio Zuccherino con poggio del Diavolo.

2. Tronco 2: da località la Crocina si separa dal primo tronco per proseguire verso località Macchie e Zancona. La pendenza in questo tratto è negativa per arrivare fino al fondovalle del Fiume Zancona e poi diventa positiva per risalire verso la frazione di Macchie. Il termodotto in questo tratto si sviluppa in direzione NW-SE attraversa il Fiume Zancona e un altro piccolo corso d'acqua denominato Fosso Anguillara.
- il tratto di termodotto denominato Merigar West è contenuto in un rettangolo la cui estensione è compresa tra le coordinate 703029, 711203, 4745270, 4751375 [EPSG:32632] ed ha una quota compresa tra 819 e 915 m s.l.m. con quota media 881 m s.l.m. Nel primo tratto dalla strada provinciale a Merigar West ha pendenza positiva e passa da circa 822 a quasi 900 m s.l.m. e dopo, escludendo alcune eccezioni la quota del tracciato rimane compresa intorno a 900 ± 20 per raggiungere i vari poderi sparsi nell'area di Merigar West.

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La storia geologica dell'area amiatina è molto complessa, comprendendo eventi sedimentari e tettonici che si sono susseguiti tra il Mesozoico ed il Quaternario recente (150 mila anni fa), gli stessi che hanno dato vita al corrugamento ed al sollevamento della Catena appenninica. Senza addentrarci troppo nella ricostruzione di questa storia, dobbiamo comunque tenere presente che i vari Complessi geologici provengono da bacini di sedimentazione distinti e con caratteristiche paleoambientali diverse ed oggi si trovano tettonicamente sovrapposti l'uno sull'altro. Sulla base dei rapporti di giacitura dei vari complessi e delle caratteristiche sedimentologiche delle rispettive successioni, si ritiene oggi che essi provengano da tre diversi Domini che all'inizio del Cretacico (150 milioni di anni fa) dovevano succedersi da Ovest verso Est, all'interno dell'oceano ligure - piemontese (un braccio dell'Oceano Tetide), nel seguente modo: Dominio ligure interno, Dominio ligure esterno (comprendete anche il dominio sub-ligure) e Dominio toscano.

I vari domini paleogeografici sopraelencati dopo la chiusura dell'oceano (Eocene, 45 milioni di anni fa) e la successiva collisione continentale Europa - Africa, hanno subito un raccorciamento con conseguente accavallamento dei terreni più occidentali su quelli più orientali: queste unità tettoniche oggi, sovrapposte l'una sull'altra, formano l'ossatura della Catena appenninica. A queste unità si sovrappongono, nell'area amiatina, sia sedimenti di origine lacustre e marina di età mio-pliocenica (tra i 10 ed i 2 milioni di anni fa), sia rocce vulcaniche legate all'attività pleistocenica (300.000 - 150.000 anni fa) del Monte Amiata.

La sottostazione di scambio termico è ubicata al contatto tra la formazione della Pietraforte visibile ed affiorante proprio a monte dell'area d'indagine (vedi fig.5 e punto di scatto in figura 6a) e la formazione delle Argille e calcari di Canetolo; entrambe queste formazioni sono descritte nel dettaglio nei paragrafi successivi.



Fig.5: Documentazione fotografica affioramento arenarie Pian Perugino evidenziato da tratteggio rosso (foto 13)

Per quanto riguarda il termodotto possiamo ricostruire il seguente modello geologico:

1. Il tratto di termodotto denominato Pian Perugino attraversa per metà terreni appartenenti alla formazione argille e calcari (appartenente all'unità di Canetolo) e per metà attraversa terreni della formazione della Pietraforte in facies arenarie e siltiti. In quest'area sono riportate anche alcune frane quiescenti che verranno descritte meglio successivamente, è quindi probabile che la formazione delle argille e calcari sia sormontata da spessori plurimetrici di coltre di alterazione.
2. Il tratto di termodotto denominato Serra Zancona Macchie attraversa solamente terreni in cui è presente la formazione della Pietraforte in facies arenacea e facies arenaceo siltitica, anche in questo caso lungo il percorso (in particolare sul fondovalle della Zancona e in loc. Macchie) attraversa movimenti franosi quiescenti ed è possibile la presenza di spessori plurimetrici di coltre di alterazione rimaneggiata.
3. Il tratto di termodotto denominato Merigar West attraversa per il 37% terreni appartenenti alla formazione della Pietraforte e per il 63% terreni appartenenti alla formazione argille e calcari (appartenente all'unità di Canetolo). Come nei tratti descritti in precedenza anche qui sono presenti movimenti franosi attivi e quiescenti, principalmente collocati nella formazione delle argille e calcari e dunque in alcuni tratti di termodotto saranno presenti spessori variabili di coltre di alterazione.

Si descrivono sotto brevemente le due formazioni principali che interessano il tracciato dell'termodotto:

1. La Formazione della Pietraforte è costituita da torbiditi silicoclastiche composte prevalentemente da litofacies arenacee e arenaceo-pelitiche, generalmente ben stratificate con spessori degli strati piuttosto variabili, da decimetrici a più di 10 m. Le arenarie sono di colore grigio chiaro al taglio fresco mentre invece diventano rossastre se alterate, La composizione è mista quarzoso-feldspatica e carbonatica e si presentano in strati massicci e grossolanamente gradati. Il detrito eluviale di questa litologia è una matrice sabbioso limosa di colore avana rossastro con inclusi frammenti di arenaria mal gradati, isometrici e con dimensioni fino a 30 cm. La facies pelitica è anch'essa grigia quando non alterata ha struttura fissile ed è caratterizzata da strati argillitico-siltitici di piccolo

spessore. Quando alterata diventa un limo argilloso plastico di colore avana o rossastro con immersi inclusi arenacei mal gradati. I rapporti tra la facies arenacea e i livelli pelitici sono molto variabili, sia in profondità che lateralmente, e determinano cambi morfologici piuttosto caratteristici: morfologia accidentata e versanti acclivi in corrispondenza delle arenarie; forme poco accidentate e rilievi collinari dolci, invece, dove affiorano gli strati argillitico-siltitici.

2. Le argille e calcari di Canetolo (ACCa) sono costituite dall'alternanza di peliti scure a patina d'alterazione ocracea con torbiditi carbonatiche rappresentate da strati sottili e medi di calcilutiti, dal caratteristico colore d'alterazione giallastro, e da strati spessi e molto spessi di calcari e calcari marnosi.

Da un punto di vista strutturale, l'affioramento delle Argille e Calcari di Canetolo è delimitato da faglie inverse a basso angolo, che costituiscono il sovrascorrimento basale mediante il quale l'unità ligure esterna (Formazione Pietraforte) è sovrascorsa sulle unità sub-liguri (Formazione di Canetolo). Il tracciato del termodotto, per come è stato progettato, si sviluppa prevalentemente sulla Formazione Pietraforte, aggirando l'affioramento delle Argille e Calcari di Canetolo, ad eccezione di alcuni tratti nel tronco Merigar West, nei quali penetra all'interno di questa formazione. Entrambe le formazioni risultano fortemente scompagnate e fratturate a causa della tettonica legata all'orogenesi appenninica.

3.2.1 Modello geologico sottostazione

La sottostazione è posizionata in corrispondenza di un'area posta al contatto tra la formazione della Pietraforte in facies arenacea e la formazione delle argille e calcari di Canetolo (vedi carta geologica di figura 6a) in un'area coperta da una coltre colluviale derivante dalla presenza di una frana quiescente. Da un punto di vista strutturale l'area si trova nei pressi del sovrascorrimento relitto che ha portato la formazione della Pietraforte a sovrascorrere sulla formazione delle argille e calcari di Canetolo. Il modello geologico dell'area è dunque il seguente:

1. Coltre di alterazione colluviale con spessore compreso fra 2 e 6 m;
2. Formazione della Pietraforte che se presente ha spessore limitato

3. Formazione argille e calcari di Canetolo

Nell'area sono state realizzate quattro prove penetrometriche (vedi allegato 2 per risultati, figura 8a per ubicazione e tabella 1 per l'interpretazione) necessarie per la caratterizzazione geotecnica di due siti di realizzazione alternativi della sottostazione, successivamente alla realizzazione delle prove la committenza ha scelto l'ipotesi progettuale posta pochi metri a nord della strada vicinale del Monumento e le prove penetrometriche realizzate nel secondo sito sono state utilizzate per modellizzare una sezione N-S del versante necessaria alla realizzazione della verifica di stabilità del versante.

Dalle prove penetrometriche DPSH 1 e DPSH 2, realizzate in corrispondenza dell'area di realizzazione della sottostazione, è stata evidenziata la presenza di una coltre superficiale sciolta, con spessore variabile tra 1,20 m e 1,80 m.

In particolare:

- La prova DPSH 1 ha evidenziato la presenza di coltre di alterazione superficiale sciolta fino a 1.80 m di profondità ($N_{SPT} 4 \pm 2$) e poi è andata improvvisamente a rifiuto probabilmente per l'intercettazione di un trovante di grosse dimensioni, frequente in questa litologia.
- La prova DPSH 2 al di sotto della coltre sciolta (spessore 1,20 m e $N_{SPT} 3 \pm 2$) ha individuato un livello intermedio con valori del numero di colpi N_{SPT} pari a 9 ± 2 , che aumenta progressivamente fino a 22 ± 7 a partire dalla profondità di 6 m, indicando un incremento della consistenza e della densità del terreno con la profondità.

Dalla sezione geotecnica (vedi allegato 1 e traccia di sezione in figura 8a) ricostruita sulla base dei risultati delle prove DPSH e dell'indagine sismica a rifrazione, si osserva che:

- Lo strato 1 (coltre sciolta) mantiene uno spessore pressoché costante lungo tutta la sezione;
- Lo strato 2, non intercettato dalla DPSH 1, è stato ricostruito indirettamente attraverso l'interpretazione dell'indagine sismica, che ha mostrato un aumento dello spessore dello strato 2 procedendo da Ovest verso Est, in direzione della valle del Fosso Grillese.

Nella verticale esplorata con la prova DPSH 2 è stato inoltre inserito un piezometro temporaneo, il quale ha registrato, nel mese di luglio 2025, un livello di falda posto a circa 90 cm dal piano campagna.

	DPSH1			DPSH2		
	Prof. (m)	Media N _{SPT}	Dev.st	Prof. (m)	Media N _{SPT}	Dev.st
Strato 1	1.80	3.93	1.04	1.20	3.43	1.52
Strato 2	\	\	\	6.00	9.02	2.23
Strato 3	\	\	\	6.8	22.45	7.05

Tabella 1: Risultati prove penetrometriche area sottostazione

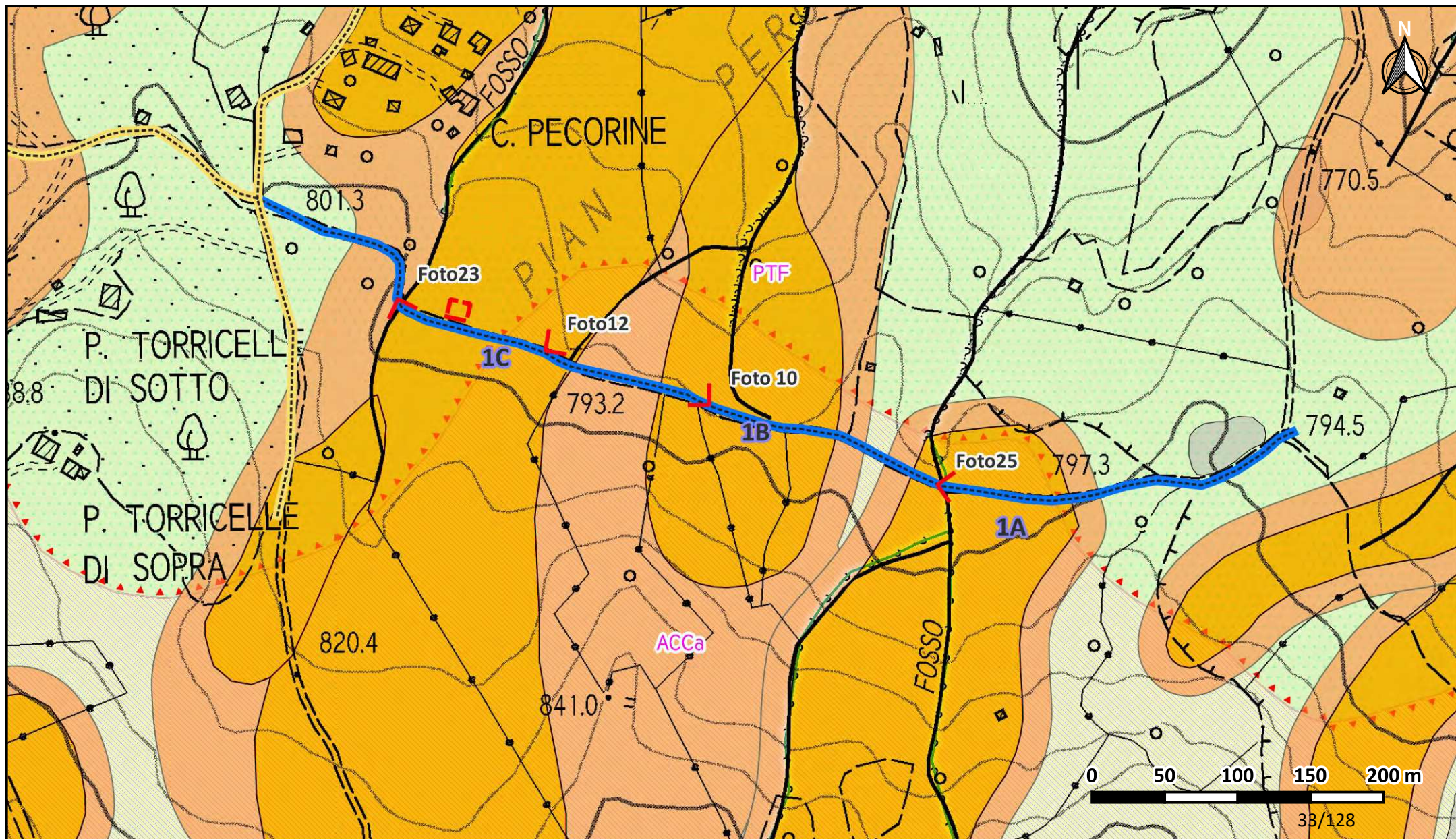
3.2.2 Modello geologico termodotto

Per quanto riguarda il termodotto (vedi carta geologica di figura 6a, 6b, 6c e 6d), si specifica che, nei tratti in cui sono previste tubazioni di diametro maggiore, gli scavi raggiungeranno una profondità di circa 1,5 m. A tale profondità, nei segmenti che attraversano la formazione del Pietraforte, verrà intercettata una sabbia con limo e ghiaia, la cui consistenza varierà in funzione del contenuto d'acqua. In alcuni casi potrà essere raggiunto il substrato litoide arenaceo prima del fondo scavo e in molti degli scavi sarà presente una componente litoide costituita da blocchi di arenaria di dimensione anche decimetrica immersi in una matrice limo sabbiosa. Nei tratti in cui il tracciato del termodotto attraversa invece le argille e i calcari di Canetolo, si prevede che il materiale superficiale sia costituito da un'argilla limosa con struttura scistosa e fissile se asciutta; se questo materiale si inumidisce perde la struttura fissile e diventa da poco a mediamente consistente sulla base della percentuale di saturazione. In presenza di acqua, tale materiale tenderà a plasticizzarsi e potrà presentare un certo rigonfiamento volumetrico.

Carta geologica e geomorfologica tratto Pian Perugino

Scala 1:3.500

Fig.6a



Legenda

Elementi geomorfologici

FI - frane IFFI

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Scivolamento rotazionale/traslativo

FL - forme lineari

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



Vallecola U



Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gully erosion)

Elementi geologici

limite geologico



sovrascorrimento principale - certo



sovrascorrimento principale - fittizio

Elementi geologici stratigrafici



PTF - Pietraforte CRETACICO SUPERIORE



ACCa - Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica PALEOCENE - EOCENE

Pericolosità P.A.I.



P3a - Pericolosità Elevata

Progetto

Termodotto



Tratto Pian Perugino



Tratto Zanca Macchie Serra

Stazioni termiche



Sottostazione termica

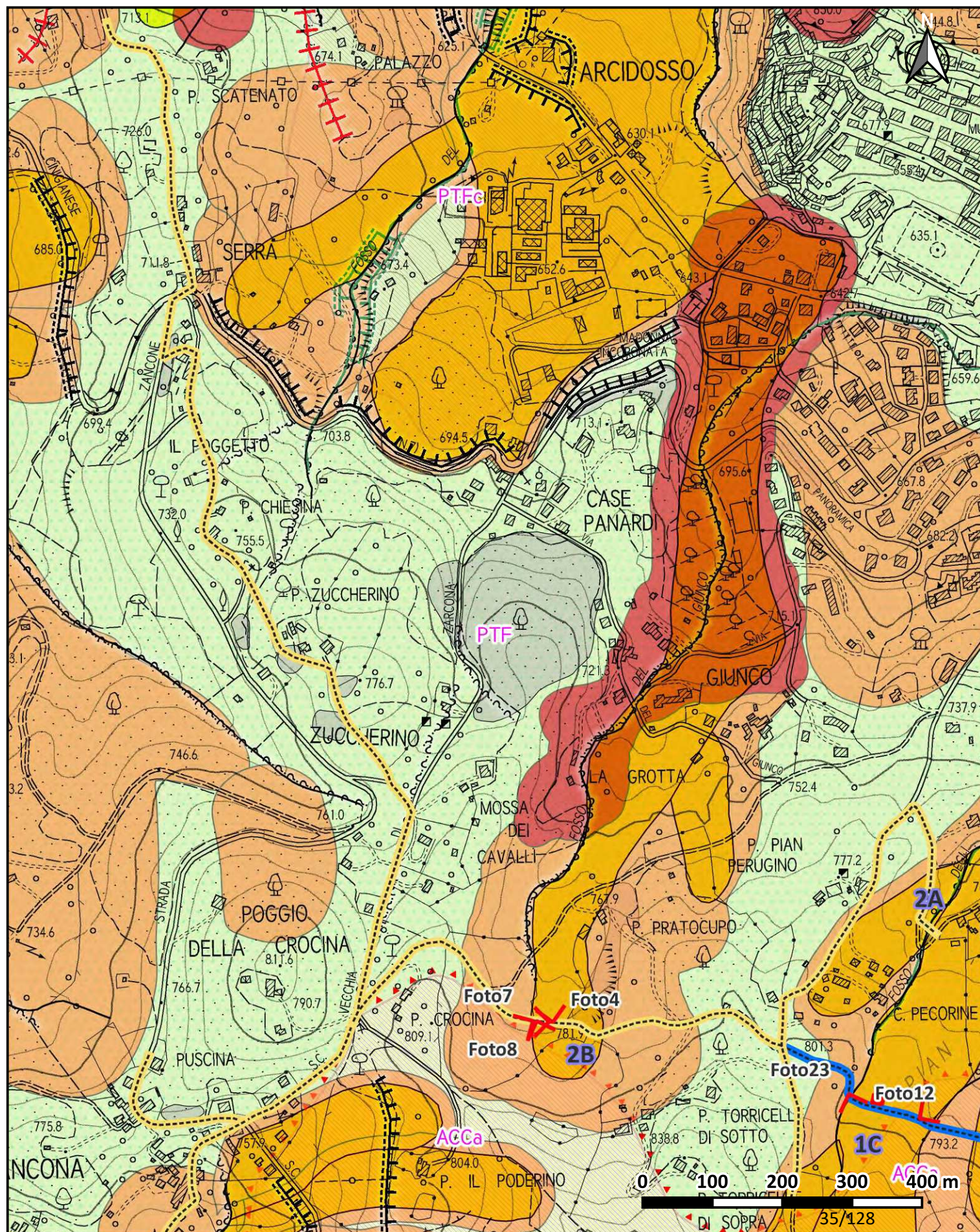
Elementi puntuali



Punto di scatto

Carta geologica e geomorfologica tratto Macchie Zancona

Serra tronco 1
Scala 1:7.000 Fig.6b



Legenda

Elementi geomorfologici

FI - frane IFFI

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Scivolamento rotazionale/traslativo

FL - forme lineari

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



Vallecola U



Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gully erosion)



Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza < 10 metri



Forme, depositi e attivita' antropiche



Orlo di scarpata antropica - altezza < 10 metri



Orlo di scarpata di discarica - altezza indeterminata

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Trincea di frana o di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)



Trincea di frana o di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)

Elementi geologici

limite geologico



contatto stratigrafico e/o litologico - certo



contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio



sovrascorrimento principale - certo



sovrascorrimento principale - fittizio

Elementi_geologici stratigrafici



PTF - Pietraforte CRETACICO SUPERIORE



PTFc - Pietraforte: Siltiti e argilliti CRETACICO SUPERIORE



ACCa - Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica PALEOCENE - EOCENE

pericolosità P.A.I.



P3a - Pericolosità Elevata



P4 - Molto Pericolosità Elevata

Progetto

Termodotto



Tratto Pian Perugino



Tratto Zanca Macchie Serra

Prove_penetrometriche

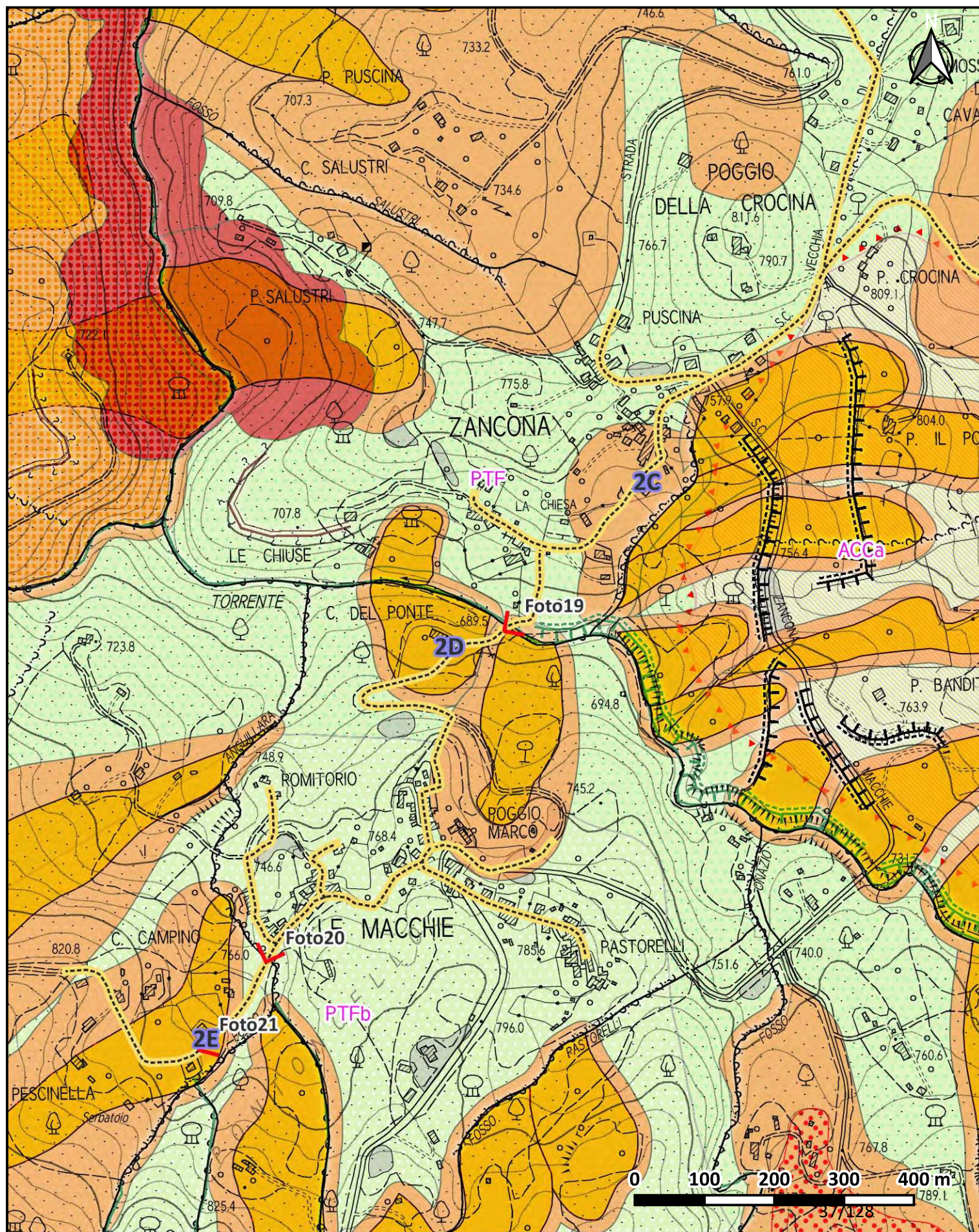


Punto di scatto

Carta geologica e geomorfologica tratto Macchie Zancona

Serra tronco 2

Scala 1:7.000 Fig.6c



Legenda

Elementi geomorfologici

DS - depositi superficiali

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Deposito di versante

FI - frane IFFI

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'



Scivolamento rotazionale/traslato



DGPV

FL - forme lineari

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali



Vallecola U



Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gully erosion)



Orlo di scarpata di erosione fluviale - altezza < 10 metri

Forme strutturali e vulcaniche



Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale-altezza > 20 metri

Forme, depositi e attivita' antropiche



Orlo di scarpata antropica - altezza < 10 metri

Elementi geologici

limite geologico



contatto stratigrafico e/o litologico - certo



contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio



sovrascorrimento principale - certo



sovrascorrimento principale - fittizio

Elementi geologici stratigrafici



PTF - Pietraforte CRETACICO SUPERIORE



PTFb - Pietraforte: Arenarie e silti CRETACICO SUPERIORE



ACCa - Argille e Calcari di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica PALEOCENE - EOCENE

Pericolosità P.A.I.



P3a - Pericolosità Elevata



P4 - Molto Pericolosità Elevata

Progetto

Termodotto



Tratto Zancona Macchie Serra

Elementi puntuali



Punto di scatto

Fig.6d




Legenda

Elementi geomorfologici

● FP - forme puntuali

DS - depositi superficiali


Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

 Deposito di versante

FI - frane IFFI

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

 n.d.

 Scivolamento rotazionale/traslato


 Colamento lento

 Colamento rapido


FL - forme lineari

Forme e depositi dovuti alle acque correnti superficiali


 Solco erosivo di ruscellamento concentrato (gully erosion)

 Orlo di scarpata delimitante superficie spianata - altezza ≥ 20 metri


Forme strutturali e vulcaniche

 Orlo di scarpata di erosione selettiva o strutturale-altezza > 20 metri

Forme, depositi e attivita' antropiche

 Orlo di scarpata antropica - altezza < 10 metri

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'


 Trincea di frana o di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)

 Trincea di frana o di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV)

Elementi geologici

limite geologico

----- contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio

 faglia diretta - certo

 faglia diretta - fittizio

 sovrascorrimento principale - certo

 sovrascorrimento principale - fittizio

Elementi geologici stratigrafici

 APAa - Argille a Palombini: Litofacies calcareo-marnosa CRETACICO INFERIORE

 PTF - Pietraforte CRETACICO SUPERIORE

 ACCa - Argille e Calcarei di Canetolo: Litofacies calcareo-argillitica PALEOCENE - EOCENE

 BLP2 - Formazione di Poggio Biello e Poggio Pinzi: Membro di Poggio Pinzi PLEISTOCENE

Pericolosità P.A.I.

 P3a - Pericolosità Elevata

 P4 - Molto Pericolosità Elevata

Progetto

Termodotto

 Tratto Merigar West

Elementi Puntuali

 Punto di scatto

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDRAULICO E IDROGEOLOGICO

3.3.1 Area della sottostazione di scambio termico

Da un punto di vista geomorfologico la sottostazione si trova su un versante esposto a Nord con pendenza media di 6.80°. Le tre cartografie geomorfologiche analizzate (Piano strutturale approvato, adottato e cartografia PAI) indicano assetti geomorfologici discordanti per l'area d'indagine, ovvero il piano strutturale approvato non indica nessun movimento franoso e nessuna pericolosità mentre sia il piano strutturale intercomunale adottato che il P.A.I. "dissesti" indicano la presenza di un movimento franoso quiescente (1C nella figura 6a) che dalla cresta bandita vecchia digrada verso la congiungenza tra i fossi Grillese e Affrichi. L'estensione di questo movimento franoso è circa 38 ha ed è posizionato per la quasi totalità in campi lasciati al pascolo tranne che per le aree più a valle dove sono presenti boschi. Lo stato di attività di questo movimento è quiescente e tenendo conto anche delle basse pendenze l'area d'indagine sembra nel complesso stabile. Come si vede dalla figura 7a questa porzione di versante risulta morfologicamente molto articolata con presenza di contropendenze e compresa tra due diversi corsi d'acqua con direzione da sud a nord. Non si esclude dunque che in passato sia stata oggetto di dissesto, tuttavia, nel presente non sono stati individuati indicatori cinematici di dissesto attivo. L'influenza di quanto in progetto sulla stabilità del versante verrà valutata con una specifica verifica di stabilità del versante riportata nel paragrafo 3.5. Si suggerisce, se possibile, di realizzare l'opera nella parte Ovest dell'area d'indagine, nei pressi del corso d'acqua degli Affrichi, ovviamente rispettando le distanze minime dai corsi d'acqua definite nella 41/2018.

Da un punto di vista idraulico l'area d'indagine è compresa tra il fosso degli Affrichi e il corso d'acqua con codice TS47906, entrambi questi corsi d'acqua sono nel segmento sorgentizio del loro corso e il loro alveo è poco più di un'incisione profonda meno di un metro e non generano pericolosità idraulica per la sottostazione di scambio termico. Si specifica tuttavia che secondo la L.R. 41/2018 dovrà essere comunque mantenuto un franco di almeno 10 m tra la posizione della sottostazione e il ciglio di sponda del corso d'acqua. Da un punto di vista idrogeologico l'area si trova al contatto tra la formazione della Pietraforte in facies arenacea con permeabilità medio alta per fratturazione e le argille e calcari di Canetolo che hanno

permeabilità variabile in base alla facies presente. Grazie alla prova penetrometrica DPSH 2 è stata individuata la presenza di una falda idrica a profondità inferiore ad 1 m e dunque interferente con lo scavo per l'individuazione del piano fondale della struttura. La presenza di una falda acquifera superficiale comporta due principali ordini di problematiche:

- Durante la fase di scavo, l'infiltrazione d'acqua può determinare il riempimento dello scavo stesso e comprometterne la stabilità, rendendo difficoltose le operazioni di realizzazione delle opere di fondazione.
- Dal punto di vista geotecnico, la ciclica variazione del regime di saturazione (passaggi frequenti da stato saturo a insaturo) accelera i processi di alterazione fisico-chimica del terreno. Tale condizione può portare, nel tempo, a una progressiva riduzione della resistenza meccanica dei terreni di fondazione.

3.3.2 Area sviluppo termodotto

Come visibile nella carta geomorfologica fig.6 il termodotto attraversa alcuni movimenti franosi quiescenti e un movimento franoso attivo. I movimenti franosi verranno descritti dettagliatamente nelle sezioni sottostanti e si specifica che lo stato di attività dei movimenti franosi quiescenti è stato valutato a partire da un rilievo di superficie dettagliato e non vi sono state fatte prove specifiche mentre in quello attivo sono state fatte due prove penetrometriche dinamiche super pesanti per valutare lo spessore della coltre.

I movimenti franosi sono stati contrassegnati da un numero e da una lettera che ne descrivono la localizzazione come visibile in figura 6a, 6b, 6c e 6d e le interferenze tra il termodotto e corsi d'acqua censiti nel database della regione Toscana o sorgenti captate a scopo idropotabile sono visibili in figura 7a, 7b, 7c e 7d. Si farà riferimento anche alla documentazione fotografica visibile in allegato 4 con punti di scatto visibili in figura 6a, 6b, 6c e 6d.

Tratto Pian Perugino

In questo tratto il termodotto interessa tre movimenti franosi (1A, 1B e 1C) tutti e tre con caratteristiche simili ovvero sono classificabili come frane quiescenti di scivolamento traslativo della coltre che scorre sul

substrato. Come specificato lo stato di attività è ad oggi quiescente ovvero i corpi di frana non si muovono nel presente ma potrebbero riattivarsi in futuro in quanto la coltre è ormai rimaneggiata e l'aumento del contenuto d'acqua e della percentuale di saturazione potrebbe riattivare lo scorrimento verso valle. Tutte e tre queste frane sono arealmente estese e vengono cartografate come elementi unitari, tuttavia, si specifica che secondo lo scrivente è più probabile che nel presente si riattivino solamente in zone arealmente limitate poste all'interno del corpo di frana legate a condizioni di pendenza e saturazione locali. Da questo punto di vista si puntualizza che la strada vicinale e di conseguenza il termodotto si sviluppano in un'area localmente sub pianeggiante in cui sembra improbabile che ad oggi, anche caso di riattivazione di questi sistemi franosi, possano generarsi dislocazioni tali da danneggiare la tubazione del termodotto.

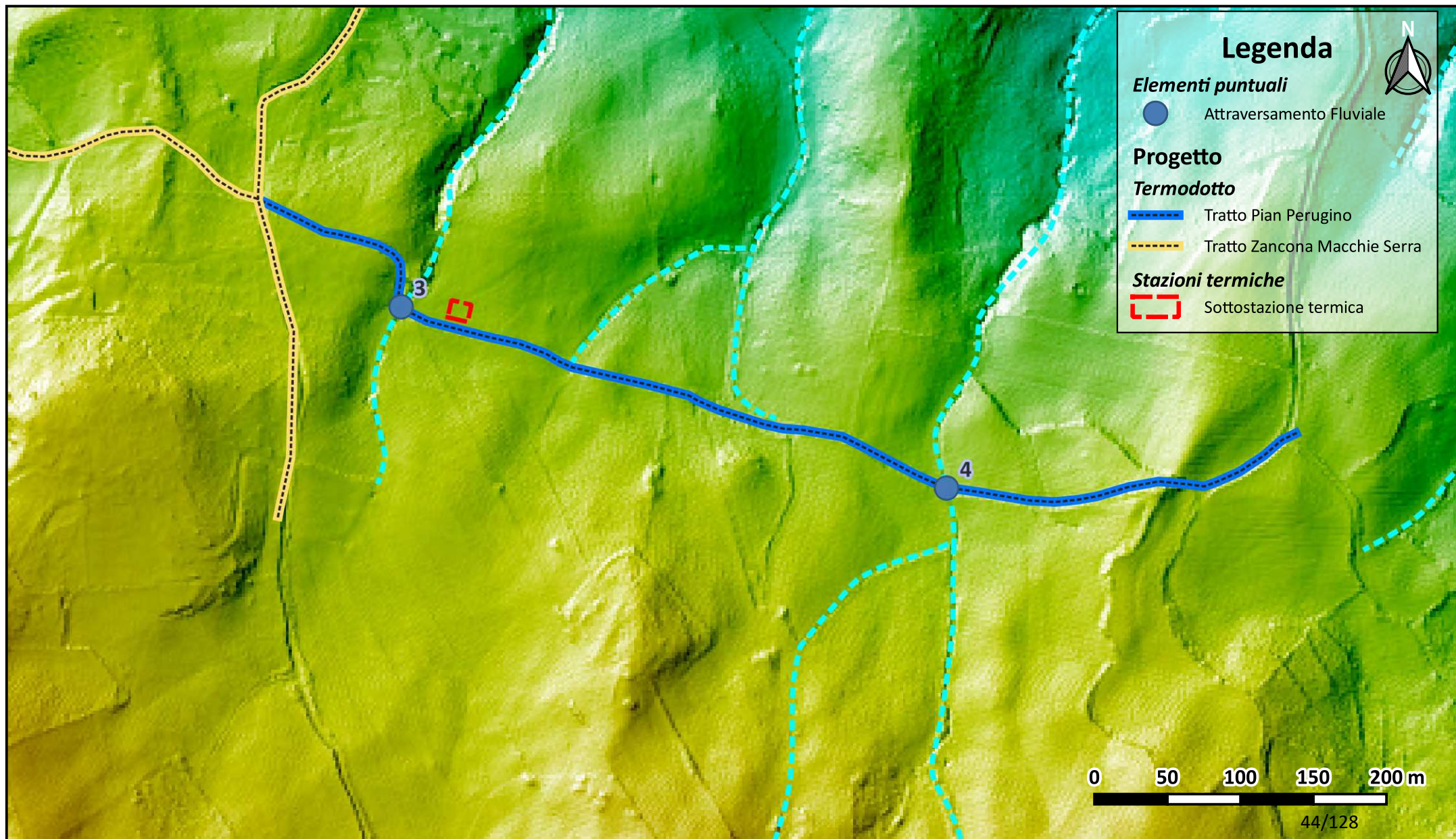
Da punto di vista idraulico (vedi figura 7a) il termodotto attraversa in questo tratto due corsi d'acqua che procedendo da Ovest verso Est possono essere così descritti:

1. Attraversamento 4: corso d'acqua Fosso Grillese (codice TS48171): contrassegnato dal numero 4 in figura 7a l'incrocio con il termodotto avviene appena a valle della congiungenza con il corso d'acqua TS48422, per visualizzare l'attraversamento si rimanda alla foto 25 riportata in allegato 4. L'attraversamento stradale del corso d'acqua non avviene tramite tubazioni ma avviene con il passaggio sulla carreggiata della strada bianca. Essendo nel suo tratto iniziale questo corso d'acqua ha un bacino idrografico molto limitato e in questo tratto ha portata solo durante eventi piovosi intensi.
2. Attraversamento 3: Corso d'acqua Fosso degli Affrichi (codice TS48130): contrassegnato dal numero 3 in figura 7a. Per visualizzare l'attraversamento si rimanda alla foto 23 riportata in allegato 4. Come il precedente anche in questo caso l'attraversamento stradale del corso d'acqua non avviene tramite tubazioni ma avviene direttamente sulla carreggiata della strada bianca. Essendo nel suo tratto iniziale questo corso d'acqua ha un bacino idrografico molto limitato e in questo tratto ha portata solo durante eventi piovosi intensi.

Carta morfologica, sorgenti e corsi d'acqua tratto Pian Perugino

Scala 1:3.500

Fig.7a



La realizzazione degli attraversamenti dei corsi d'acqua con il termodotto è fattibile da un punto di vista idraulico previa richiesta di autorizzazione idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 che verifica la il rispetto delle disposizioni riportate nel dettaglio al capitolo 3.4.

Dal punto di vista idrogeologico il termodotto è un'opera a basso impatto in quanto al suo interno circola come fluido conduttore acqua e dunque anche in caso di rotture non va ad immettere nella falda inquinanti di nessun tipo. Inoltre, in questo specifico tratto non sono segnalate sorgenti utilizzate a scopo idropotabile nel database ARPAT (fig. 7a). Si specifica che avendo individuato falda acquifera a profondità inferiore ad 1 m nel sottosuolo dell'area di ubicazione della sottostazione di scambio non è da escludere che in tutto lo sviluppo del termodotto possa essere intercettata falda acquifera nel corso degli scavi per la posa della tubazione del termodotto

Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 1

In questo tratto il termodotto interessa due movimenti franosi (2A, 2B) tutti con caratteristiche simili e simili a quelli del paragrafo precedente ovvero sono classificabili come frane quiescenti di scivolamento traslativo della coltre che scorre sul substrato. Come specificato lo stato di attività è ad oggi quiescente ovvero i corpi di frana non si muovono nel presente ma potrebbero riattivarsi in futuro in quanto la coltre è ormai rimaneggiata e l'aumento del contenuto d'acqua e della percentuale di saturazione potrebbe riattivare lo scorrimento verso valle. Il termodotto intercetta il movimento franoso 2A nella parte terminale dello stesso in un'area dove è presente una struttura ricettiva. Questo tratto di termodotto è relativo esclusivamente alla struttura ricettiva e sembra improbabile che questo movimento possa riattivarsi così come cartografato con direzione sud- nord ma sembra più probabile che un'eventuale riattivazione sia legata a fenomeni rototraslativi che si generano nelle sponde del corso d'acqua per l'azione di richiamo esercitata dal fosso degli Affrichi.

Il movimento 2B (foto 7 e foto 4 in allegato 4) è arealmente esteso e come per le frane 1A, 1B e 1C è cartografato come elemento unitario; tuttavia, è più probabile che nel presente si riattivi solamente in zone arealmente limitate poste all'interno del corpo di frana legate a condizioni di pendenza e saturazione locale.

La quiescenza di questo movimento franoso è confermata dalla presenza di un podere storico denominato podere di Pratocupo che è presente in quest'area a partire almeno dai primi del '900 (fonte catasto storico provincia di Grosseto) e che ad oggi non presenta nessun tipo di lesione. La strada vicinale e di conseguenza il termodotto si sviluppano in un'area localmente a bassa pendenza in cui sembra improbabile che, anche in caso di riattivazione di questo sistema franoso, possano generarsi ad oggi dislocazioni tali da danneggiare la tubazione del termodotto.

Da punto di vista idraulico (figura 7b) il termodotto attraversa in questo tratto un solo corso d'acqua (attraversamento 3bis) che è lo stesso descritto al punto 2 del capitolo precedente denominato fosso degli Affrichi. In questa zona essendo posizionato qualche decina di metri in direzione nord la valle è più incisa anche se il regime idraulico rimane intermittente. La realizzazione degli attraversamenti dei corsi d'acqua con il termodotto è fattibile da un punto di vista idraulico previa richiesta di autorizzazione idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 che verifica la il rispetto delle disposizioni riportate nel dettaglio al capitolo 3.4.

Dal punto di vista idrogeologico il termodotto è un'opera a basso impatto in quanto al suo interno circola come fluido conduttore acqua e dunque anche in caso di rotture non va ad immettere nella falda sostanze inquinanti di nessun tipo. Inoltre, in questo specifico tratto non sono segnalate sorgenti utilizzate a scopo idropotabile nel database ARPAT (figura 7b). Come per il caso precedente è possibile, soprattutto in periodi piovosi, che possa essere presente in alcuni tratti una falda superficiale durante la realizzazione degli scavi.

Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2

In questo tratto il termodotto interessa tre movimenti franosi (2C, 2D e 2E). questi movimenti franosi arealmente più limitati rispetto a quelli descritti in precedenza e sono tutti ubicati in aree mediamente più pendenti (pendenza maggiore di 10°) e hanno alla base un corso d'acqua perenne che esercita un'azione di richiamo legata alla erosione.

Da cartografia questi movimenti franosi sono quiescenti con movimento traslativo rotazionale. Lo stato di attività di questi movimenti franosi dipende molto dai regimi pluviometrici intensi e dalla conseguente capacità di erosione dei corsi d'acqua. Per quanto riguarda il movimento franoso 2C ha un corso d'acqua sotteso che è secondario e in un tratto iniziale del suo corso e dunque ha una capacità erosiva non elevata anche se la sponda destra ha pendenza abbastanza elevata. All'interno di questo movimento è presente un fabbricato che esisteva già nei primi del '900 (catasto storico provincia di Grosseto) e dunque si ipotizzare che lo stato attuale sia effettivamente quiescente.

Per quanto riguarda il movimento franoso 2D, questo è legato all'azione erosiva di un corso d'acqua più grande del precedente denominato Zancona che ha portate discrete durante tutto l'anno. La velocità del flusso in questo tratto di corso d'acqua è comunque regolata dalla presenza di due briglie che ne rallentano l'azione erosiva. Finché le briglie rimarranno funzionali è probabile che il movimento franoso rimanga quiescente. Dal sopralluogo eseguito non sono stati individuati indicatori cinematici di attività recente del movimento franoso sulle piante che sono cresciute nel corpo di frana.

Per quanto riguarda il movimento franoso 2E, questo ha una dinamica più complessa e si può fare un discorso simile a quello fatto per i movimenti franosi 1A, 1B e 1C, ovvero che è stato cartografato come un unico movimento franoso unitario quiescente con forma articolata, tuttavia dal sopralluogo eseguito emerge che all'interno di questo movimento è probabilmente presente un movimento attivo in un passato recente che ha generato qualche deformazione sulla strada (foto 21) e che è probabilmente legato all'azione di richiamo del corso d'acqua dell'Anguillara e ha una direzione di movimento verso est e coinvolge una parte della sponda sinistra di questo corso d'acqua.

Da un punto di vista morfologico si segnala che il tratto di termodotto che abbandona la strada provinciale delle Macchie e si dirige attraversando il versante verso poggio Marco dovrà attraversare un tratto di versante con pendenza molto elevata (superiore a 60°) e attualmente occupato da un affioramento di pietraforte litoide fratturato alto diversi metri.

Da punto di vista idraulico il termodotto in questo tratto attraversa due corsi d'acqua che possono essere così descritti (figura 7c):

1. Attraversamento 1: corso d'acqua Zancona (codice TS48446): per visualizzare l'attraversamento si rimanda alla foto 19 riportata in allegato 4. La strada comunale attraversa il corso d'acqua con un ponte, in questo caso il corso d'acqua ha una portata notevole sia d'estate che d'inverno e è una delle aste di drenaggio principali dell'area.
2. Attraversamento 2: Corso d'acqua dell'Anguillara (codice TS49033): per visualizzare l'attraversamento si rimanda alla foto 20 riportata in allegato 4. Al punto di attraversamento il corso d'acqua ha un bacino mediamente esteso (circa 74 ha) ed ha sicuramente portata perenne nei mesi invernali che va ad esaurirsi in quelli estivi. L'attraversamento del corso d'acqua con la strada comunale avviene con un ponte il corso d'acqua è un affluente sinistro del torrente Zancona descritto al punto precedente.

La realizzazione degli attraversamenti dei corsi d'acqua con il termodotto è fattibile da un punto di vista idraulico previa richiesta di autorizzazione idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 che verifica la il rispetto delle disposizioni riportate nel dettaglio al capitolo 3.4.

Dal punto di vista idrogeologico il termodotto è un'opera a basso impatto in quanto al suo interno circola come fluido conduttore acqua e dunque anche in caso di rotture non va ad immettere nella falda sostanze inquinanti di nessun tipo. Si segnala a monte della parte finale del termodotto in loc. Pescinella la presenza di due sorgenti captate a scopo idropotabile dall'autorità idrica di ambito che si trovano poco a monte rispetto al punto di passaggio del termodotto. L'impiego dell'acqua come fluido scambiatore di calore nel termodotto non comporta, in fase di esercizio, interazioni negative tra la sorgente e l'opera. Tuttavia, si raccomanda di adottare la massima attenzione e di applicare protocolli operativi rigorosi durante le fasi di

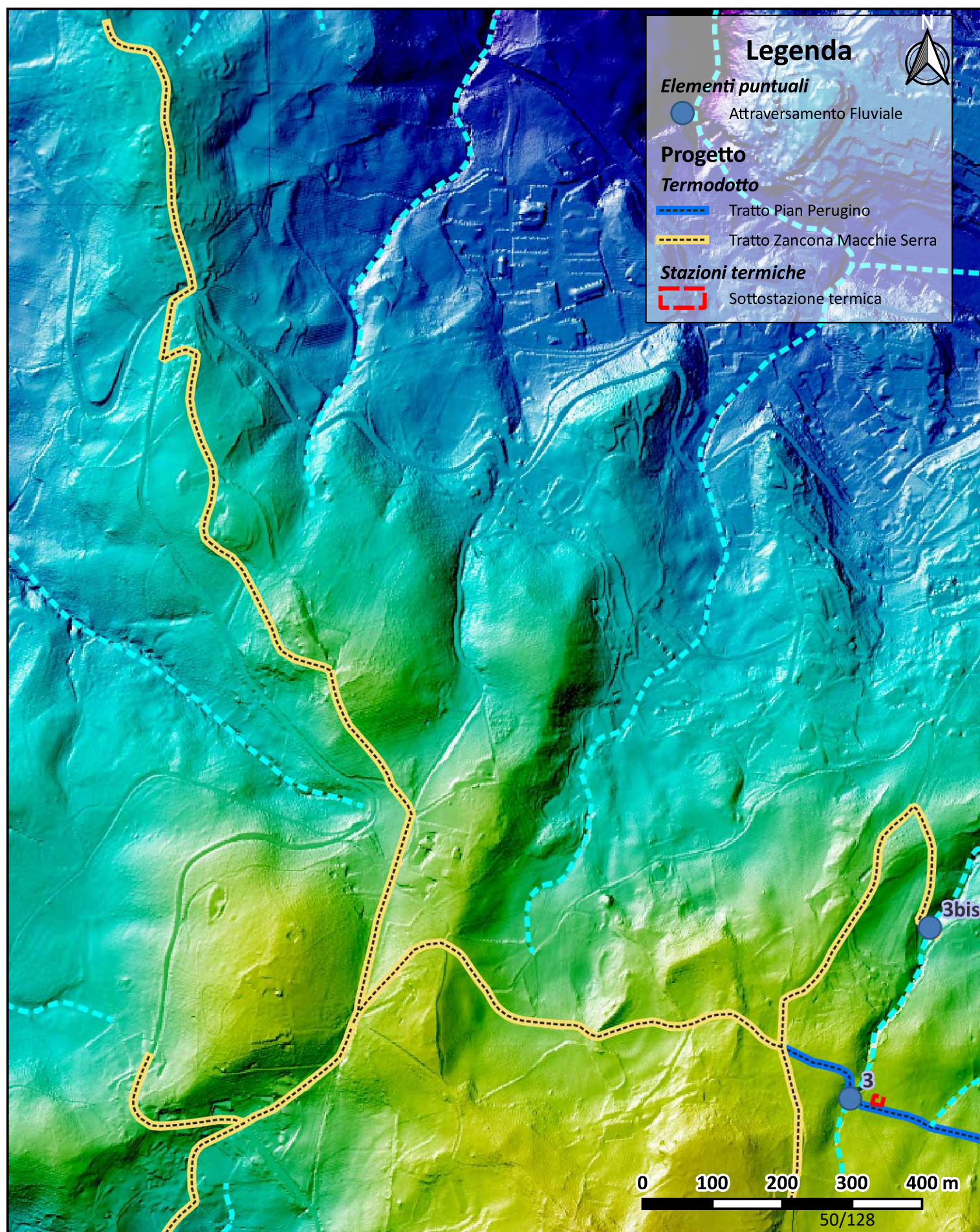
cantiere, in particolare in prossimità delle sorgenti individuate nella cartografia di figura 7c, al fine di prevenire eventuali contaminazioni o danni in caso di rottura di serbatoio o circuiti idraulici dei mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la possibilità di intercettare la falda idrica con lo scavo per la posa del termodotto si segnala principalmente la zona di loc. Pescinella nella frazione di Macchie, il fondovalle del torrente Zancona e le zone occupate da frane quiescenti in cui la coltre superficiale può saturarsi in concomitanza di eventi piovosi intensi.

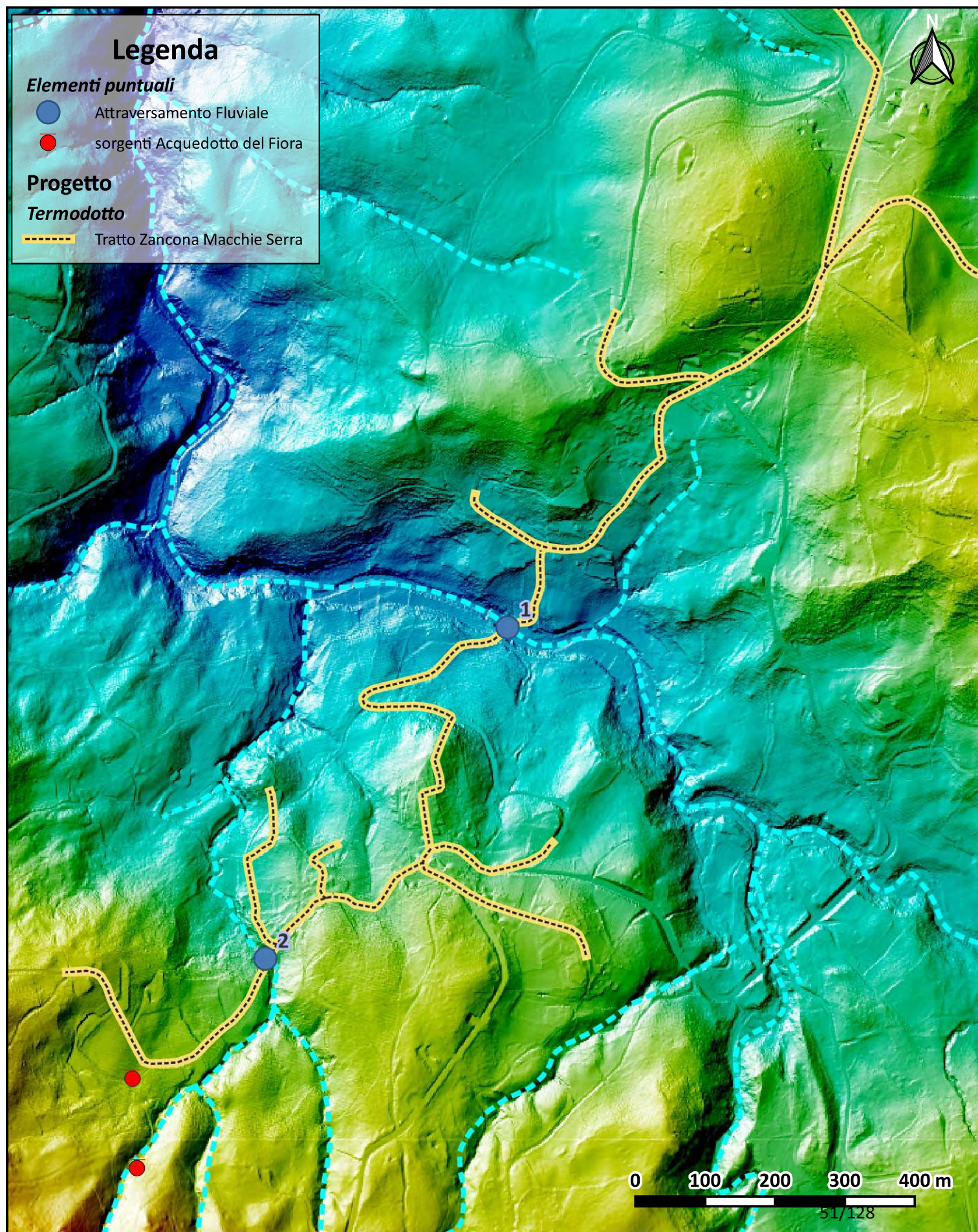
Carta morfologica, sorgenti e corsi d'acqua tratto Macchie

Zancona Serra tronco 1

Scala 1:7.000 Fig.7b



Carta morfologica, sorgenti e corsi d'acqua tratto Macchie Zancona Serra tronco 2 Scala 1:7.000 Fig.7c



Tratto Merigar West

In questo tratto il termodotto interessa una zona geologicamente leggermente diversa da quelle descritte in precedenza in cui la formazione della Pietraforte è minoritaria rispetto alla formazione delle argille e calcari di Canetolo. Quest'ultima ha generalmente una componente argillosa superiore alla Pietraforte e in base alla disposizione stratigrafica delle alternanze di argille e calcari fratturati può presentare anche un grado di saturazione elevato, dato che i calcari fratturati affioranti catturano l'acqua piovana per poi scaricarla lentamente verso la parte superficiale della facies argillosa affiorante favorendone il movimento e la traslazione verso valle.

In quest'area il termodotto intercetta un movimento franoso attivo (vedi punti 3A e 3B in figura 6d e vedi planimetria di figura 8b), sul quale sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH5 e DPSH6), i cui risultati sono riportati in allegato 2 e in tabella 2, al fine di valutare lo stato di consistenza della coltre e del substrato. Questo movimento franoso è stato anche oggetto di uno specifico rilievo sul campo (foto 14, foto 15 e foto 16) e di un rilievo da foto aerea e da modello digitale del terreno con cella 1 m. Dall'osservazione delle foto aeree e del DTM si nota la presenza di indizi sulla possibile presenza attuale o passata di un movimento franoso come contropendenze e una corona di distacco ben definita e di fattori predisponenti come le cattive condizioni di drenaggio delle acque superficiali su tutto il corpo di frana evidenziate in alcune foto aeree. Tuttavia, la presenza di un fabbricato (Podere Nuovo) presente da oltre 100 anni e l'assenza di movimenti registrati in corrispondenza di alcuni Point scatterer individuati con il monitoraggio radar satellitare DINSAR dell'unione europea eseguito attraverso i satelliti Sentinel 1 e 2 (<https://egms.land.copernicus.eu/>) porta a pensare che il movimento possa essere quiescente. Sintetizzando le osservazioni eseguite si può descrivere questo movimento franoso come un movimento traslazionale lento della coltre rispetto al substrato la cui dinamica è legata alle condizioni di drenaggio delle acque del versante stesso.

Grazie alle prove penetrometriche è stato possibile elaborare un modello geotecnico preliminare del corpo di frana, che ha evidenziato la presenza di tre strati:

- Strato 1: una coltre superficiale da sciolta a poco consistente presente fino alla profondità di 3 m;

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

- Strato 2: un livello leggermente più consistente dello strato 1 che è presente fino alla profondità di circa 4.4 m
- Strato 3: un substrato in cui la prova DPSH è andata a rifiuto presente a partire dalla profondità di 4.4

	DPSH5			DPSH6			Media	
	Prof. (m)	Media	Dev.st	Prof. (m)	Media	Dev.st	Media	Dev.st
Strato 1	3.00	6.28	2.39	3.00	5.99	1.86	6.13	2.13
Strato 2	> 4.4	10.09	3.11	> 4.4	14.30	5.81	12.20	4.46

Tabella 2: Risultati prove penetrometriche frana attiva 3A e 3B

A partire dal modello geotecnico preliminare dell'area è stata ricostruita una sezione geologica tipo e su questa è fatta una verifica di stabilità del versante. Poiché nella documentazione di progetto non sono previsti nuovi interventi o opere in quest'area, il modello geotecnico e la verifica di stabilità non vengono riportati nel presente elaborato.

Tuttavia, sono state effettuate simulazioni sullo stato attuale del versante: esso risulta complessivamente stabile se gli strati 1 e 2 rimangono asciutti, mentre, ipotizzando la presenza di falda a un metro di profondità, l'intera coltre superficiale diventa instabile.

Si riporta inoltre che, secondo quanto riferito dal custode delle strutture di Merigar West, il corpo di frana a valle dell'area d'indagine è stato oggetto, in epoca recente, di un intervento di realizzazione di una trincea drenante; non è stato possibile reperire la documentazione tecnica di questo intervento tuttavia si conferma che l'intervento potrebbe essere stato efficace nel diminuire o fermare l'attività di questo movimento franoso perché come dimostrato dalle verifiche di stabilità del versante, se la coltre rimane asciutta allora il versante può essere considerato nel suo complesso stabile.

In ogni caso, senza documentazione di progetto affidabile e un adeguato monitoraggio post-intervento non è possibile modificare lo stato di attività di questa frana che rimane attivo.

Come possibili soluzioni progettuali per l'attraversamento di questo movimento franoso si potrebbe in prima fase reperire la documentazione di questo primo intervento realizzato nel passato e cercare di capire se in fase di lavori è possibile ampliare e migliorare il sistema di dreni superficiali, oppure si può ipotizzare

delle soluzioni progettuali che vadano a compensare le eventuali deformazioni lente imposte dalla frana alla tubazione come per esempio la posa delle tubazioni in cunicoli o tubazioni di protezione in cemento armato o acciaio oppure l'utilizzo di un bypass esterno nel tratto in cui la tubazione intercetta il movimento franoso. Inoltre, si potrebbe anche suggerire l'utilizzo di sistemi di monitoraggio in continuo realizzati attraverso l'utilizzo di estensimetri in foro o fibre ottiche (Sistema DAS) che permettano di verificare lo stato di attività del movimento franoso e intervenire prima che si verifichi la rottura. Concludendo si specifica che il termodotto intercetta in due punti questo movimento franoso (3A e 3B) e che tuttavia il tratto identificato dal codice 3A sia quello in cui il movimento franoso presenta un'attività più recente mentre la porzione più a valle dello stesso sembra più stabile anche per la presenza di un piccolo rimboschimento che regima e rettifica lo scorrimento a valle delle acque.

Nella parte di termodotto collocata tra podere Poggio Squadrato e Podere Nuovissimo sono presenti tre movimenti franosi (3C, 3D e 3E) cinematicamente simili al precedente ma che vengono classificati nella cartografia del *P.A.I. dissesti* come quiescenti. In quest'area non sono stati individuati indicatori cinematici che suggerissero riattivazioni recenti di questo movimento franoso. Come nel caso precedente anche qui sono stati individuati attraverso foto aeree e DTM delle forme che suggeriscono la presenza passata o presente di un movimento franoso, tuttavia, la presenza attuale di aree boscate a partire almeno dal 1978 e la presenza di abitazioni e poderi storici suggerisce che lo stato di attività di questi movimenti sia ad oggi effettivamente quiescente.

Da punto di vista idraulico il termodotto in questo tratto attraversa due corsi d'acqua che possono essere così descritti:

3. Attraversamento 6: corso d'acqua (codice TS49658): La strada comunale attraversa il corso d'acqua nella sua parte iniziale e l'area del bacino topografico chiuso dove si incrociano termodotto e corso d'acqua, è circa 0.5 ha e in questo tratto ha flusso solo durante eventi piovosi intensi. L'attraversamento stradale del corso d'acqua non avviene tramite tubazioni ma avviene direttamente sulla carreggiata della strada bianca.

4. Attraversamento 7: Corso d'acqua (codice TS49670): al punto di attraversamento il corso d'acqua ha un bacino poco esteso (circa 85 ha) ed ha portata intermittente strettamente legata al regime pluviometrico e tende a seccarsi d'estate. L'attraversamento del corso d'acqua con la strada comunale avviene con un tombino in cui il corso d'acqua arriva e attraversa la strada con una tubazione di cemento di diametro sconosciuto. Si consiglia di passare con la tubazione del teleriscaldamento sotto alla tubazione di attraversamento per facilitare le operazioni di manutenzione di tombino e tubazione.

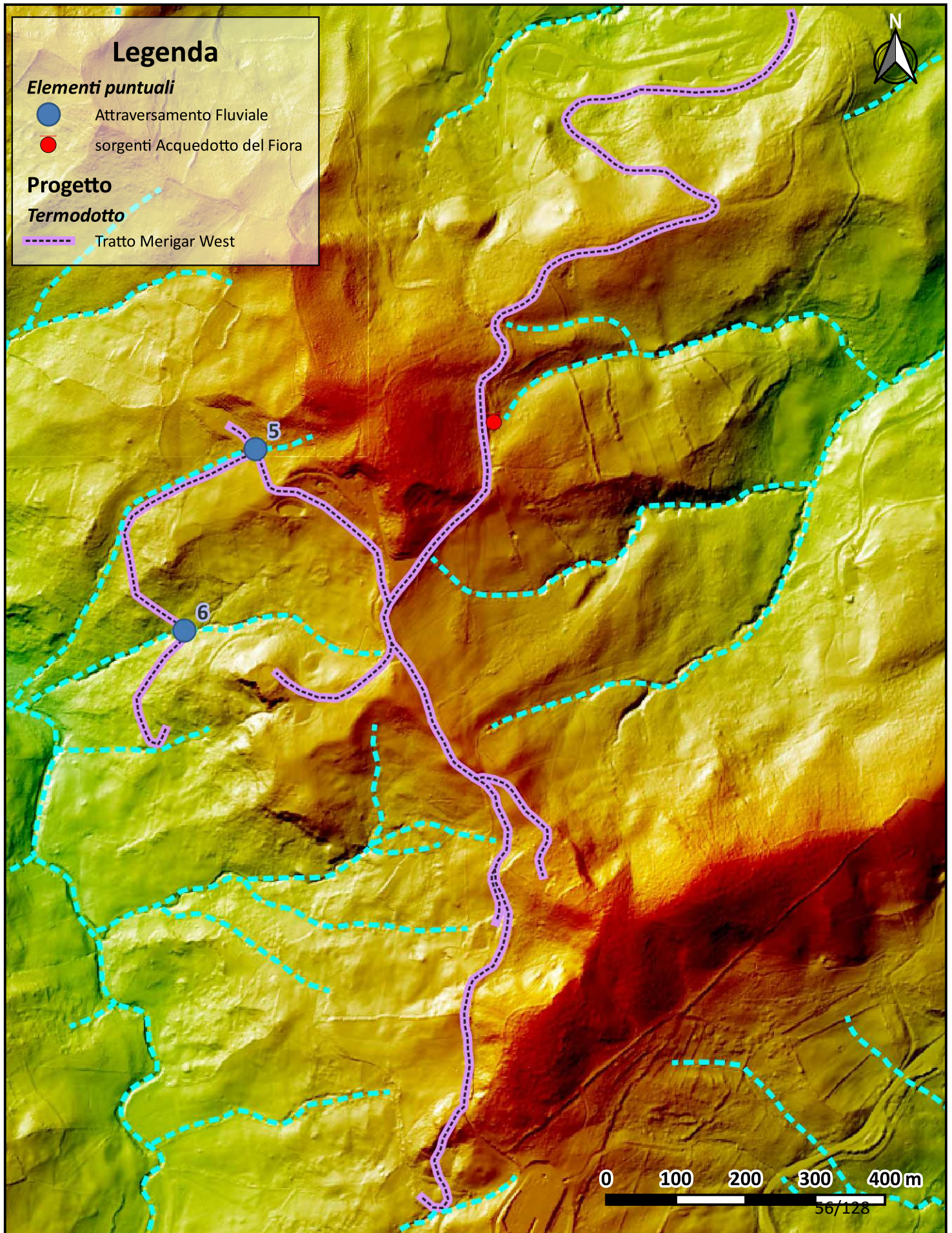
La realizzazione degli attraversamenti dei corsi d'acqua con il termodotto è fattibile da un punto di vista idraulico previa richiesta di autorizzazione idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 che verifica la il rispetto delle disposizioni riportate nel dettaglio al capitolo 3.4.

Dal punto di vista idrogeologico il termodotto è un'opera a basso impatto in quanto al suo interno circola come fluido conduttore acqua e dunque anche in caso di rotture non va ad immettere nella falda sostanze inquinanti di nessun tipo. I terreni delle argille e calcari di Canetolo sono essenzialmente impermeabili e presentano vulnerabilità idrogeologica irrilevante. Si segnala in loc. le Fontine subito a valle della strada e del termodotto la presenza della sorgente omonima captata a scopo idropotabile dall'autorità idrica di ambito. L'impiego dell'acqua come fluido scambiatore di calore nel termodotto non comporta, in fase di esercizio, interazioni negative tra la sorgente e l'opera. Tuttavia, si raccomanda di adottare la massima attenzione e di applicare protocolli operativi rigorosi durante le fasi di cantiere, in particolare in prossimità delle sorgenti individuate nella cartografia di figura 7d, al fine di prevenire eventuali contaminazioni o danni in caso di rottura di serbatoio o circuiti idraulici dei mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la possibilità di intercettare la falda idrica con lo scavo per la posa del termodotto si segnala la zona dove sono presenti i movimenti franosi attivi e quiescenti (3A, 3B, 3C, 3D e 3E) soprattutto successivamente ad eventi piovosi e la zona posta a monte della sorgente in loc. Le fontine.

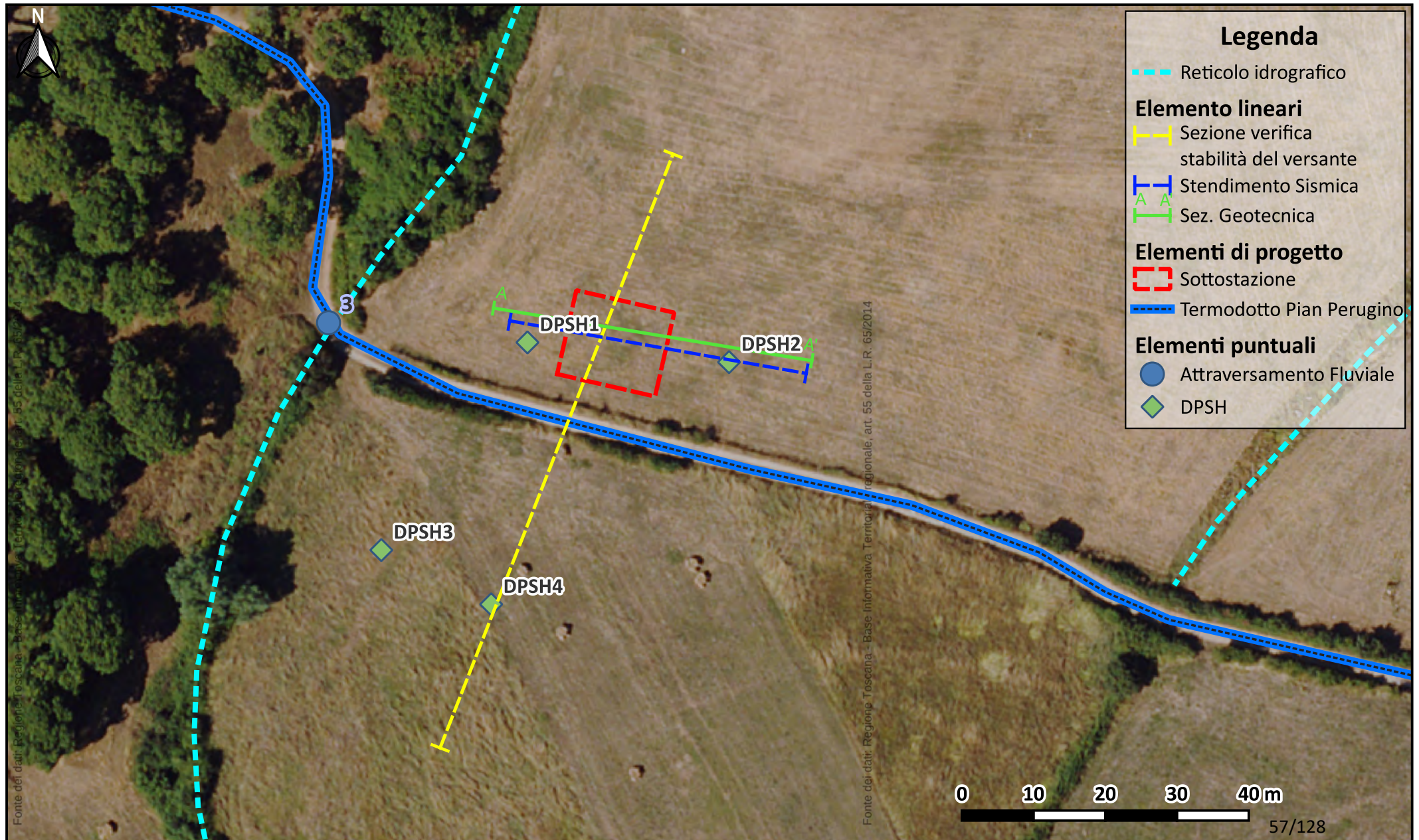
Carta morfologica, sorgenti e corsi d'acqua tratto Merigar West

Scala 1:7.000 Fig.7d



Planimetria dell'area della sottostazione

Fig.8a
Scala 1:700



Planimetria dell'area in frana 3A e 3B

Fig.8b

Scala 1:1500



3.4 P.A.I. E P.G.R.A.

Tutti gli interventi previsti in questa fase del progetto di teleriscaldamento ricadono nell'area dell'autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Settentrionale. Come indicato dall'art. 65 comma della legge 152/06 *"Il Piano di bacino distrettuale, di seguito Piano di bacino, ha valore di piano territoriale di settore ed 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 ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio"*. Con delibera n.39 del 28/03/2024 è stato adottato in via definitiva il P.A.I. dissesti e le relative norme di salvaguardia.

Per quanto previsto in progetto sono stati esaminati:

- il Piano per l'Assetto Idrogeologico (**P.A.I. Dissesti**) dell'autorità di bacino dell'appennino settentrionale (adottato definitivamente con le specifiche norme di salvaguardia con Del. n. 39 del 28/03/2024) per la pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica;
- il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico bacini regionali toscana nord, toscana costa e Ombrone approvato deliberazione 25 gennaio 2005, n. 11. (**P.A.I. Toscana ex bacini regionali Toscani**) vigente in norme di salvaguardia rispetto al nuovo piano adottato
- il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (**P.G.R.A.**) (Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, cd. "Direttiva Alluvioni", recepita con il D. Lgs. n. 49/2010) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale – UoM Ombrone per la pericolosità idraulica (approvato con D.P.C.M. del 26 ottobre 2016).

Come già specificato nei paragrafi precedenti si specifica quanto segue:

- La stazione di scambio termico è collocata all'interno di un'area a pericolosità geomorfologica Elevata P.3.a ed è esterna ad aree a pericolosità idraulica.

- Alcuni tratti del termodotto attraversano aree in pericolosità geomorfologica Elevata P.3.a e un tratto di circa 250 m attraversa un'area in pericolosità geomorfologica molto elevata P.4. Per il dettaglio delle aree attraversate si rimanda alle figure 9a e 9b. Per quanto riguarda la pericolosità idraulica e l'attraversamento di corsi d'acqua si rimanda alle stesse figure citate in precedenza e si specifica che sono attraversati sette corsi d'acqua elencati di seguito:
 1. Attraversamento 1: corso d'acqua Zancona (codice TS48446) – tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2, in corrispondenza di questo corso d'acqua il termodotto attraversa anche un'area in pericolosità idraulica P1 dovuta alle esondazioni di questo corso d'acqua.
 2. Attraversamento 2: Corso d'acqua dell'Anguillara (codice TS49033) – tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2
 3. Attraversamento 3: Corso d'acqua Fossa degli Affrichi (codice TS48130) – tratto Pian Perugino
 4. Attraversamento 4: corso d'acqua Fosso Grillese (codice TS48171) – tratto Pian Perugino
 5. Attraversamento 5: corso d'acqua (codice TS49658) – tratto Merigar West
 6. Attraversamento 6: Corso d'acqua (codice TS49670) – tratto Merigar West

Per quanto riguarda la fattibilità dell'intervento si specifica che:

- l'intervento della sottostazione di scambio termico è fattibile da un punto di vista geomorfologico in base all'articolo 9 comma 1 della disciplina del PAI che sostiene che *"...sono consentiti interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini..."*, aspetto che è stato valutato con la verifica di stabilità del versante riportata al paragrafo 3.5.
- Essendo in regime di norme di salvaguardia l'intervento deve essere consentito anche in ottemperanza alla disciplina del PAI vigente al momento dell'adozione del PAI dissemi. In questo senso si richiama la delibera di approvazione del 25 gennaio 2005, n. 11 che all'art 14 comma 2 *"...Tali aree potranno essere oggetto di atti di pianificazione territoriale per previsioni edificatorie, subordinando l'attuazione delle stesse all'esito di idonei studi geologici, idrogeologici e geotecnici finalizzati alla verifica delle effettive condizioni di stabilità ed alla preventiva realizzazione degli eventuali interventi di messa in*

sicurezza.” E anche per la verifica di questa fattispecie si rimanda alla verifica di stabilità del versante del capitolo 3.5.

- l’opera in progetto è una struttura tecnica realizzata per il funzionamento dell’infrastruttura pubblica del teleriscaldamento geotermico e non prevede la presenza di personale fisso.

Per quanto riguarda le condizioni di fattibilità del tratto di termodotto in pericolosità geomorfologica P.4 si richiama l’art.8 comma 1 lettera b della disciplina del P.A.I. che ritiene fattibili *le infrastrutture a rete non diversamente localizzabili a condizioni che vengano realizzate in condizioni di gestione del rischio da ottenersi attraverso misure di protezione anche alla scala locale*. Nel capitolo 3.3.2 sono state suggerite alcune possibili interventi che hanno lo scopo di proteggere la tubazione interrata da possibili traslazioni del corpo di frana che porterebbero alla rottura del termodotto. In generale si può escludere che l’intervento di realizzazione del termodotto non sia peggiorativo rispetto alle condizioni di stabilità del versante e dunque si suggerisce di implementare delle misure di sicurezza che rendano fattibile l’opera e ne evitino il danneggiamento e si suggerisce inoltre di installare un sistema di monitoraggio in continuo o periodico del movimento franoso per verificarne lo stato di attività post opera. Per quanto riguarda il piano di bacino vigente al momento dell’adozione del nuovo piano si specifica che l’intervento di realizzazione del termodotto è consentito secondo l’art. 13 comma 7 lettera “e” che consente “... *gli interventi di ampliamento e di adeguamento di opere e infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, non delocalizzabili, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree adiacenti e non compromettano la possibilità di realizzare la bonifica del movimento franoso, previo parere del Bacino sulla compatibilità degli interventi con gli obiettivi della pianificazione di bacino*”. Si aggiunge a questo che l’opera è una tubazione completamente interrata che, se mantenuta integra ed efficiente, non genererà sovraccarico sul versante; proprio per questo particolare attenzione andrà posta, in fase di esercizio, all’individuazione precoce di eventuali rotture per evitare che notevoli quantità di acqua vadano a saturare la coltre e generino un’attivazione della frana.

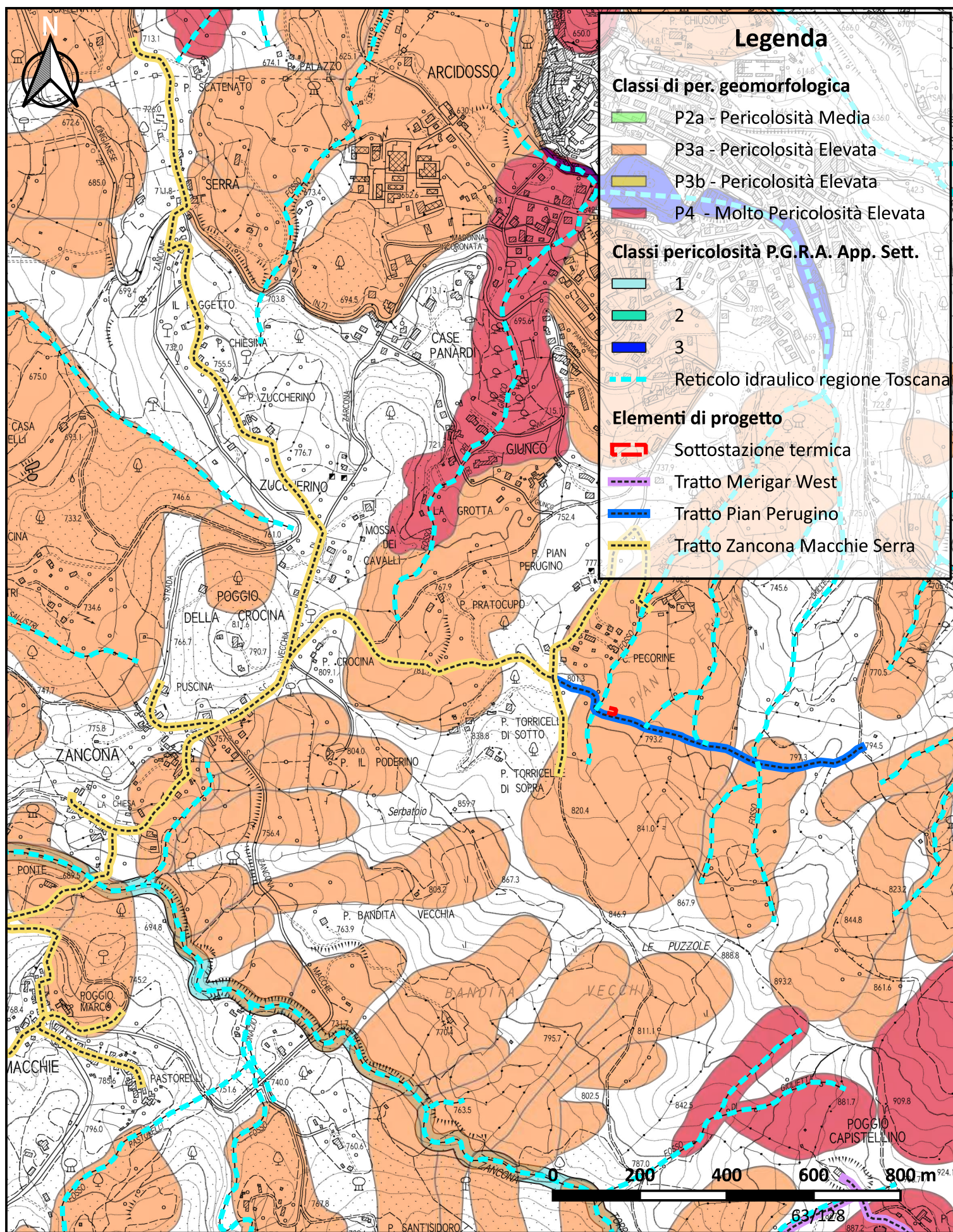
Per quanto riguarda invece i tratti di termodotto in pericolosità P.3.a si specifica che questi sono fattibili, secondo la disciplina del nuovo P.A.I. dissesti, se (art.9 comma 1) realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini. Questa condizione è realizzata se l'intervento verrà realizzato come da progetto e mantenuto efficiente nel tempo ovvero implementando sistemi che consentano l'intervento immediato in caso di rotture della tubazione. Per quanto riguarda la fattibilità secondo il P.A.I. ex bacini toscani l'intervento è fattibile secondo l'art. 14 comma 8 in quanto non è un volume edilizio

Per quanto riguarda la fattibilità del termodotto rispetto al Piano gestione rischio alluvioni (P.G.R.A.) e in base alla L.R. 41/2018 si specifica che l'intervento è fattibile, secondo l'art. 3 comma 2 lettera "b", *previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verifica la compatibilità idraulica nel rispetto delle seguenti condizioni:*

- *sia assicurato il miglioramento o la non alterazione del buon regime delle acque;*
- *le opere non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, accessibilità e manutenzione del corso d'acqua e siano compatibili con la presenza di opere idrauliche;*
- *le opere non interferiscano con la stabilità del fondo e delle sponde;*
- *non vi sia aggravio del rischio in altre aree derivante dalla realizzazione dell'intervento*

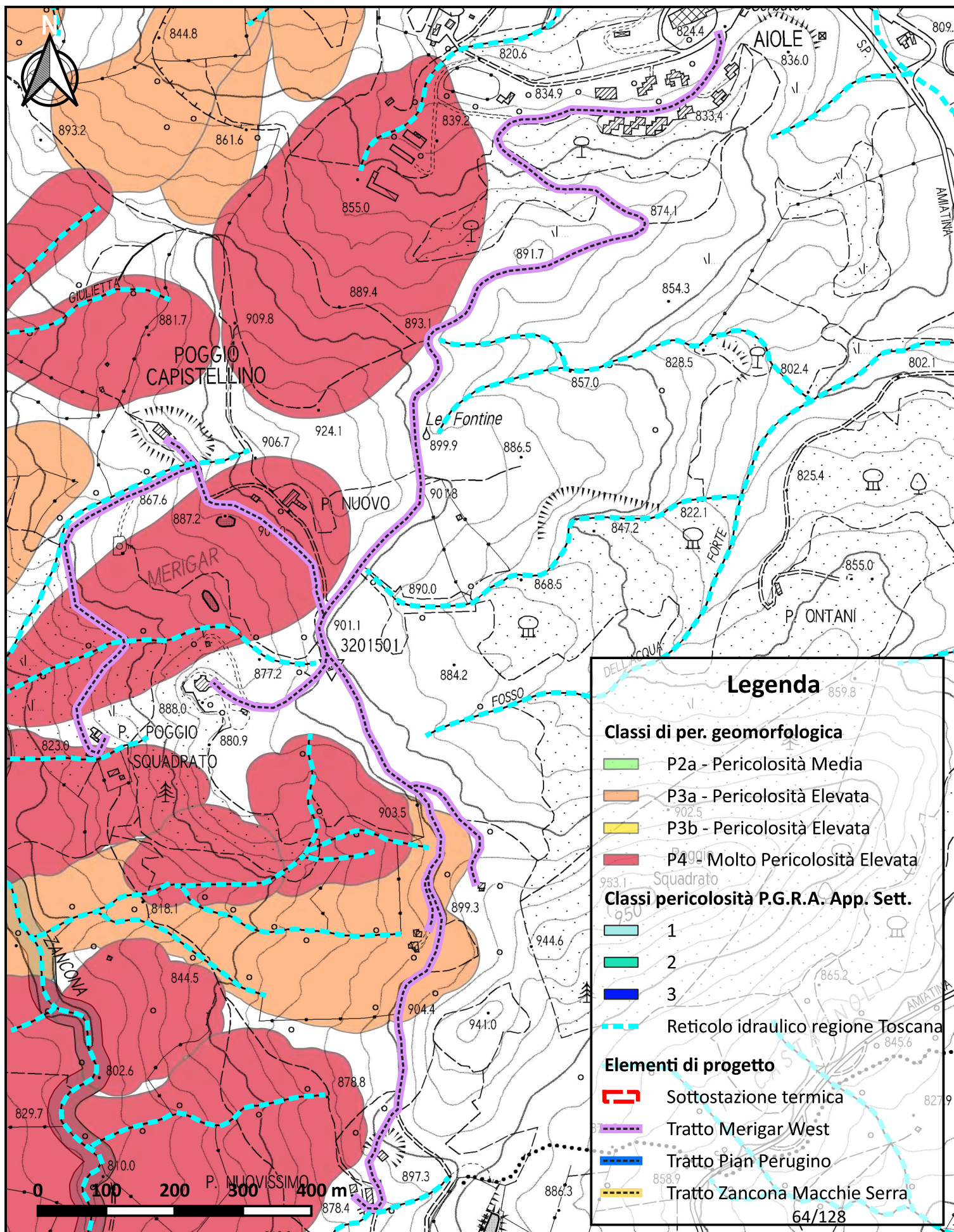
Stralcio Carta PAI e PGRA Tratto Pian Perugino e Macchie Zanca Serra

Scala 1:11000 - Fig.9A



Stralcio Carta PAI e PGRA Tratto Merigar West

Scala 1:7000 - Fig.9B



3.5 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

Ai sensi del cap. 6.5 delle NTC-2018, per verificare la stabilità del versante nell'area dove si prevede di realizzare la sottostazione è stata realizzata una sezione trasversale di verifica ubicata come da planimetria di Fig.8a. Per il report dettagliato dei risultati si rimanda all'allegato 3.

La sezione è stata tracciata seguendo la linea di massima pendenza attuale del versante ed intercettando la sottostazione di scambio termico in modo da avere la condizione più cautelativa.

La verifica di stabilità del versante lungo la sezione indicata in planimetria di figura 8a è stata realizzata con il software SSAP (Slope Stability Analysis Program) versione 5.2.0 (BORSELLI L. (2023). "SSAP 5.2 - SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM". MANUALE DI RIFERIMENTO. DEL CODICE SSAP Versione 5.2. Researchgate. DOI: <https://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19931.03361>). L'altimetria della sezione è stata ricavata dal rilievo LIDAR 1X1 scaricato dal sito della regione Toscana.

Con il Software SSAP il grado di stabilità di un pendio, in condizioni statiche o sismiche, viene valutato attraverso la determinazione del fattore di sicurezza F_s . I metodi di calcolo impiegati si basano sull'equilibrio limite e viene effettuato su una specifica superficie di scivolamento. Tale superficie separa la parte stabile del pendio da quella instabile. Il fattore di sicurezza è valutato considerando tutte le forze agenti e resistenti sulla superficie. Poiché il numero di superfici possibili di scivolamento è infinito, il coefficiente di sicurezza viene valutato su un campione rappresentativo di superfici (15.000), e il fattore di sicurezza del pendio risulta quello che compete alla superficie di scorrimento con F_s più basso (detta superficie critica). Tutte le verifiche di stabilità globale del pendio sono state svolte secondo il metodo di **Morgestern e Price (1965)**.

La verifica è stata realizzata in condizioni ante-operam e condizioni post-operam tenendo conto delle seguenti combinazioni di parametri:

- a) Statiche: con la combinazione (A2+M2+R2) utilizzando i coefficienti A2 e M2 riportati in tab. 6.2.I e 6.2.II delle NTC18 ed il parametro R2 pari a 1.1;

- b) In condizioni dinamiche con la combinazione (A2+M2+R2) utilizzando i coefficienti A2 e M2 unitari ed il parametro R2 pari a 1.2; per quanto riguarda i parametri sismici sono stati utilizzati quelli relativi alla stabilità dei pendii naturali per le condizioni Ante-operam e Post-operam, visto che non sono previste opere di sostegno

Per la definizione dei parametri sismici k_h e k_v si rimanda alla lettura della relazione sismica.

La costruzione della sezione su cui basare le verifiche di stabilità è stata realizzata partendo dai risultati delle prove penetrometriche e della sismica a rifrazione che hanno permesso di ricostruire un modello a due strati. Lo strato 1 è la coltre eluvio colluviale di alterazione e lo strato 2 è la formazione delle argille e calcari di Canetolo non alterata. In realtà procedendo da monte verso valle lungo la sezione potrebbe essere presente un cambio di substrato tra formazione della Pietraforte (a monte) e formazione di argille e calcari di Canetolo a valle; questa situazione è complicata da modellizzare nella verifica e per questo si è deciso di caratterizzare lo strato 1 e 2 con i parametri derivanti dalla prova DSPH 1 e DSPH 2 che hanno restituito i risultati più cautelativi tra le quattro prove DSPH eseguite. Lungo tutto il versante è stata aggiunta una falda acquifera con profondità di circa 1 m intercettata nel corso della DSPH2.

Tutti gli strati con cui è stata modellizzata la sezione di pendio hanno sicuramente un comportamento misto coesivo-attritivo dove probabilmente il contributo dell'angolo di attrito alla resistenza del terreno è subordinato al contributo della coesione; tuttavia, l'utilizzo della prova penetrometrica non ha permesso di ricavare la coesione efficace per questo la resistenza di tutti i terreni è stata espressa tramite l'angolo di attrito efficace derivato dalle prove penetrometriche. Questo approccio dà una misura ragionevole della resistenza complessiva del terreno anche se non ne descrive correttamente il comportamento reologico. Tutte le verifiche sono state eseguite anche in termini di tensioni totali (utilizzando la Coesione non drenata) ed in tutti i casi le simulazioni in termini di tensioni efficaci (utilizzando l'angolo di attrito) restituivano fattori di sicurezza più bassi e quindi descrivevano la situazione più cautelativa, per questo vengono riportati solo i risultati delle simulazioni eseguite in termini di tensioni efficaci.

Per le sezioni Ante-operam si riporta nel report in allegato 3 e figura 10a solo la simulazione in condizioni statiche che è la più cautelativa delle due realizzate e tuttavia si precisa che sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche il fattore di sicurezza risultante è superiore all'unità:

- Condizioni statiche Ante-operam Fattore di sicurezza della superficie critica uguale a 1.56
- Condizioni dinamiche Ante-operam Fattore di sicurezza della superficie critica uguale a 1.58

Il pendio lungo la linea di massima pendenza è risultato stabile in condizione ante operam questo conferma che il movimento nel tratto di pendio analizzato è quiescente e dunque attualmente non attivo.

Per quanto riguarda le condizioni post operam, si è aggiunto alla verifica due nuovi elementi:

1. Il sovraccarico dovuto alla realizzazione della sottostazione, modellizzato come un carico distribuito di circa 100 kpa applicato alla profondità di circa 1,5 m. La quantificazione e la profondità del sovraccarico sono ipotetiche e se risulteranno diverse da quelle ipotizzate si dovrà comunicare allo scrivente la variazione in maniera tale da aggiornare la verifica di stabilità del versante.
2. A monte dello scavo di sbancamento per l'individuazione del piano di fondazione, è stata simulata una lente in cemento armato rappresentante l'effetto di contrasto della struttura del fabbricato di nuova realizzazione nei confronti di possibili rotture corticali della coltre posta a monte. L'inserimento di tale elemento si è reso necessario per eliminare superfici di scivolamento con fattore di sicurezza inferiore a 1, generate a monte dello sbancamento: il software, infatti, interpretava l'area come uno scavo aperto, mentre, una volta realizzata la struttura della sottostazione, questa avrebbe agito come elemento di contrasto, impedendo lo scorrimento del piccolo cuneo posto a monte e rendendo quindi irrealistica la superficie di scivolamento ipotizzata.

Si precisa che la presenza di questo cuneo di instabilità che si genera a monte dello scavo di sbancamento ci suggerisce che se lo scavo di sbancamento arriverà alla profondità di 1,5 m questo non sarà stabile e dovranno essere prese le opportune cautele in fase esecutiva per permettere alle maestranze di lavorare in sicurezza.

La parametrizzazione del comportamento geotecnico e meccanico dell'opposizione del fabbricato allo scivolamento corticale del cuneo di terreno posto a monte dello scavo è stata simulata attraverso l'inserimento di un muro in cemento armato parametrizzato seguendo quanto riportato nell'appendice del manuale SSAP. Si specifica nuovamente che questo muro non dovrà essere realizzato ma che semplicemente si dovrà tenere conto in fase progettuale della spinta applicata sul fabbricato dal terreno posto a monte dello stesso.

Alle condizioni specificate in questo capitolo per le condizioni post operam, la verifica di stabilità del versante ha restituito i seguenti risultati (vedi Fig.10b e 10c):

- Condizioni statiche Post-operam: Fattore di sicurezza delle dieci superfici più critiche è compreso tra 1.55 e 1.63;
- Condizioni dinamiche Post-operam: Fattore di sicurezza delle dieci superfici più critiche compreso tra 1.55 e 1.60

Si specifica che le superfici di rottura sono le stesse della sezione Ante-operam a conferma che l'opera non peggiora in maniera evidente le caratteristiche di stabilità attuale di questo versante.

Per le condizioni statiche il fattore di sicurezza è superiore a 1,10 quindi la sezione è verificata e per le condizioni dinamiche il fattore di sicurezza è superiore a 1,20 e la sezione è verificata anche in questo caso.

Le opere inserite sono un esempio di una possibile metodologia d'intervento e se saranno progettate con una geometria diversa da quella riportata nei report allegati sarà necessario ricalcolare la verifica di stabilità globale del versante.

Fig.10A: Sezione verifica stabilità del versante Ante operam in condizioni statiche

SSAP 5.2.3 (2023) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli -----

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
..						
1	23.09	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	24.42	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	26.87	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0

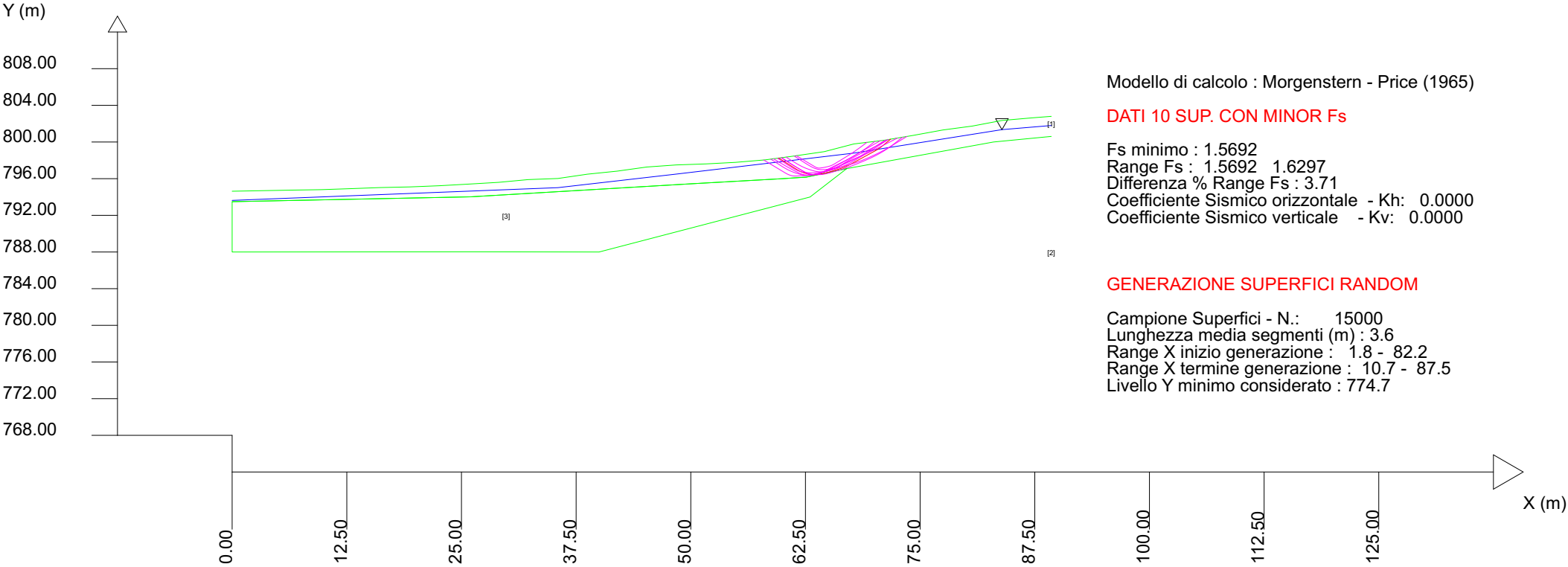


Fig.10B: Sezione verifica stabilità del versante post operam in condizioni statiche

SSAP 5.2.3 (2023) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli -----

Sn --> Sovraccarico

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	23.09	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	24.42	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	26.87	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0
4	29.26	292.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0

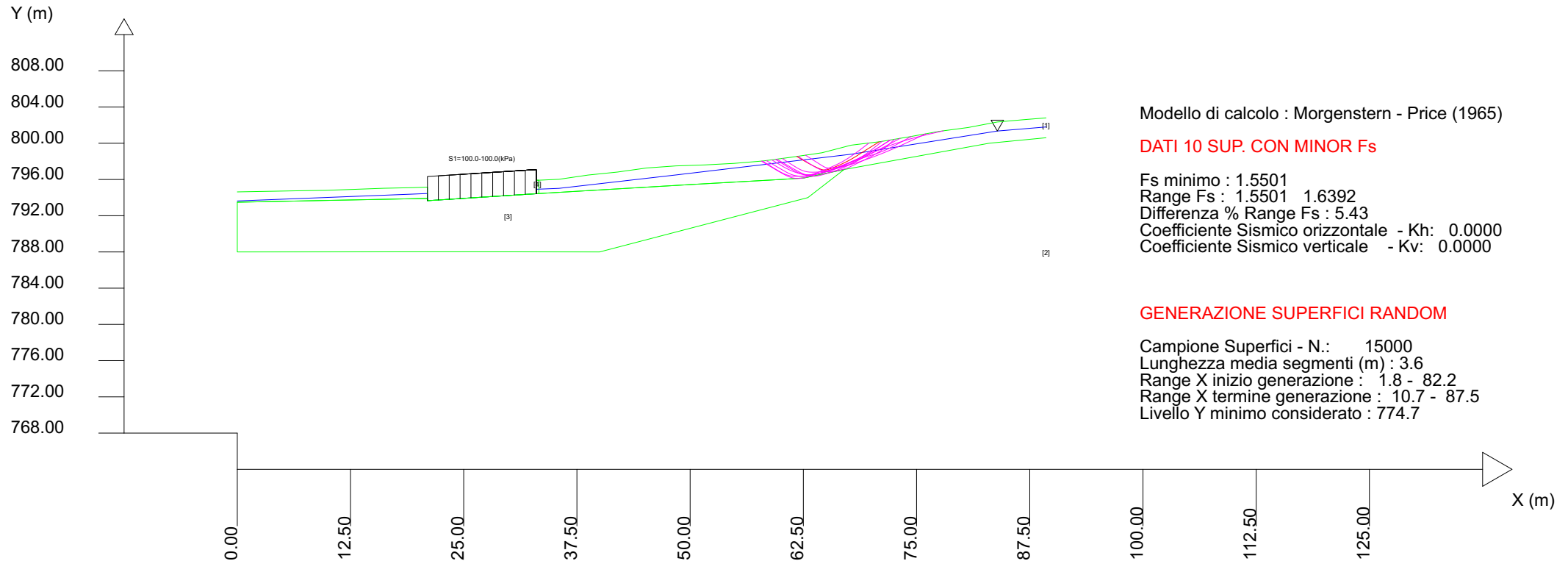


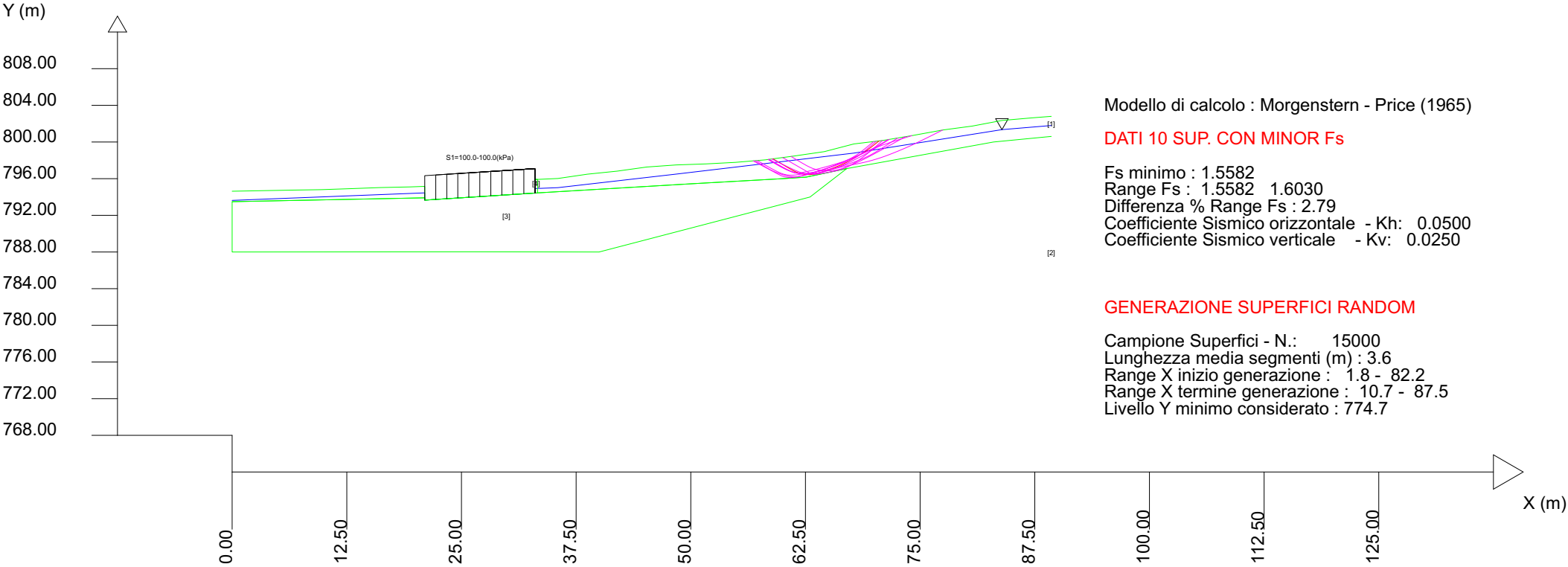
Fig.10C: Sezione verifica stabilità del versante post operam in condizioni dinamiche

SSAP 5.2.3 (2023) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.4 (2023)

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Sn --> Sovraccarico

# Parametri Geotecnici degli strati #									
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	28.05	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	29.58	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	32.35	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0
4	35.00	365.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0



4 MODELLAZIONE MACROSISMICA

4.1 ASPETTI MACROSISMICI

L'analisi, la classificazione macrosismica e la modellizzazione sismica a grande scala sono state eseguite a partire dalla consultazione della zonazione sismogenetica ZS9, dal CPTI15 (catalogo parametrico terremoti italiani) e DBMI15 (Database Macrosismico Italiano) che forniscono un quadro completo sia sui meccanismi sorgente che caratterizzano i terremoti rilevabili nell'area d'intervento, sia sugli eventi sismici più importanti che hanno interessato le aree oggetto di questa indagine. Il database ZS9 suddivide il territorio italiano in macrozone-sorgente in cui si hanno terremoti di intensità simile e con meccanismi focali simili; si evince che l'area d'indagine si trova nella zona 921 caratterizzata *"...da sismicità diffusa con intensità moderata caratterizzata da pochi eventi di sismicità più elevata responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli eventi"*; il meccanismo focale indica che i terremoti nella zona 921 sono generati da faglie dirette con una componente trascorrente. In base alla zonazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M 3519 2006) il comune di Arcidosso ricade interamente all'interno della zona con accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresa tra 0.125 g e 0.150 g; dal database nazionale dei terremoti si è visto che i terremoti che hanno investito il comune di Arcidosso non hanno mai superato il VI/VII grado della scala MCS; dalla tabella 3 si vede come i terremoti più intensi e che hanno generato i danni maggiori nel comune di Arcidosso hanno come epicentro il Monte Amiata e quello più recente si è verificato in data 01/04/2000 con una magnitudo 4.52. Si rimanda alla relazione sismica per il dettaglio sulla pericolosità sismica locale dell'area di realizzazione della sottostazione di scambio termico.

Intensità (scala MCS)	Data (aaaa gg mm hh mm)	Area epicentrale	Intensità epicentrale (scala MCS)	Mw (scala Richter)
5	1861 05 09 01 53	Val di Chiana	6-7	5,02
6-7	1868 06 17 01 50	Monte Amiata	5-6	4,4
4	1904 09 07 11 30	Valle dell'Ombrone	5	4,31
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5,1
5-6	1905 02 12 08 28	Monte Amiata	6	4,55

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

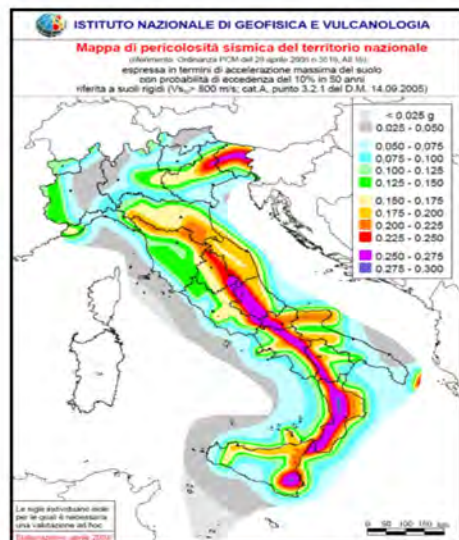
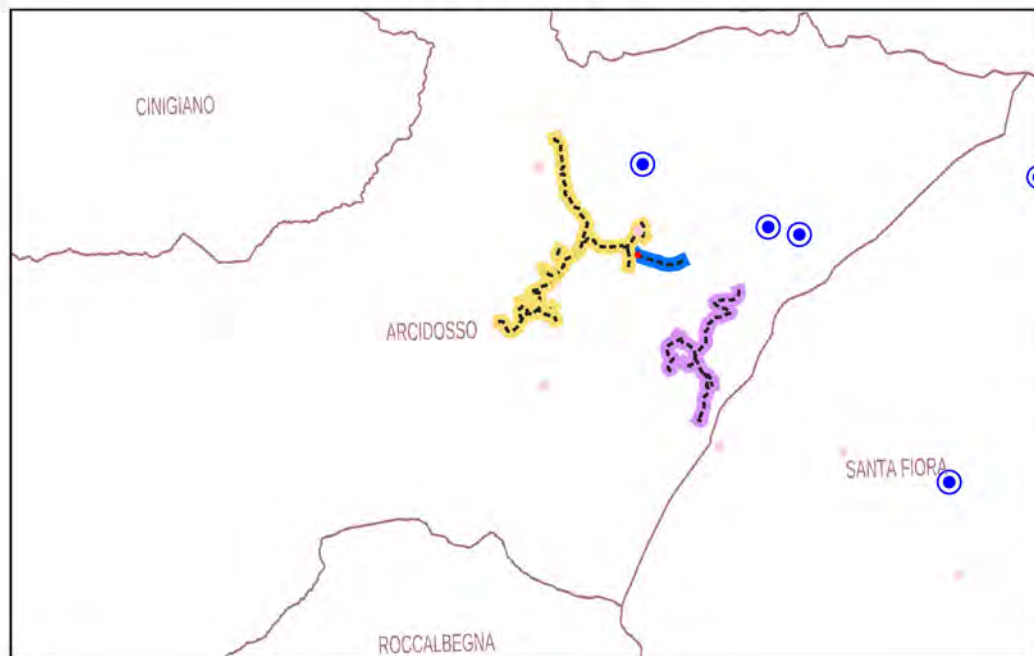
F	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	7-8	5,34
NF	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	7	5,26
2-3	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	7	5,08
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	11	7,08
6	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	7-8	5,36
5	1926 01 08 09 14	Monte Amiata	7	4,9
4-5	1940 06 19 14 10	Monte Amiata	6	4,64
5	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	7-8	5,29
6	1948 11 03 11 40	Monte Amiata	6	4,82
2-3	1957 12 06 04 54	Orvietano	7	4,97
5	2000 04 01 18 08 03.68	Monte Amiata	6	4,52

Tabella 3: Elenco degli eventi sismici più significativi avvenuti nel comune di Arcidosso

Classificazione sismica territorio nazionale e zonazione sismogenetica ZS9

Figura 11

Carta degli eventi sismici



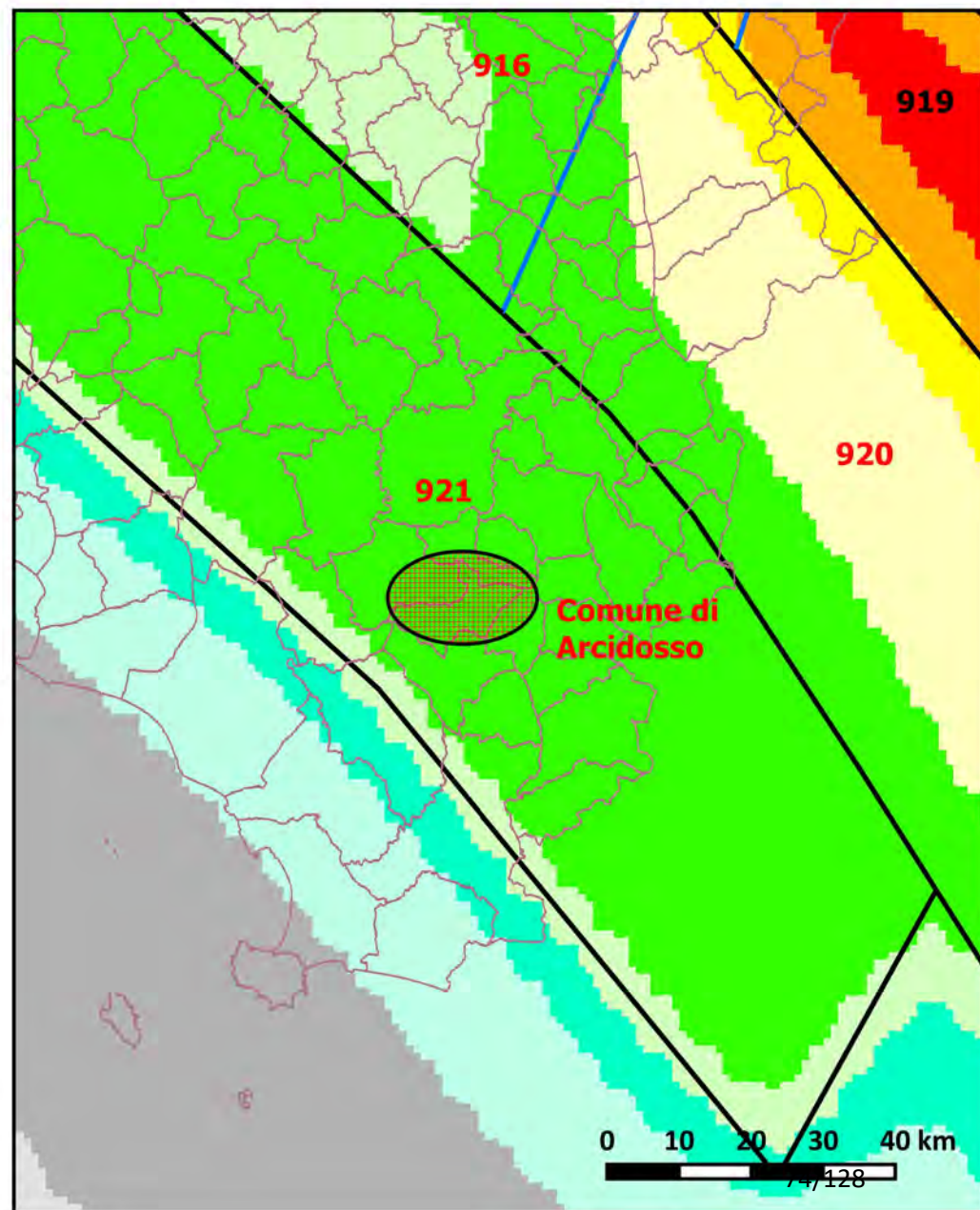
Legenda

Terremoti INGV

- leggeri (magnitudo tra 2.0 e 4.0)
- forti (magnitudo tra 4.0 e 6.0)
- fortissimi (magnitudo tra 6.0 e 7.0)
- disastrosi e catastrofici (magnitudo oltre 7)

Elementi di progetto

- Tratto Merigar West
- Tratto Pian Perugino
- Tratto Zancana Macchie Serra
- Sottostazione termica



5 TERRE E ROCCE DA SCAVO

5.1 GESTIONE AMBIENTALE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

In riferimento al D.P.R. 120/17, per poter riutilizzare il suolo escavato – derivante da attività finalizzate alla realizzazione delle opere edilizie – **in situ** oppure **come sottoprodotto** (ovvero in un sito di destinazione diverso dal sito di produzione), le terre e rocce da scavo devono soddisfare i seguenti requisiti:

- sono generate durante la realizzazione di un’opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- sono utilizzate nel corso dell’esecuzione dell’opera stessa o di un'altra opera conformemente a quanto previsto nella dichiarazione di utilizzo;
- sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- devono rispettare i requisiti di qualità ambientale specificati nella Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV del T.U.A. (D. Lgs. 152/06).

Nel D.P.R. 120/2017 si fa una distinzione tra cantieri di piccole dimensioni, in cui il volume del materiale escavato è inferiore ai 6000 m³, e cantieri di grandi dimensioni.

Considerando l’entità delle opere previste nella presente relazione, si ricade nella disciplina dei cantieri di grandi dimensioni che a loro volta sono suddivisi in cantieri soggetti a V.I.A. o A.I.A. e cantieri non soggetti. Per la prima casistica si deve fare riferimento all’art. 9 del D.P.R. 120/17 ovvero è necessario produrre un documento denominato piano di utilizzo redatto secondo quanto riportato all’art.9 e all’allegato 5 e va inviato 90 giorni prima dell’inizio lavori all’autorità competente e all’ARPAT.

Per la seconda casistica relativa al cantiere di grandi dimensioni ma non soggetto a V.I.A. o A.I.A si rimanda all’art.22 del DPR 120/17 che si riporta di seguito *“Le terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA, come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v), per essere qualificate sottoprodotti devono rispettare i requisiti di cui all'articolo 4, nonché i requisiti ambientali indicati nell'articolo 20. Il produttore attesta il rispetto dei requisiti richiesti mediante la predisposizione e la trasmissione della dichiarazione di cui all'articolo 21 secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21.”*. L’articolo 21 obbliga il produttore delle terre e rocce da scavo ad attestare la sussistenza

delle condizioni di cui all'art.4 del DPR 120/17, tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà da inviare al Comune e all'ARPA territorialmente competente almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo. In questa **Dichiarazione di Utilizzo** devono essere specificati: le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotto, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere, i tempi previsti per l'utilizzo (non possono comunque superare un anno a partire dalla data di produzione). I certificati analitici che dimostrano il rispetto dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo prodotte (in Allegato 4 del D.P.R. 120/2017 - indicazioni sulle modalità di accertamento delle qualità ambientali) non devono necessariamente essere allegati alla Dichiarazione di Utilizzo, ma devono essere resi disponibili alle autorità di controllo a seguito di un'eventuale richiesta di verifica. Per dettagli maggiore sugli aspetti relativi a terre e rocce da scavo si rimanda alla relazione preliminare sulle terre e rocce da scavo.

5.2 ASPETTI IDROGEOLOGICI PER IL RIUTILIZZO IN SITO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO

Un'aliquota non trascurabile delle terre e rocce da scavo verrà utilizzata in sito per varie tipologie di interventi che verranno descritte in seguito. Si premette che dal punto di vista ambientale per il riutilizzo nel cantiere di produzione delle terre e rocce da scavo non è prevista nessuna comunicazione all'autorità competente o all'ARPAT, deve solo essere disponibile in cantiere l'analisi chimica che certifica che il terreno scavato ricade nell'ambito delle terre e non in quello dei rifiuti. Dal punto di vista idrogeologico si fa riferimento alla legge n. 39/2000 "Legge Forestale della Toscana" e dal Regolamento n. 48/R del 2003 modificato dal DPGR 32/R del 2010 a cui si rimanda per approfondimenti in particolare si riporta qui l'art.77 riporta di seguito:

- 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 reimpiegati in loco per*

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

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.

3.bis [...]

4. Fatto salvo quanto disposto dal decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio), da ultimo modificato dalla legge 3 febbraio 2003, n. 14, i materiali terrosi o lapidei eccedenti la sistemazione in loco devono essere riutilizzati in terreni ove il riporto degli stessi sia autorizzato o consentito ai fini del vincolo idrogeologico.

5. Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei 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 devono essere mantenuti a congrua distanza da corsi d'acqua permanenti. È fatto divieto di scaricare materiale terroso o lapideo all'interno o sulle sponde di corsi d'acqua anche a carattere stagionale. I depositi non devono inoltre essere posti in prossimità di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi.”

Dunque, come specificato negli articoli sopra il riutilizzo in sito del terreno di risulta sarà consentito solo a determinate condizioni. Una regola generale che può essere seguita in fase di cantiere è che, fermo restando quanto riportata punto 1 dell'art.77 il riporto di terreno può essere fatto liberamente se:

- lo spessore non supera 20-30 cm di terreno riportato;
- la pendenza locale dell'area dove viene posizionato non supera il 10%;
- l'area dove si posiziona il terreno è esterna a quelle indicate in pericolosità P.3. e P.4. nelle cartografie di figura 6.

Se tali condizioni non risultano soddisfatte, per utilizzare il terreno in una determinata area di cantiere sarà necessaria una specifica relazione geologica che verifichi la stabilità del terreno riportato. Si precisa inoltre che il terreno potrà essere impiegato in aree di proprietà della committenza o in terreni di terzi soltanto previa autorizzazione formale del proprietario all'utilizzo concordato.

6 CONCLUSIONI

Nel presente lavoro si riferisce su un'indagine geologica effettuata su richiesta e per conto della Ing. Solutions s.r.l. per la progettazione di una sottostazione di scambio termico e di un termodotto necessari all'ampliamento della rete del teleriscaldamento geotermico del comune di Arcidosso. Da un punto di vista geologico si è potuto concludere quanto segue:

- Attualmente, la rete di teleriscaldamento è in fase di realizzazione nell'ambito di un progetto finanziato dal PNRR – Missione 2, Componente 3, Investimento 3 (M2C3 I.3), con risorse provenienti dai fondi NextGenerationEU. L'infrastruttura prevede lo sviluppo di un termodotto primario che, a partire dalla centrale geotermoelettrica "Bagnore 3" situata nel territorio del Comune di Santa Fiora, si estende fino alla località Corniolo, posta al confine con il Comune di Castel del Piano. Il tracciato attuale serve, attraverso tre sottostazioni di rilancio, i centri abitati di Arcidosso, Bagnoli e San Lorenzo, garantendo l'alimentazione energetica a utenze civili e pubbliche.
- L'ampliamento oggetto del presente studio ha lo scopo di estendere ulteriormente la rete al fine di incrementare il numero di utenti serviti. Gli elementi dell'impianto inseriti in questo nuovo ampliamento sono i seguenti:
 1. Sottostazione di scambio termico secondaria situata in loc. Pian Perugino;
 2. Termodotto interrato della lunghezza complessiva di circa 11.5 km che può essere diviso in tre tratti:
 - Tratto 1 - Pian Perugino: collega il termodotto principale con la sottostazione di scambio termico secondaria posizionata (lunghezza circa 800 m)
 - Tratto 2: Zancona Macchie Serra: collega la sottostazione di scambio termico secondario con le frazioni di Macchie, Zancona e Serra (lunghezza circa 6500 m);
 - Tratto 3: Merigar West: Collega il termodotto principale con l'area occupata dalle strutture della comunità Merigar West e altre case isolate posizionate nell'area (lunghezza circa 4000 m).
- L'indagine geologica è pertanto volta alla caratterizzazione geologica, geomorfologica, idraulica (escluso eventuali studi idraulici) e idrogeologica del sottosuolo lungo il tracciato del termodotto e è volta alla modellizzazione geologica, geotecnica e sismica dell'area dove è presente la sottostazione.

- Il comune di Arcidosso è dotato di un piano strutturale approvato, di un piano strutturale intercomunale adottato e vigente in norme di salvaguardia, per la definizione delle pericolosità geologiche, idrauliche e idrogeologiche dell'area di realizzazione della sottostazione e del termodotto si rimanda al capitolo 1.
- Per quanto riguarda la sottostazione di scambio termico in ottemperanza al D.P.G.R. 19/01/2022, n. 1/R si specifica che, è stato comunicato dalla committenza che l'opera ha volumetria di poco inferiore ai 1500 m³ e dunque ricade in una classe d'indagine II e per la sua caratterizzazione sono state realizzate due prove penetrometriche dinamiche super pesanti e un'indagine sismica MASW per la caratterizzazione sismica.
- Per la descrizione dell'area di indagine da un punto di vista territoriale e morfologico si rimanda al capitolo 3.1.
- Da un punto di vista geologico la sottostazione di scambio termico è ubicata al contatto tra la formazione della Pietraforte e la formazione delle Argille e calcari di Canetolo.
- Per quanto riguarda il termodotto possiamo ricostruire il seguente modello geologico:
 1. Il tratto di termodotto denominato Pian Perugino attraversa per metà terreni appartenenti alla formazione argille e calcari (appartenente all'unità di Canetolo) e per metà attraversa terreni della formazione della Pietraforte in facies arenarie e siltiti. In quest'area sono riportate anche alcune frane quiescenti che verranno descritte meglio successivamente, è quindi probabile che la formazione delle argille e calcari sia sormontata da spessori plurimetrici di coltre di alterazione.
 2. Il tratto di termodotto denominato Serra Zancona Macchie attraversa solamente terreni in cui è presente la formazione della Pietraforte in facies arenacea e facies arenaceo siltitica, anche in questo caso lungo il percorso (in particolare sul fondovalle della Zancona e in loc. Macchie) attraversa movimenti franosi quiescenti ed è possibile la presenza di spessori plurimetrici di coltre di alterazione rimaneggiata.

3. Il tratto di termodotto denominato Merigar West attraversa per il 37% terreni appartenenti alla formazione della Pietraforte e per il 63% terreni appartenenti alla formazione argille e calcari (appartenente all'unità di Canetolo). Come nei tratti descritti in precedenza anche qui sono presenti movimenti franosi attivi e quiescenti, principalmente collocati nella formazione delle argille e calcari e dunque in alcuni tratti di termodotto saranno presenti spessori variabili di coltre di alterazione.
- Si descrivono sotto brevemente le due formazioni principali che interessano la sottostazione e il tracciato del termodotto:
 1. La Formazione della Pietraforte è costituita da torbiditi silicoclastiche composte prevalentemente da litofacies arenacee e arenaceo-pelitiche, generalmente ben stratificate con spessori degli strati piuttosto variabili, da decimetrici a più di 10 m. Le arenarie sono di colore grigio chiaro al taglio fresco e la facies pelitica è anch'essa grigia quando non alterata ha struttura fissile ed è caratterizzata da strati argillitico-siltitici di piccolo spessore.
 2. Le argille e calcari di Canetolo (ACCa) sono costituite dall'alternanza di peliti scure a patina d'alterazione ocracea con torbiditi carbonatiche rappresentate da strati sottili e medi di calcilutiti, dal caratteristico colore d'alterazione giallastro, e da strati spessi e molto spessi di calcari e calcari marnosi.
 - Da un punto di vista geomorfologico la sottostazione si trova su un versante esposto a Nord con pendenza media di 6.80°. Le tre cartografie geomorfologiche analizzate (Piano strutturale approvato, adottato e cartografia PAI) indicano assetti geomorfologici discordanti per l'area d'indagine, ovvero il piano strutturale approvato non indica nessun movimento franoso e nessuna pericolosità mentre sia il piano strutturale intercomunale adottato che il P.A.I. "dissesti" indicano la presenza di un movimento franoso quiescente che dalla cresta bandita vecchia digrada verso la congiungenza tra i fossi Grillese e Affrichi.
 - L'estensione di questo movimento franoso è circa 38 ha ed è posizionato per la quasi totalità in campi lasciati al pascolo tranne che per le aree più a valle dove sono presenti boschi. Lo stato di attività

di questo movimento è quiescente e tenendo conto anche delle basse pendenze l'area d'indagine sembra nel complesso stabile.

- Si suggerisce, se possibile, di realizzare l'opera nella parte Ovest dell'area d'indagine, nei pressi del corso d'acqua degli Affrichi, ovviamente rispettando le distanze minime dai corsi d'acqua definite nella 41/2018.

- Da un punto di vista idraulico l'area d'indagine è compresa tra il fosso degli Affrichi e il corso d'acqua con codice TS47906, entrambi questi corsi d'acqua sono nel segmento sorgentizio del loro corso e il loro alveo è poco più di un'incisione profonda meno di un metro e non generano pericolosità idraulica per la sottostazione di scambio termico.

- Si specifica tuttavia che secondo la L.R. 41/2018 dovrà essere comunque mantenuto un franco di almeno 10 m tra la posizione della sottostazione e il ciglio di sponda del corso d'acqua.

- Da un punto di vista idrogeologico l'area si trova al contatto tra la formazione della Pietraforte in facies arenacea con permeabilità medio alta per fratturazione e le argille e calcari di Canetolo che hanno permeabilità variabile in base alla facies presente. Grazie alla prova penetrometrica DPSH 2 è stata individuata la presenza di una falda idrica a profondità inferiore ad 1 m e dunque interferente con lo scavo per l'individuazione del piano fondale della struttura. La presenza di una falda acquifera superficiale comporta due principali ordini di problematiche:

1. Durante la fase di scavo, l'infiltrazione d'acqua può determinare il riempimento dello scavo stesso e comprometterne la stabilità, rendendo difficoltose le operazioni di realizzazione delle opere di fondazione.
2. Dal punto di vista geotecnico, la ciclica variazione del regime di saturazione (passaggi frequenti da stato saturo a insaturo) accelera i processi di alterazione fisico-chimica del terreno. Tale condizione può portare, nel tempo, a una progressiva riduzione della resistenza meccanica dei terreni di fondazione.

- Per quanto riguarda l'inquadramento geomorfologico, idraulico e idrogeologico del tracciato del termodotto si rimanda al capitolo 3.3.2

- Per quanto riguarda l'inquadramento del progetto rispetto ai quadri di pericolosità P.A.I. e P.G.R.A. si specifica quanto segue:

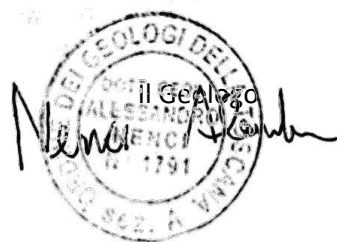
1. La stazione di scambio termico è collocata all'interno di un'area a pericolosità geomorfologica Elevata P.3.a ed è esterna ad aree a pericolosità idraulica.
2. Alcuni tratti del termodotto attraversano aree in pericolosità geomorfologica Elevata P.3.a e un tratto di circa 250 m attraversa un'area in pericolosità geomorfologica molto elevata P.4.
3. Per quanto riguarda la pericolosità idraulica e l'attraversamento di corsi d'acqua si rimanda alle stesse figure citate in precedenza e si specifica che sono attraversati sette corsi d'acqua elencati di seguito:

- Attraversamento 1: corso d'acqua Zancona (codice TS48446) – tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2, in corrispondenza di questo corso d'acqua il termodotto attraversa anche un'area in pericolosità idraulica P1 dovuta alle esondazioni di questo corso d'acqua;
 - Attraversamento 2: Corso d'acqua dell'Anguillara (codice TS49033) – tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2;
 - Attraversamento 3: Corso d'acqua Fossa degli Affrichi (codice TS48130) – tratto Pian Perugino;
 - Attraversamento 4: corso d'acqua Fosso Grillese (codice TS48171) – tratto Pian Perugino;
 - Attraversamento 5: corso d'acqua (codice TS49658) – tratto Merigar West;
 - Attraversamento 6: Corso d'acqua (codice TS49670) – tratto Merigar West.
- Si rimanda al capitolo 3.4 per la definizione delle condizioni di fattibilità degli interventi in progetto secondo la normativa dell'autorità di bacino appennino settentrionale e regione Toscana.
 - Si rimanda al capitolo 3.5 per la descrizione dei risultati delle verifiche di stabilità del versante.
 - Si rimanda al capitolo 5.1 per la gestione delle terre e rocce da scavo da un punto di vista ambientale e al capitolo 5.2 per la gestione delle terre e rocce da scavo da un punto di vista tecnico e di vincolo idrogeologico.
 - Da un punto di vista macrosismico il comune di Arcidosso ricade interamente all'interno della zona con accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresa tra 0.125 g e 0.150 g; dal database nazionale dei terremoti si è visto che i terremoti che hanno investito il comune di

Relazione geologica per il progetto di ampliamento della rete di teleriscaldamento del comune di Arcidosso comprendente la realizzazione di un termodotto e la realizzazione di una sottostazione di scambio termico.

Arcidosso non hanno mai superato il VI/VII grado della scala MCS; dalla tabella si vede come i terremoti più intensi e che hanno generato i danni maggiori nel comune di Arcidosso hanno come epicentro il Monte Amiata e quello più recente si è verificato in data 01/04/2000 con una magnitudo 4.52.

Alle condizioni sopra specificate l'intervento è fattibile da un punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico.



ARCIDOSSO, 14 agosto 2025

ALLEGATI

ALLEGATO 1: SEZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO DI REALIZZAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE DI SCAMBIO TERMICO

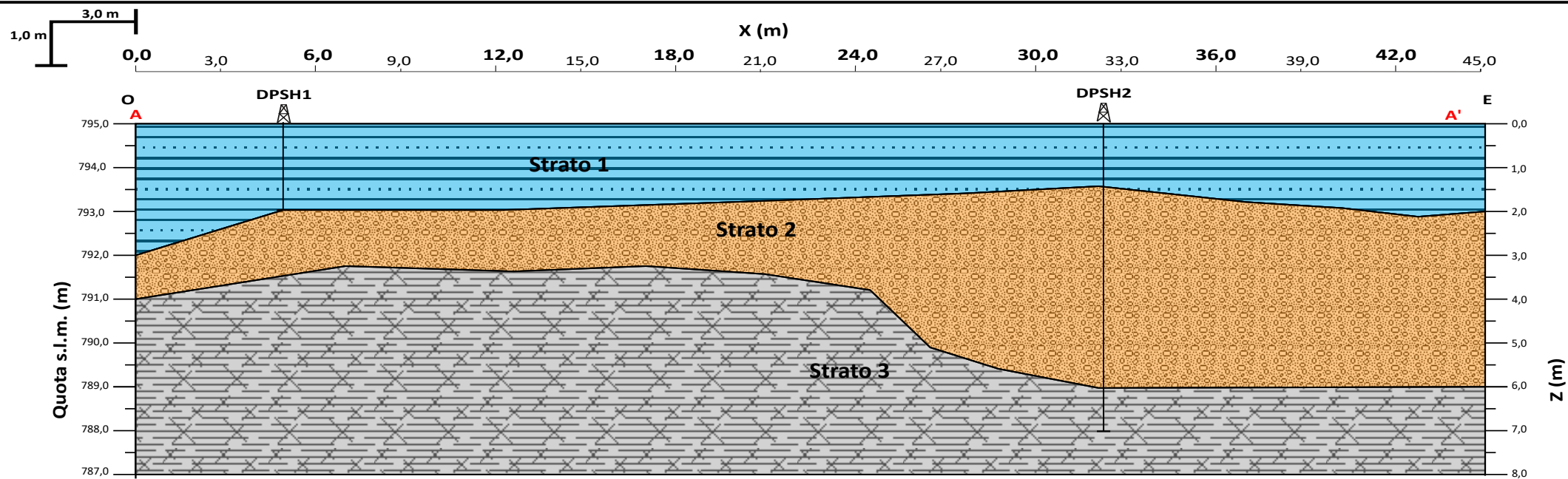
ALLEGATO 2: RISULTATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI

ALLEGATO 3: REPORT VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE

ALLEGATO 4: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

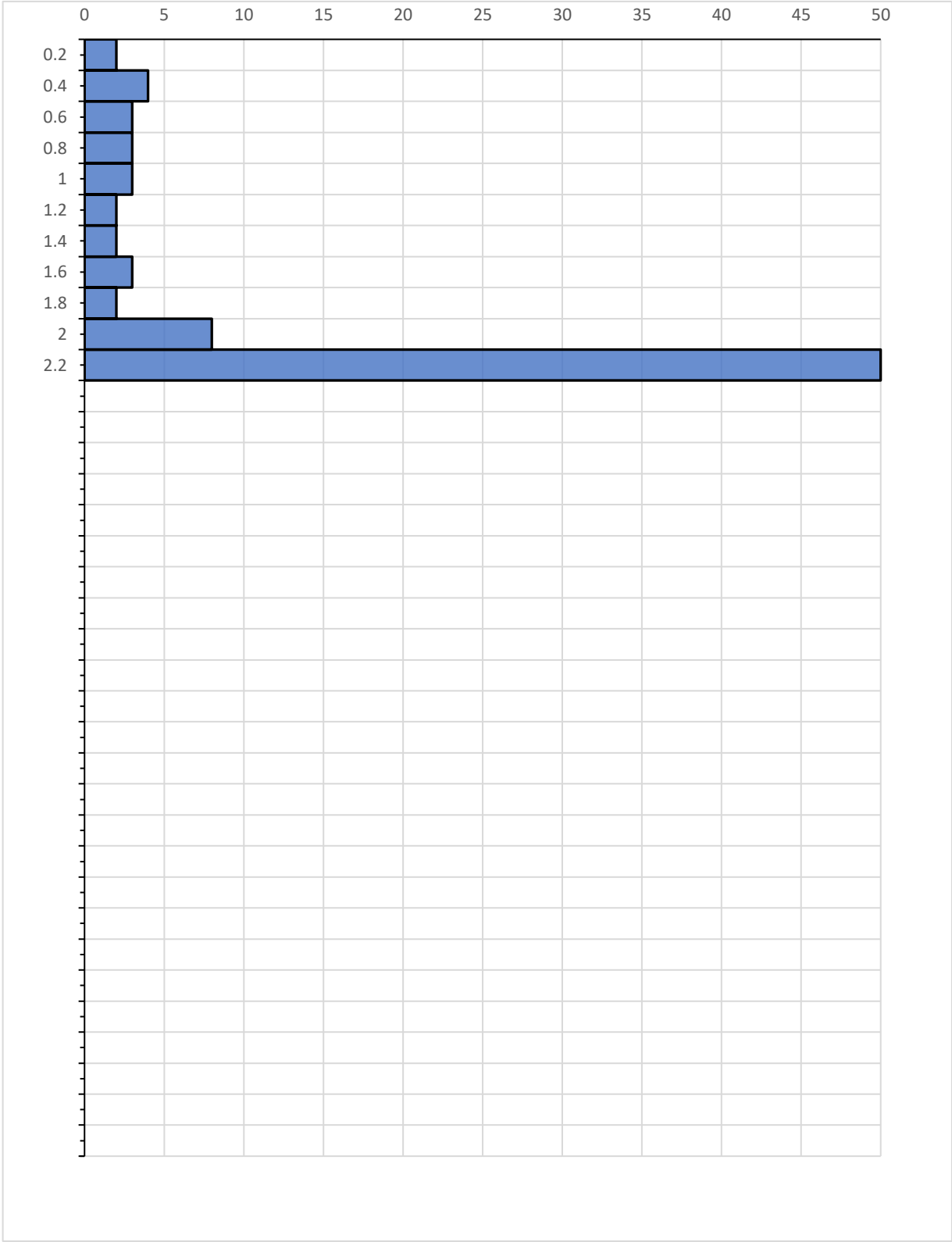
Allegato 1

Sezione Geotecnica AA'

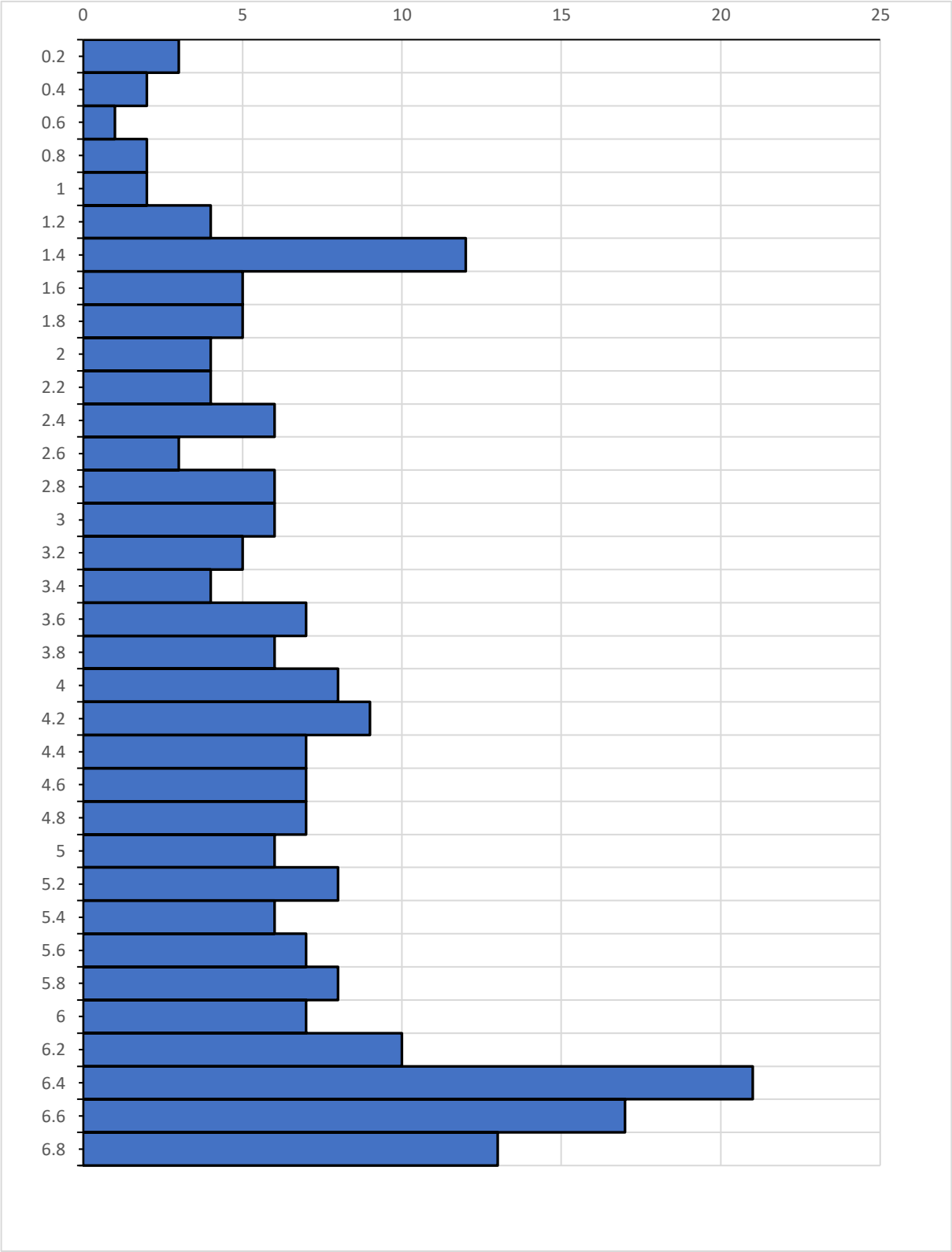


Allegato 2

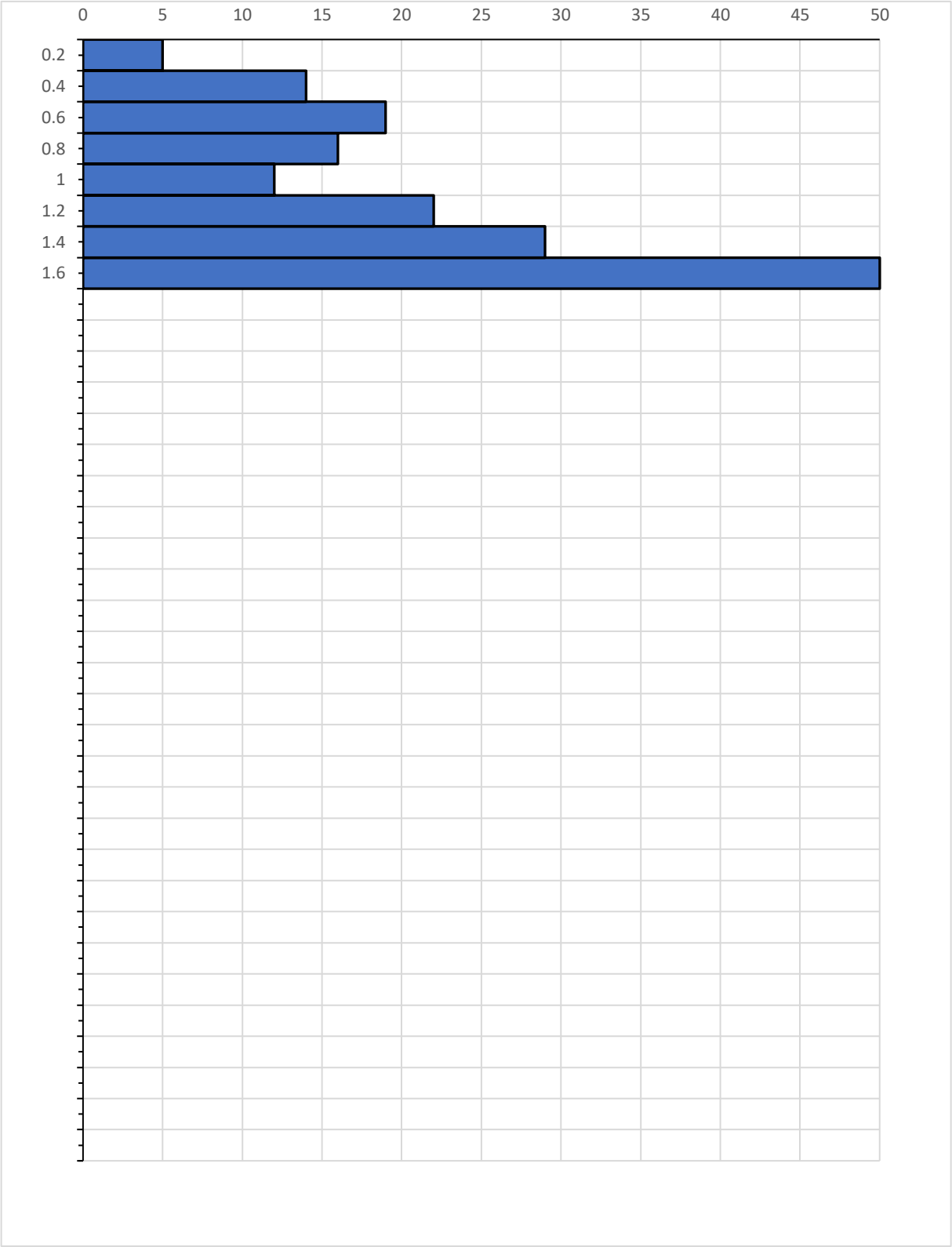
Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Pian Perugino Arcidosso (GR) Castel del Piano (GR)	X: 707227	Y: 4748303	Quota 796
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	2.2		
	DPSH-1			



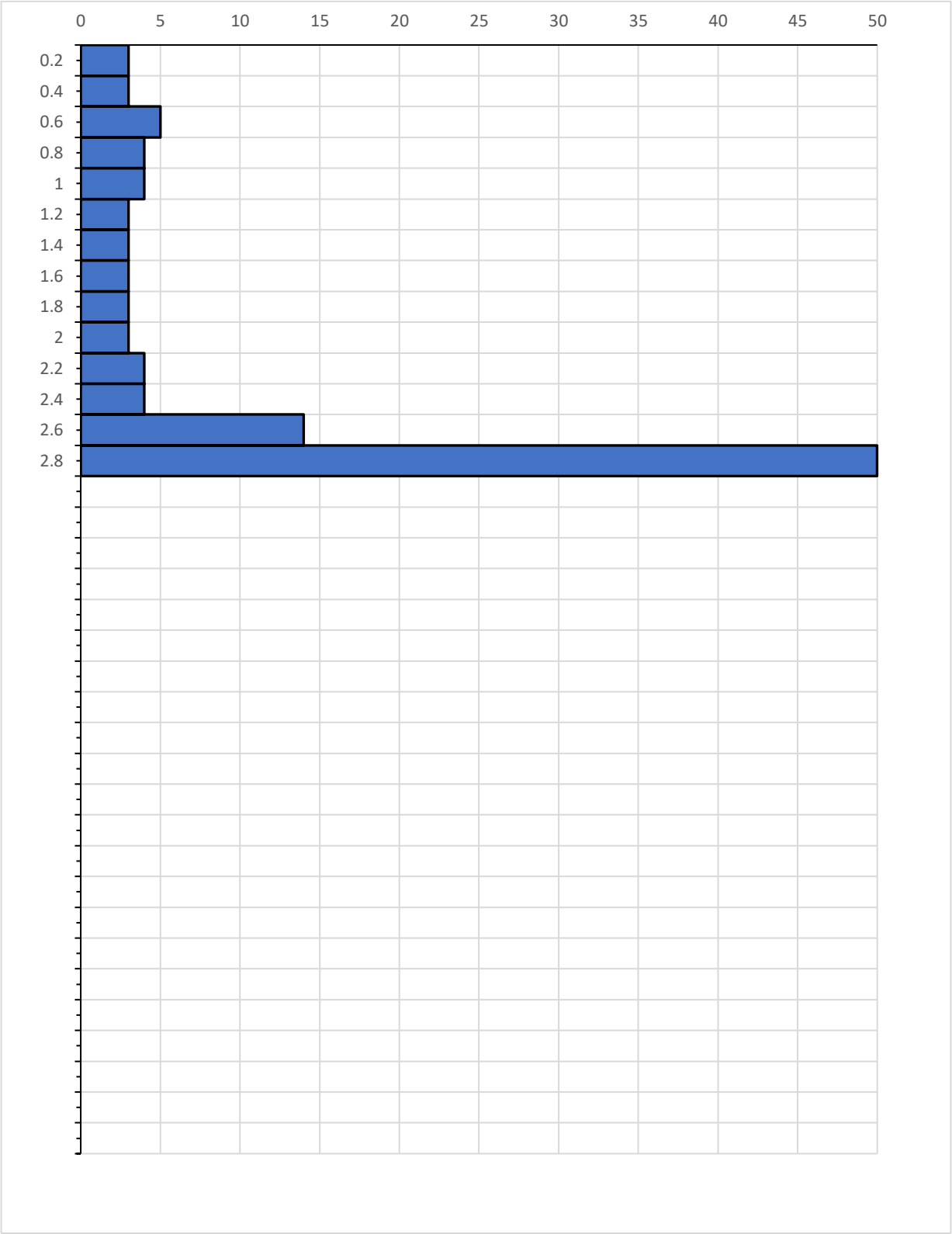
Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Pian Perugino Arcidosso (GR) Castel del Piano (GR)	X: 707255	Y: 4748301	Quota 795.5
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	7		
DPSH-2				



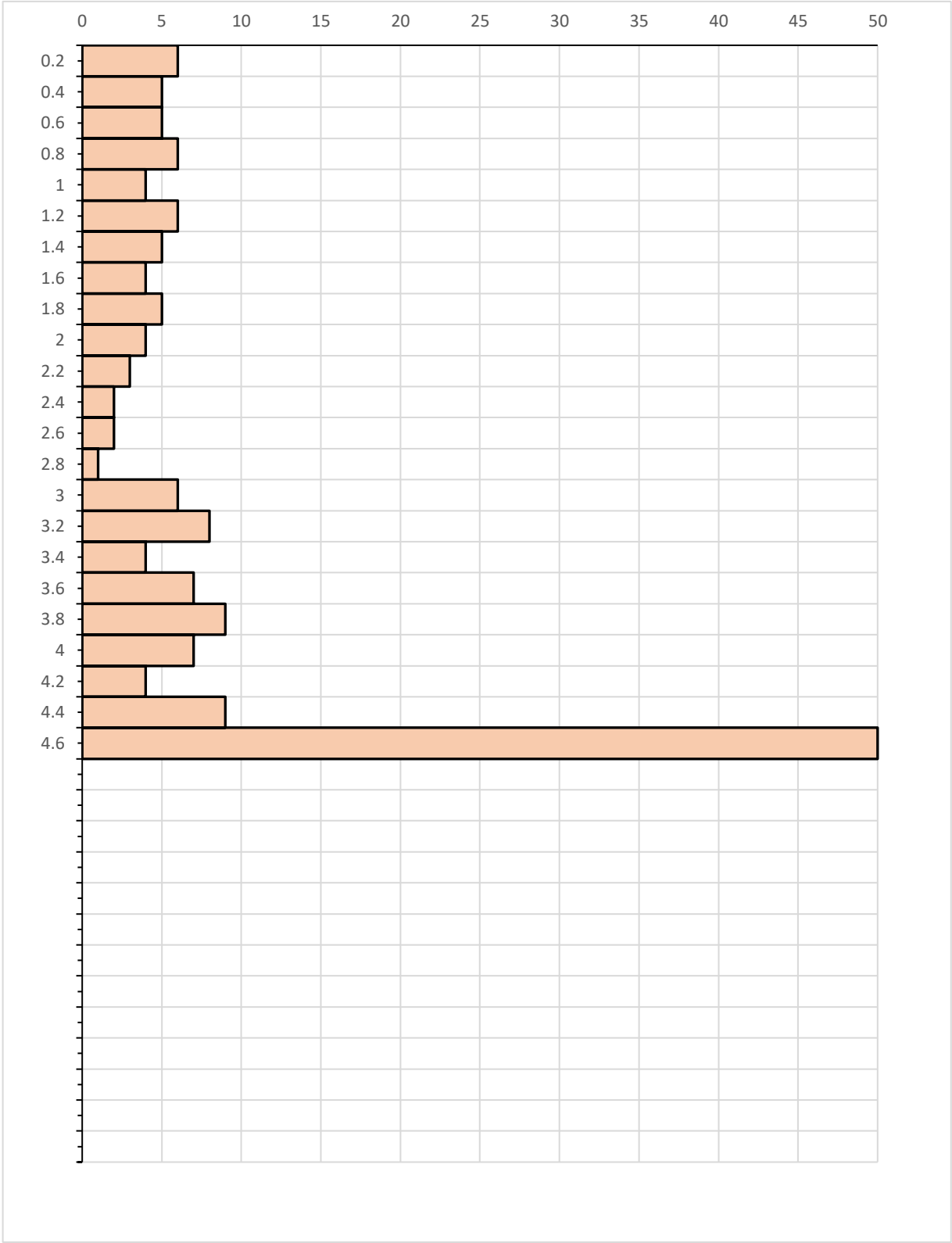
Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Pian Perugino Arcidosso (GR) Castel del Piano (GR)	X: 707207	Y: 4748274	Quota 799
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	1.6		
	DPSH-3			



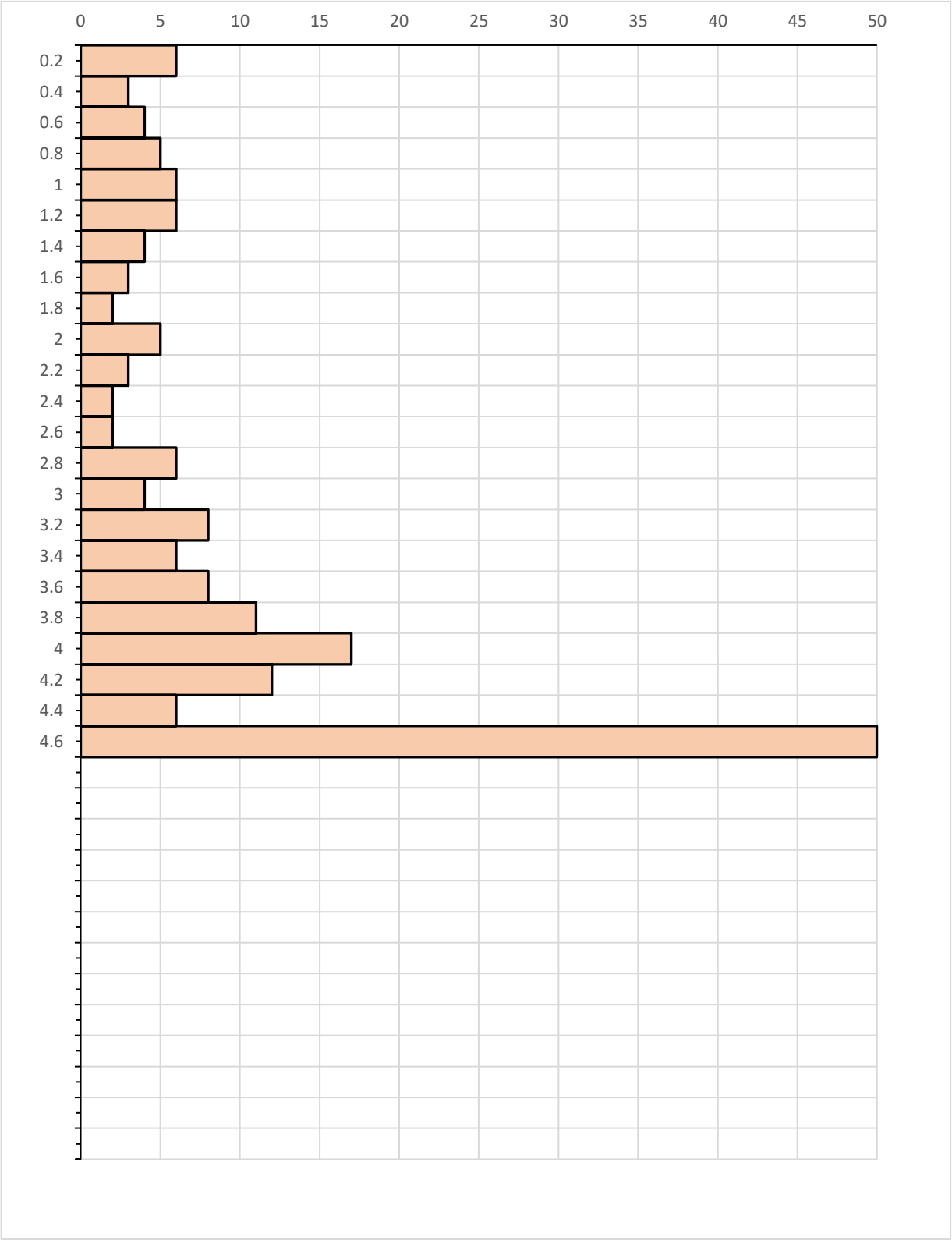
Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Pian Perugino Arcidosso (GR) Castel del Piano (GR)	X: 707222	Y: 4748267	Quota 799.6
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	2.8		
	DPSH-4			



Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Merigar West Arcidosso (GR)	X: 707983	Y: 4747027	Quota 898.2
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	4.6		
	DPSH-5			



Committente	Località	Coordinate e quota		
ING Solutions s.r.l.	Merigar West Arcidosso (GR)	X: 707929	Y: 4747098	Quota 895.12
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	4.6		
DPSH-6				



Documentazione fotografica

DPSH 2



DPSH 3



DPSH 1



DPSH 4



DPSH 5



DPSH 6



Allegato 3

Report verifica di stabilità del versante Ante Operam in condizioni statiche

SSAP 5.2.3 – Slope Stability Analysis Program (1991,2023)

WWW. SSAP. EU

Build No. 14195

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW. LORENZO-BORSELLI. EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia , Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 25 novembre 2023

File report:

C:\SSAP2010\Lavori\Sottostazione_pian_perugino\Report\Ante\Statico\Report.txt

Data: 4/8/2025

Localita' :

Descrizione:

Modello pendio: Ante_Phi.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI – Coordinate X,Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	794.63	0.00	793.49	0.00	793.49	-	-
3.23	794.69	26.00	794.02	26.00	794.02	-	-
6.46	794.75	50.02	795.44	50.02	795.44	-	-
9.68	794.80	60.00	796.00	60.00	796.00	-	-
12.91	794.91	62.59	796.17	62.59	796.17	-	-
16.14	795.03	67.00	797.10	67.00	797.10	-	-
19.37	795.10	83.00	800.00	63.00	794.00	-	-
22.59	795.23	89.30	800.61	40.00	788.00	-	-
25.82	795.41	-	-	26.00	788.02	-	-
29.05	795.60	-	-	0.00	788.00	-	-
32.28	795.90	-	-	0.00	793.49	-	-
35.51	796.02	-	-	-	-	-	-
38.73	796.49	-	-	-	-	-	-
41.96	796.82	-	-	-	-	-	-
45.19	797.27	-	-	-	-	-	-
48.42	797.50	-	-	-	-	-	-
51.65	797.61	-	-	-	-	-	-
54.87	797.78	-	-	-	-	-	-
58.10	798.05	-	-	-	-	-	-
61.33	798.48	-	-	-	-	-	-
64.56	798.95	-	-	-	-	-	-
67.78	799.79	-	-	-	-	-	-
71.01	800.18	-	-	-	-	-	-

74.24	800.72	-	-	-	-	-	-
77.47	801.31	-	-	-	-	-	-
80.70	801.74	-	-	-	-	-	-
83.92	802.35	-	-	-	-	-	-
87.15	802.63	-	-	-	-	-	-
89.30	802.80	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA	
X	Y
0.00	793.63
20.99	794.45
35.51	795.02
48.42	796.50
67.78	798.79
83.92	801.35
89.30	801.80

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

STRATO 2

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.

Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.

La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m³): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON
DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO RIDOTTI (ai sensi NTC2018/EC-7) - Riduzione attivata in Tutti gli Strati

sgci	GSI	mi	fi` D	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX
0.00	STRATO 1	0.00	23.09	0.00	0.00	14.80	18.80	1.669
0.00	0.00	0.00	0.00					

	STRATO	2	24.42	0.00	0.00	17.00	19.10	1.816
0.00	0.00	0.00	0.00					
	STRATO	3	26.87	0.00	0.00	19.70	19.70	2.103
0.00	0.00	0.00	0.00					

LEGENDA: ϕ _____ Angolo di attrito interno efficace (in gradi)
 C _____ Coesione efficace (in Kpa)
 C_u _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 γ _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m³)
 γ_{sat} _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m³)
STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH')

(adimensionale)

---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek et al. (2002) -

σ_{ci} _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)
GSI _____ Geological Strenght Index ammasso (adimensionale)
 m_i _____ Indice litologico ammasso (adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso (adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: $\gamma_{\phi}=1.25$, $\gamma_C=1.25$ e $\gamma_{Cu}=1.4$ - ATTIVATI (Per Tutti gli Srati)

Ai sensi delle NTC2018/EC-7 i parametri di resistenza al taglio caratteristici sono stati ridotti

con i fattori riduttivi (tab. 6.2.II delle NTC 2018) per ottenere i parametri di progetto.

Nel caso di ammassi rocciosi fratturati, dai parametri sopra indicati in tabella,

relativi al criterio di rottura Hoek et al. (2002), sono stati ricavati i parametri equivalenti

geomeccanici CARATTERISTICI locali di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso considerato (c' , ϕ')

tali parametri equivalenti sono stati infine RIDOTTI, per ricavare i valori di PROGETTO,

tramite i coefficienti parziali riduttivi, di cui alla tab. 6.2.II delle NTC 2018

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1, X2, Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 3.6 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 1.79

82.16

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 774.68

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 10.72

87.51

TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (λ_0, F_{s0}) ADOTTATO : A (rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0000
COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

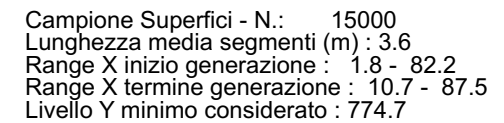
DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo	#Fattore di sicurezza(FS)=
1.5692	#Lambda= 1.2500		
59.580	798.247		
60.094	797.923		
60.361	797.754		
60.552	797.634		
60.724	797.525		
60.876	797.429		
61.032	797.331		
61.189	797.232		
61.351	797.130		
61.517	797.025		
61.667	796.936		
61.811	796.858		
61.948	796.789		
62.095	796.724		
62.234	796.669		
62.382	796.618		
62.542	796.571		
62.731	796.521		
62.888	796.486		
63.034	796.460		
63.169	796.443		
63.314	796.433		
63.448	796.431		
63.591	796.437		
63.744	796.451		
63.924	796.473		

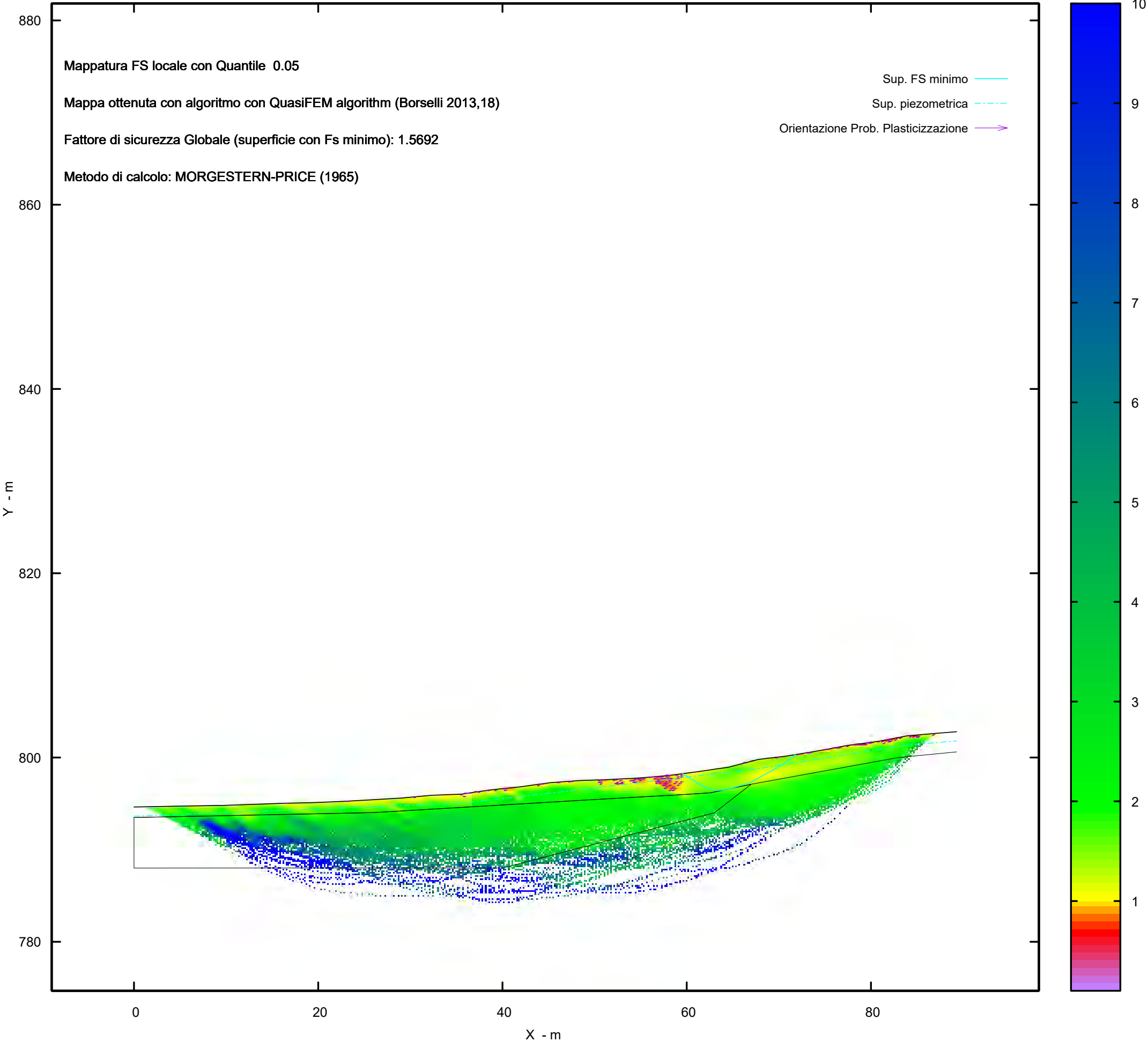
64. 086	796. 497
64. 239	796. 522
64. 387	796. 549
64. 536	796. 581
64. 682	796. 614
64. 830	796. 652
64. 981	796. 693
65. 142	796. 740
65. 299	796. 787
65. 453	796. 833
65. 606	796. 879
65. 758	796. 926
65. 911	796. 973
66. 066	797. 022
66. 224	797. 072
66. 387	797. 124
66. 538	797. 176
66. 685	797. 231
66. 828	797. 288
66. 977	797. 353
67. 120	797. 419
67. 267	797. 492
67. 418	797. 570
67. 579	797. 658
67. 737	797. 745
67. 892	797. 830
68. 047	797. 914
68. 199	797. 998
68. 352	798. 081
68. 505	798. 165
68. 658	798. 248
68. 809	798. 331
68. 962	798. 415
69. 114	798. 498
69. 267	798. 582
69. 420	798. 665
69. 574	798. 750
69. 730	798. 835
69. 888	798. 921
70. 050	799. 010
70. 200	799. 097
70. 346	799. 187
70. 489	799. 280
70. 638	799. 383
70. 799	799. 502
70. 984	799. 646
71. 250	799. 863
71. 784	800. 309

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

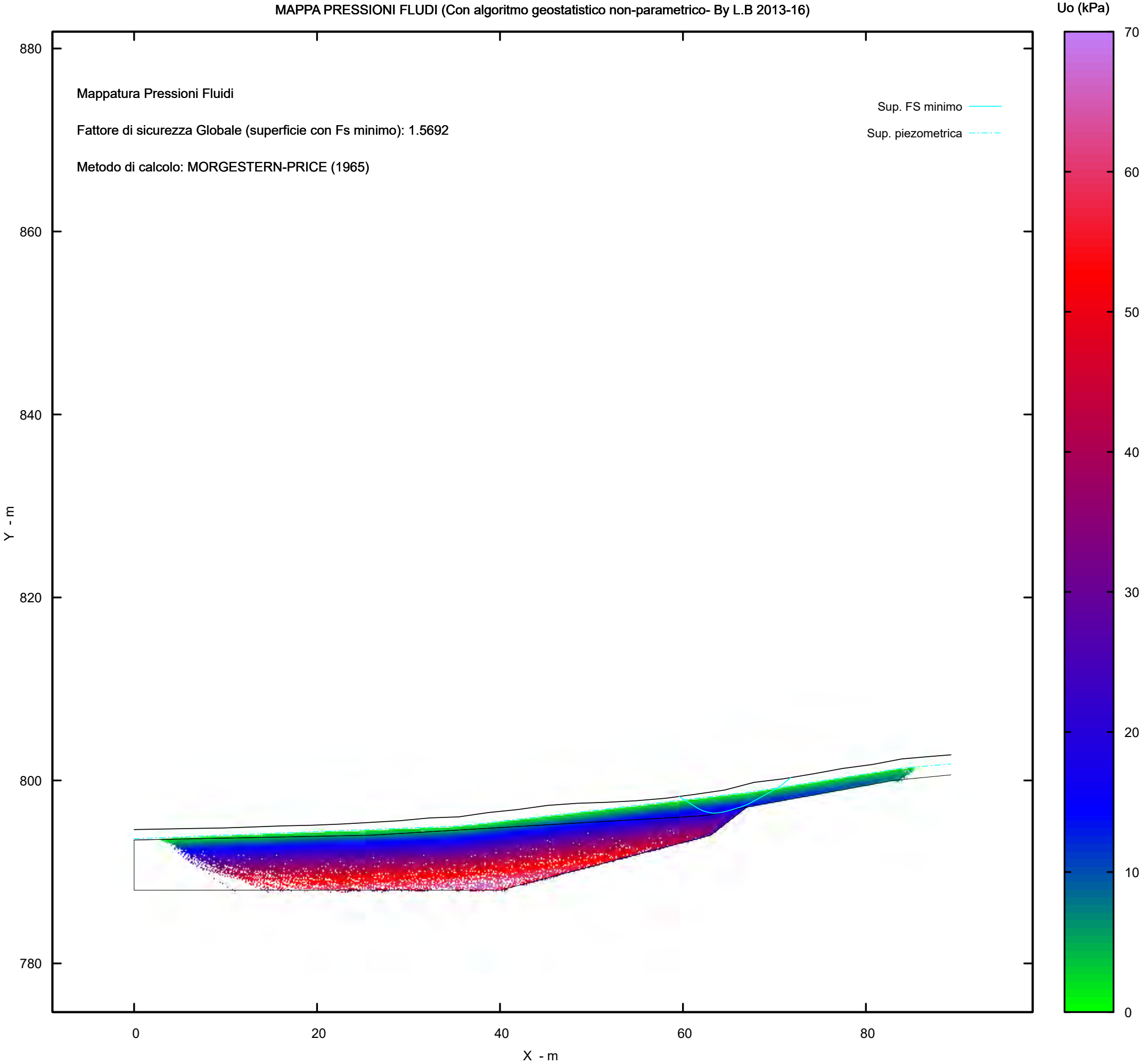
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	23.09	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	24.42	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	26.87	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0



MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA PRESSIONI FLUIDI (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Report verifica di stabilità del versante Post Operam in condizioni statiche

SSAP 5.2.3 - Slope Stability Analysis Program (1991,2023)

WWW.SSAP.EU

Build No. 14195

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia , Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 25 novembre 2023

File report:

C:\SSAP2010\Lavori\Sottostazione_pian_perugino\Report\Post\Statico\Report
.txt

Data: 4/8/2025

Localita' :

Descrizione:

Modello pendio: Post_Phi.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	794.63	0.00	793.49	0.00	793.49	33.00	795.92
3.23	794.69	21.00	793.91	21.00	793.91	33.30	795.92
6.46	794.75	21.00	793.66	21.00	793.66	33.30	794.43
9.68	794.80	33.00	794.43	33.00	794.43	33.00	794.43
12.91	794.91	50.02	795.44	50.02	795.44	33.00	795.92
16.14	795.03	60.00	796.00	60.00	796.00	-	-
19.37	795.10	62.59	796.17	62.59	796.17	-	-
21.00	795.16	67.00	797.10	67.00	797.10	-	-
21.00	793.91	83.00	800.00	63.00	794.00	-	-
21.00	793.66	89.30	800.61	40.00	788.00	-	-
33.00	794.43	-	-	26.00	788.02	-	-
33.00	795.92	-	-	0.00	788.00	-	-
33.30	795.92	-	-	0.00	793.49	-	-
35.51	796.02	-	-	-	-	-	-
38.73	796.49	-	-	-	-	-	-
41.96	796.82	-	-	-	-	-	-
45.19	797.27	-	-	-	-	-	-
48.42	797.50	-	-	-	-	-	-
51.65	797.61	-	-	-	-	-	-
54.87	797.78	-	-	-	-	-	-
58.10	798.05	-	-	-	-	-	-
61.33	798.48	-	-	-	-	-	-
64.56	798.95	-	-	-	-	-	-
67.78	799.79	-	-	-	-	-	-
71.01	800.18	-	-	-	-	-	-
74.24	800.72	-	-	-	-	-	-
77.47	801.31	-	-	-	-	-	-
80.70	801.74	-	-	-	-	-	-
83.92	802.35	-	-	-	-	-	-

87.15	802.63	-	-	-	-	-	-
89.30	802.80	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA

X	Y
0.00	793.63
20.99	794.45
21.00	793.66
33.00	794.43
33.00	794.92
35.51	795.02
48.42	796.50
67.78	798.79
83.92	801.35
89.30	801.80

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

STRATO 2

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.

Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.

La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze

destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m^3): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione hidrostatica1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE

ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI DI PROGETTO RIDOTTI (ai sensi NTC2018/EC-7) - Riduzione attivata in Tutti gli Strati

Gamm_sat	STR_IDX	fi` sgci	C` GSI	mi	Cu D	Gamm
	STRATO 1	23.09	0.00		0.00	14.80
18.80	1.669	0.00	0.00	0.00	0.00	
	STRATO 2	24.42	0.00		0.00	17.00
19.10	1.816	0.00	0.00	0.00	0.00	
	STRATO 3	26.87	0.00		0.00	19.70
19.70	2.103	0.00	0.00	0.00	0.00	
	STRATO 4	29.26	292.00		0.00	25.00
25.00	1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	

LEGENDA: ϕ_i _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)
 C' _____ Coesione efficace (in Kpa)
 C_u _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 γ_{mm} _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m³)
 γ_{mm_sat} _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m³)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF
SEARCH) (adimensionale)
----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri
Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-
 σ_{ci} _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia
Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index
ammasso(adimensionale)
 m_i _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: $\gamma_{PHI}=1.25$,
 $\gamma_{C}=1.25$ e $\gamma_{Cu}=1.4$ - ATTIVATI (Per Tutti gli Srati)
Ai sensi delle NTC2018/EC-7 i parametri di resistenza al
taglio caratteristici sono stati ridotti
con i fattori riduttivi (tab. 6.2.II delle NTC 2018) per
ottenere i parametri di progetto.
Nel caso di ammassi rocciosi fratturati, dai parametri
sopra indicati in tabella,
relativi al criterio di rottura Hoek et al. (2002), sono
stati ricavati i parametri equivalenti
geomeccanici CARATTERISTICI locali di resistenza al taglio
dell'ammasso roccioso considerato (c' , ϕ_i)
tali parametri equivalenti sono stati infine RIDOTTI, per
ricavare i valori di PROGETTO,
tramite i coefficienti parziali riduttivi, di cui alla
tab. 6.2.II delle NTC 2018
----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----

Nota Bene:

##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare
in modo lineare tra gli estremi di coordinate X_1 e X_2

TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	X_1	X_2	SX_1	SX_2	Alpha
WSH1	WSH2	WSV1	WSV2		
	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(°)
(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)		
1	21.0000	33.0000	100.00	100.00	90.00
0.00	0.00	100.00	100.00		

LEGENDA SIMBOLI

N. : NUMERO SOVRACCARICO
 X_1 (m) : Posizione carico da X_1
 X_2 (m) : a X_2
 SX_1 (kPa) : Carico in X_1 (Kpa)
 SX_2 (kPa) : Carico in X_2 (Kpa)
Alpha (°) : Inclinazione carico (gradi):
Componenti distribuzione forza unitaria applicata:
 $WSH1, WSH2$ (kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di proiezione
Verticale) : da X_1 a X_2 (vedasi cap.2 manuale)
 $WSV1, WSV2$ (kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di proiezione
Orizzontale) : da X_1 a X_2 (vedasi Cap.2 manuale)

```

-----
-----
----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----
*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 3.6 (+/-) 50%
INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax):
1.79 82.16
LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 774.68
INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax):
10.72 87.51
TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000
*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene
considerata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANDOM SEARCH

```

```

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----
METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price,
1965)
METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (lambda0,Fs0) ADOTTATO : A
(rapido)
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.0000
COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Positivo): 0.0000
COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

```

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono
poste uguali a 0
durante le tutte le verifiche globali.
I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso
di verifica singola

```

-----
----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----
-----

```

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs

```

-----
X(m)      Y(m)      #Superficie N.1 - #FS_minimo #Fattore di
sicurezza(FS)= 1.5501 #Lambda= 1.2500
61.780    798.545
62.433    798.153
62.764    797.958
62.996    797.825
63.202    797.711
63.389    797.613
63.579    797.516
63.778    797.419
63.995    797.317
64.241    797.204
64.427    797.131
64.590    797.082

```

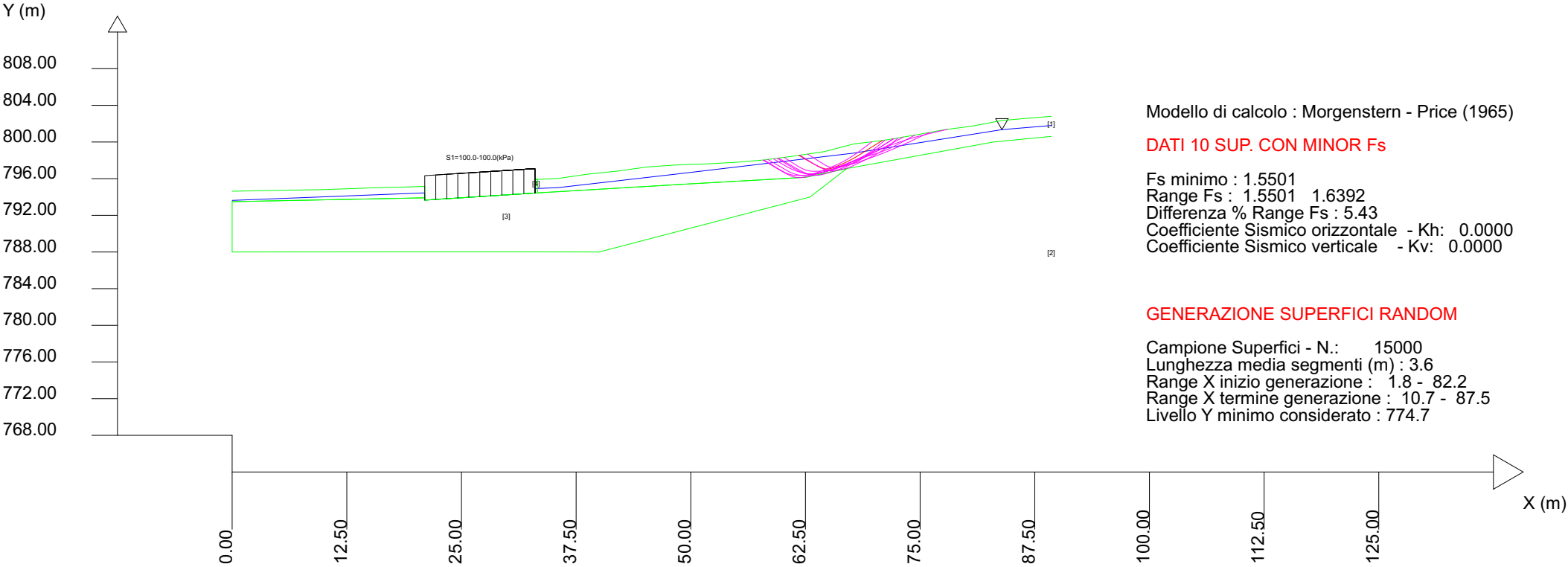
64.728	797.058
64.896	797.050
65.033	797.062
65.195	797.096
65.380	797.153
65.627	797.243
65.845	797.326
66.044	797.405
66.234	797.483
66.421	797.564
66.605	797.646
66.793	797.733
66.985	797.825
67.187	797.925
67.379	798.023
67.566	798.122
67.750	798.223
67.937	798.330
68.120	798.437
68.306	798.550
68.495	798.667
68.691	798.793
68.884	798.916
69.075	799.038
69.265	799.159
69.454	799.278
69.667	799.411
69.904	799.559
70.236	799.766
70.876	800.164

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

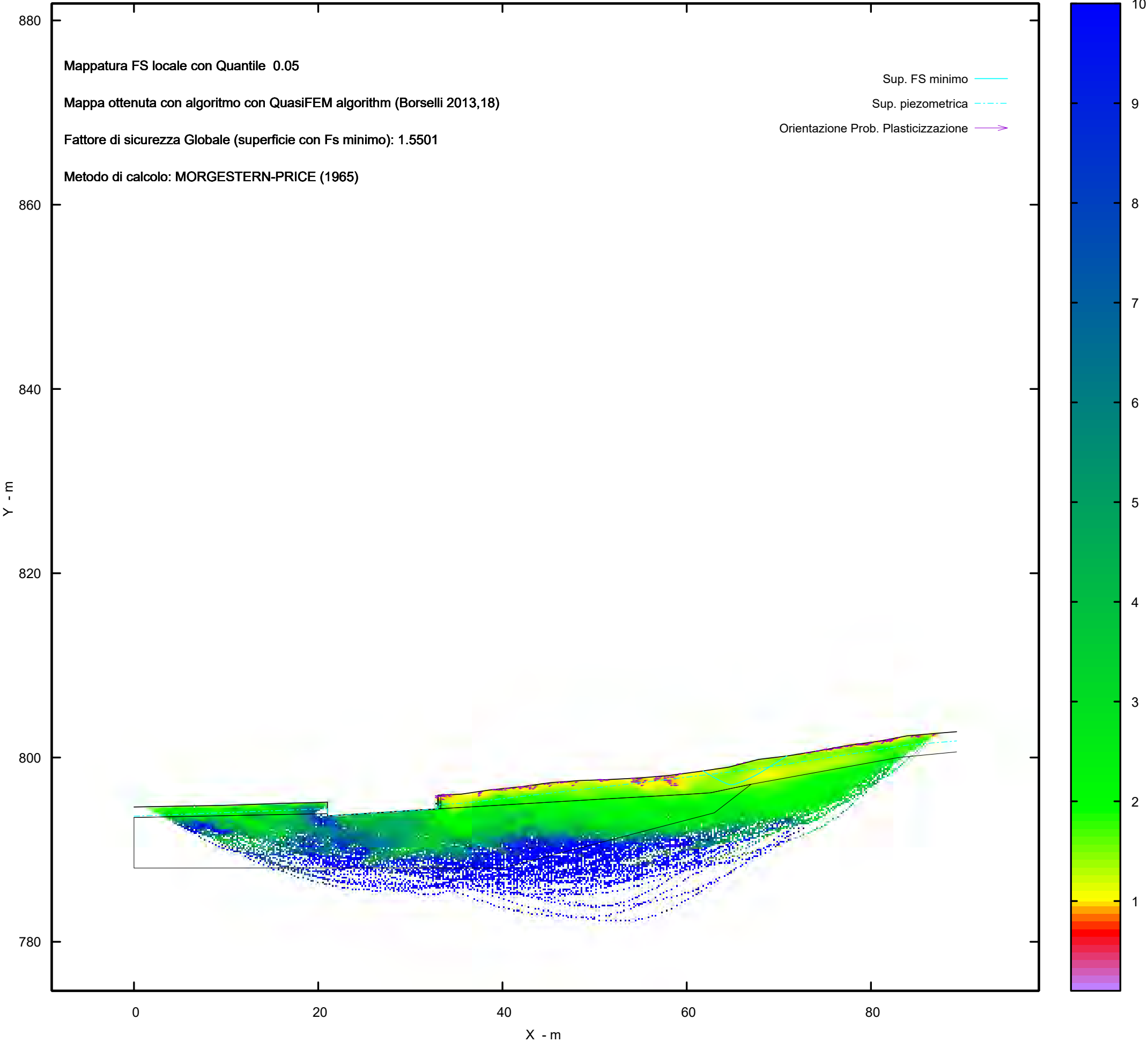
Parametri Geotecnici degli strati Ridotti ai sensi NTC2018/EC-7 #Per Rocce vedasi Report di verifica, per dettagli -----

Sn --> Sovraccarico

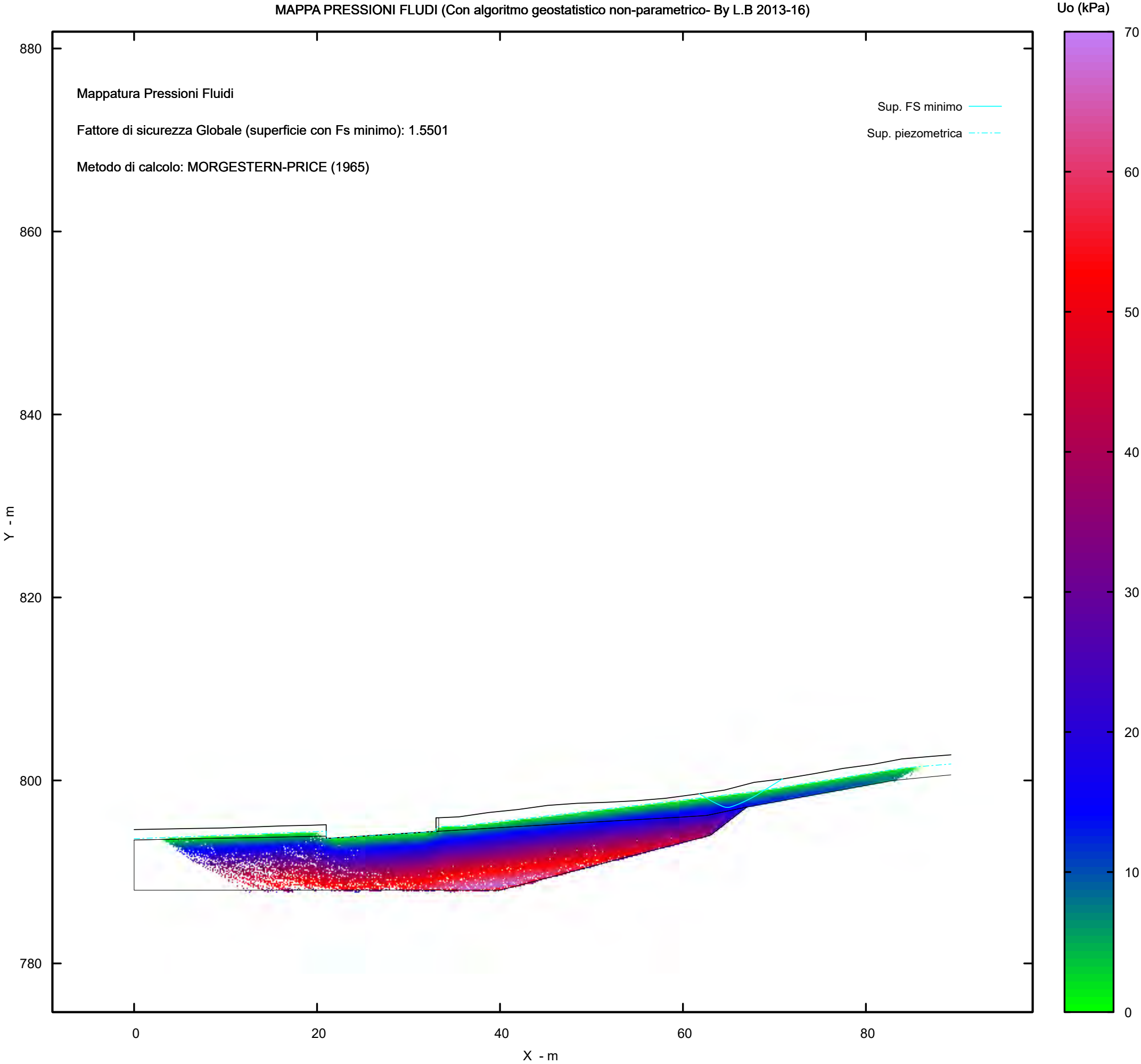
N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa
1	23.09	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	24.42	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	26.87	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0
4	29.26	292.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0



MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA PRESSIONI FLUIDI (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Report verifica di stabilità del versante Post Operam in condizioni sismiche

SSAP 5.2.3 - Slope Stability Analysis Program (1991,2023)

WWW.SSAP.EU

Build No. 14195

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI

UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

Ricercatore Associato CNR-IRPI, Perugia , Italia

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 25 novembre 2023

File report:

C:\SSAP2010\Lavori\Sottostazione_pian_perugino\Report\Post\Dinamico\Report.txt

Data: 4/8/2025

Localita' :

Descrizione:

Modello pendio: Post_Phi.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

___ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X,Y (in m) ___

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
0.00	794.63	0.00	793.49	0.00	793.49	33.00	795.92
3.23	794.69	21.00	793.91	21.00	793.91	33.30	795.92
6.46	794.75	21.00	793.66	21.00	793.66	33.30	794.43
9.68	794.80	33.00	794.43	33.00	794.43	33.00	794.43
12.91	794.91	50.02	795.44	50.02	795.44	33.00	795.92
16.14	795.03	60.00	796.00	60.00	796.00	-	-
19.37	795.10	62.59	796.17	62.59	796.17	-	-
21.00	795.16	67.00	797.10	67.00	797.10	-	-
21.00	793.91	83.00	800.00	63.00	794.00	-	-
21.00	793.66	89.30	800.61	40.00	788.00	-	-
33.00	794.43	-	-	26.00	788.02	-	-
33.00	795.92	-	-	0.00	788.00	-	-
33.30	795.92	-	-	0.00	793.49	-	-
35.51	796.02	-	-	-	-	-	-
38.73	796.49	-	-	-	-	-	-
41.96	796.82	-	-	-	-	-	-
45.19	797.27	-	-	-	-	-	-
48.42	797.50	-	-	-	-	-	-
51.65	797.61	-	-	-	-	-	-
54.87	797.78	-	-	-	-	-	-
58.10	798.05	-	-	-	-	-	-
61.33	798.48	-	-	-	-	-	-
64.56	798.95	-	-	-	-	-	-
67.78	799.79	-	-	-	-	-	-
71.01	800.18	-	-	-	-	-	-
74.24	800.72	-	-	-	-	-	-
77.47	801.31	-	-	-	-	-	-
80.70	801.74	-	-	-	-	-	-
83.92	802.35	-	-	-	-	-	-

87.15	802.63	-	-	-	-	-	-
89.30	802.80	-	-	-	-	-	-

SUP FALDA	
X	Y
0.00	793.63
20.99	794.45
21.00	793.66
33.00	794.43
33.00	794.92
35.51	795.02
48.42	796.50
67.78	798.79
83.92	801.35
89.30	801.80

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero e effetto pressione dei pori:

STRATO 2

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

EFFETTO TENSION CRACK IN TESTA RIEMPITO DI ACQUA: ----> DISATTIVATO

In caso di superfici con tension crack in testa, la frattura di tensione puo' venir viene considerata completamente riempita di acqua per la sua intera profondita'.

Viene quindi considerato una forza in testa, prodotta dalla pressione idrostatica.

La forza applicata ha un effetto destabilizzante aggiuntivo alle altre forze

destabilizzanti agenti.

Peso unitario fluido (kN/m^3): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE

ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

Gamm_sat	STR_IDX	fi` sgci	C` GSI	mi	Cu D	Gamm
18.80	STRATO 1	28.05	0.00	0.00	0.00	14.80
19.10	STRATO 2	29.58	0.00	0.00	0.00	17.00
19.70	STRATO 3	32.35	0.00	0.00	0.00	19.70
25.00	STRATO 4	35.00	365.00	0.00	0.00	25.00
	1000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	

LEGENDA: fi` _____ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` _____ Coesione efficace (in Kpa)
 Cu _____ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)
 Gamm _____ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)
 Gamm_sat _____ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)
 STR_IDX _____ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF
 SEARCH) (adimensionale)
 ---- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri
 Criterio di Rottura di Hoek et al.(2002)-
 sigci _____ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia
 Intatta (in MPa)
 GSI _____ Geological Strenght Index
 ammasso(adimensionale)
 mi _____ Indice litologico ammasso(adimensionale)
 D _____ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

NOTA BENE:

FATTORI DI RIDUZIONE NTC2018/EC-7: gammaPHI=1.25,
 gammaC=1.25 e gammaCu=1.4 - DISATTIVATI
 ----- SOVRACCARICHI PRESENTI -----
 Nota Bene:
 ##Nota: la distribuzione del carico e delle forze unitarie puo' variare
 in modo lineare tra gli estremi di coordinate X1 e X2

TABELLA SOVRACCARICHI IN SUPERFICIE

N.	X1	X2	SX1	SX2	Alpha
WsH1	WsH2	WsV1	WsV2		
	(m)	(m)	(kPa)	(kPa)	(°)
(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)		
1	21.0000	33.0000	100.00	100.00	90.00
0.00	0.00	100.00	100.00		

LEGENDA SIMBOLI

N. : NUMERO SOVRACCARICO
 X1 (m) : Posizione carico da X1
 X2 (m) : a X2
 SX1 (kPa) : Carico in X1 (Kpa)
 SX2 (kPa) : Carico in X2 (Kpa)
 Alpha (°) : Inclinazione carico (gradi):
 Componenti distribuzione forza unitaria applicata:
 WsH1, WsH2 (kN/m) : forza unitaria Orizzontale (per metro di proiezione
 Verticale) : da X1 a X2 (vedasi cap.2 manuale)
 WsV1, WsV2 (kN/m) : forza unitaria Verticale (per metro di proiezione
 Orizzontale) : da X1 a X2 (vedasi Cap.2 manuale)

----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

*** PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI
 MOTORE DI RICERCA: RANDOM SEARCH - Siegel (1981)
 FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO
 COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00
 LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m)*: 3.6 (+/-) 50%
 INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax):
 1.79 82.16
 LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 774.68
 INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax):
 10.72 87.51
 TOTALE SUPERFICI GENERATE : 15000

*NOTA IMPORTANTE: La lunghezza media dei segmenti non viene
 cosiderata nel caso di uso del motore di ricerca NEW RANOM SEARCH

----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----
 METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price,
 1965)
 METODO DI ESPLORAZIONE CAMPO VALORI (λ_0 , F_{s0}) ADOTTATO : A
 (rapido)
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_h : 0.0500
 COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO K_v (assunto Positivo): 0.0250
 COEFFICIENTE $c=K_v/K_h$ UTILIZZATO : 0.5000
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00
 FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono
 poste uguali a 0
 durante le tutte le verifiche globali.
 I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso
 di verifica singola

 ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR F_s #

X(m)	Y(m)	#Superficie N.1 - #FS_minimo	#Fattore di sicurezza(FS)=
			1.5582 #Lambda= 1.2500
58.958	798.164		
59.499	797.847		
59.781	797.681		
59.982	797.563		
60.164	797.457		
60.324	797.363		
60.488	797.266		
60.653	797.169		
60.824	797.069		
61.001	796.965		
61.158	796.879		
61.309	796.803		
61.453	796.739		
61.607	796.677		
61.753	796.627		
61.909	796.582		
62.078	796.540		
62.278	796.498		
62.445	796.469		
62.598	796.450		
62.739	796.441		
62.892	796.440		
63.032	796.447		
63.183	796.463		
63.344	796.488		
63.535	796.524		
63.706	796.561		

63.868	796.599
64.022	796.639
64.180	796.684
64.332	796.731
64.487	796.783
64.646	796.840
64.815	796.904
64.981	796.967
65.144	797.029
65.307	797.091
65.467	797.151
65.630	797.213
65.792	797.275
65.958	797.337
66.125	797.401
66.284	797.464
66.440	797.530
66.594	797.598
66.752	797.672
66.905	797.748
67.062	797.828
67.222	797.914
67.391	798.008
67.556	798.101
67.718	798.193
67.879	798.285
68.038	798.377
68.199	798.471
68.360	798.567
68.525	798.665
68.693	798.767
68.853	798.867
69.011	798.969
69.165	799.073
69.323	799.184
69.497	799.311
69.694	799.460
69.974	799.680
70.530	800.122

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs *
 # Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.200

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.558	96.9	62.2	22.3	Surplus
2	1.579	100.4	63.6	24.1	Surplus
3	1.586	113.4	71.5	27.6	Surplus
4	1.593	126.7	79.5	31.3	Surplus
5	1.598	104.5	65.4	26.1	Surplus
6	1.599	135.4	84.7	33.8	Surplus
7	1.600	97.9	61.2	24.5	Surplus
8	1.601	112.9	70.5	28.3	Surplus
9	1.602	92.8	57.9	23.3	Surplus
10	1.603	166.3	103.8	41.8	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 22.3

Note: FTR --> Forza totale Resistente lungo la superficie di
scivolamento

FTA --> Forza totale Agente lungo la superficie di scivolamento

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in
kN

per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della
scarpata,

ovvero in kN/m

Data : 4/8/2025
Localita' :
Descrizione :
[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi` deg	C` kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI ..	mi ..	D ..
1	28.05	0	0	14.80	18.80	0	0	0	0
2	29.58	0	0	17.00	19.10	0	0	0	0
3	32.35	0	0	19.70	19.70	0	0	0	0
4	35.00	365.00	0	25.00	25.00	0	0	0	0



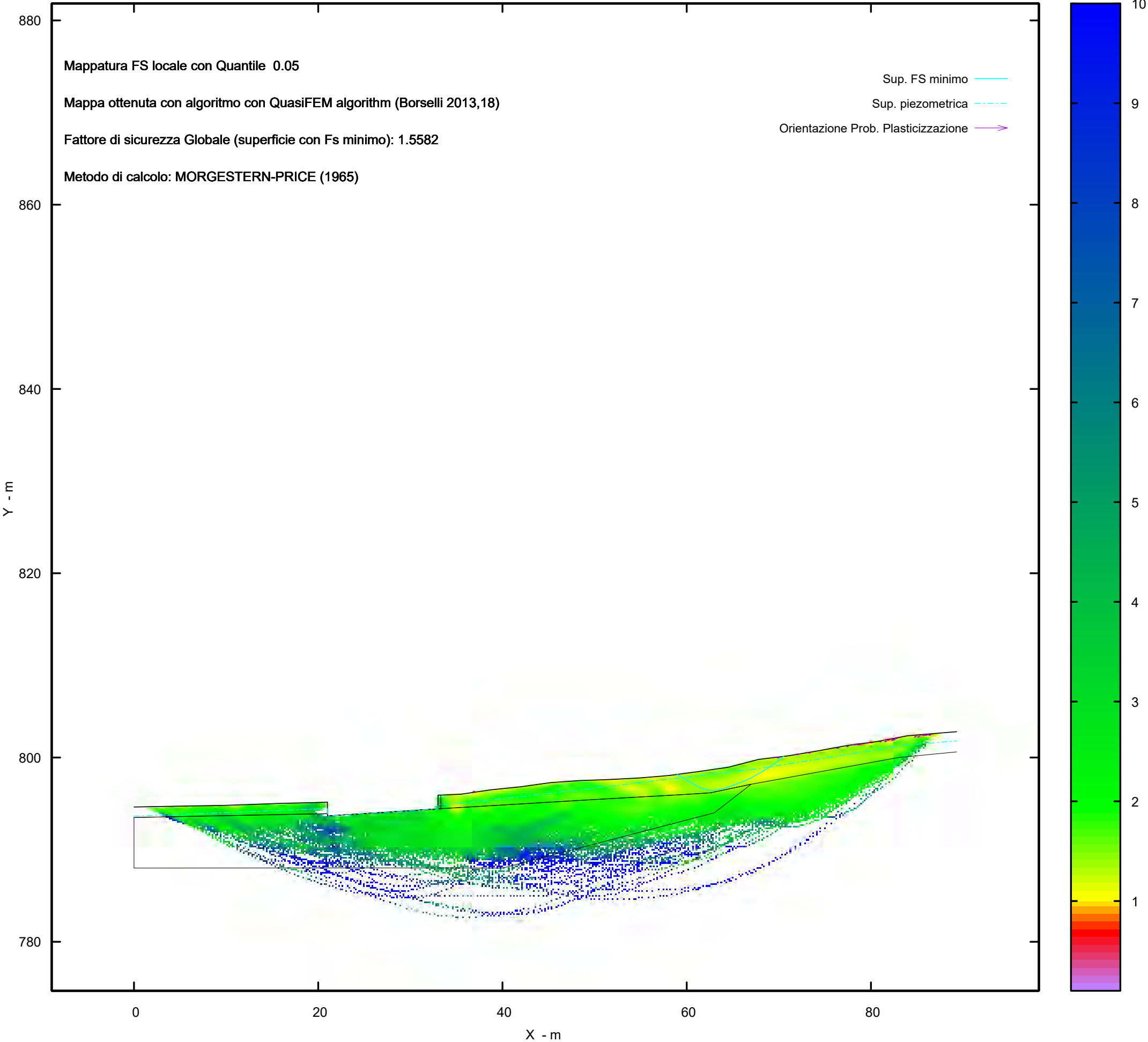
DATI 10 SUP. CON MINOR F_s

Fs minimo : 1.5582
Range Fs : 1.5582 1.6030
Differenza % Range Fs : 2.79
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0500
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0250

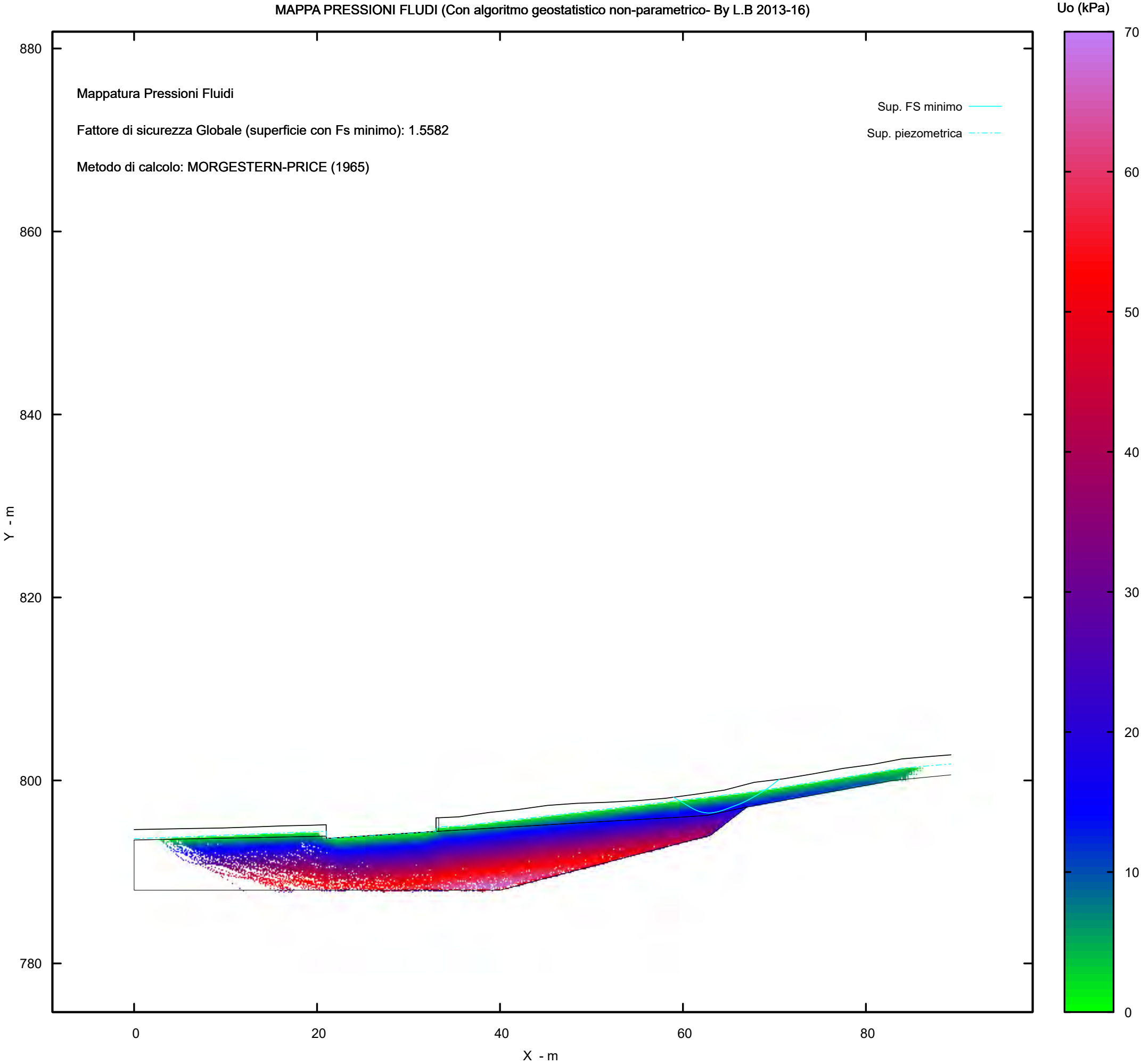
GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 15000
Lunghezza media segmenti (m) : 3.6
Range X inizio generazione : 1.8 - 82.2
Range X termine generazione : 10.7 - 87.5
Livello Y minimo considerato : 774.7

MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



MAPPA PRESSIONI FLUIDI (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)



Allegato 4

Allegato 4 : Documentazione fotografica

Vedi punti di scatto in planimetria

Tratto Pian Perugino

Foto 25



Foto 10



Tratto Pian Perugino

Foto 12



Foto 23



Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 1

Foto 7



Foto 8



Tratto Macchie Zanca Serra Tronco 1

Foto 4



Foto 6



Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2

Foto 19



Foto 20



Tratto Macchie Zancona Serra Tronco 2

Foto 21



Tratto Merigar West

Foto 14



Foto 15



Tratto Merigar West

Foto 16



Foto 17

