



COMUNE DI CAMPOMARINO

PROVINCIA DI
CAMPOBASSO



REGIONE MOLISE



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE AGRI-VOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 44,955 MWAC

Denominazione Impianto:

IMPIANTO CAMPOMARINO FV

Ubicazione:

Comune di Campomarino (CB)

ELABORATO
3.15-PDEG

PROGETTO ELETTRICO DI CONNESSIONE RTN -
RELAZIONI



Renewco Engineering S.r.l.
Piazza Giovanni XXIII, 5
Porto Sant'Elpidio (FM) 63821 ITALY
IP.iva e C.F.: 02553880442
info@renew-co.com www.renewco.com

Scala: ----

PROGETTO

Data:
31/03/2022

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Tecnici:

Ing. Antonio Palestini
Albo degli Ingegneri Ascoli Piceno - Nr: A1616

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	31/03/2022	Progetto Definitivo			
02					
03					
04					

Il Tecnico:

Ing. Antonio Palestini
Albo degli Ingegneri Ascoli Piceno - Nr: A1616

Il Richiedente:

CATCH THE SUN 4 SRL
SAN BENEDETTO DEL TRONTO (AP)
VIA VENEZIA GIULIA 4 - 63074
C.F./P.IVA: 02467500449

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

IDENTIFICATIVO CATASTALE: Foglio 41 -
Particelle 38-49

PIANO TECNICO DELLE OPERE DI UNA STAZIONE ELETTRICA RTN DI SMISTAMENTO A 150 KV IN AGRO DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

Codice Pratica: 201901747

Tipo: Relazione tecnica della SE RTN

Scala: n.a.

Elaborato:
201901747_PTO_01-01

Formato: A4

Data: Ottobre 2021

Committente:

SOLAR CENTURY FVGC 2 Srl
Via Caradosso 9 20123 - Milano (MI)
pec: sc-fvgc2@pec.it

MATE System Unipersonale srl

Via Papa Pio XII, n.8 | 70020 - Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 3072072
mail: info@matesystemsrl.it | pec: matesystem@pec.it

Progettista:
Ing. Antonio Terlizzi



Estremi per il benessere tecnico:

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	23/07/2021	1° Emissione - presentazione per benessere TERNA	SPINELLI	CUSCITO	TERLIZZI
01	25/10/2021	Revisione per gestione interferenze con altri impianti	SPINELLI	TERLIZZI	TERLIZZI

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Realizzazione dell'ampliamento di una stazione elettrica di smistamento a 150 kV posta in agro di San Martino in Pensilis (CB).

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 2 Srl

Via Caradosso, n. 9
20123 – Milano (MI)
pec: sc-fvgc2@pec.it

PROGETTAZIONE:

MATE SYSTEM Srl Unip.

Via Papa Pio XII, n. 8
70020 – Cassano delle Murge (BA)
Ing. Antonio Terlizzi

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

Sommario

1. PREMESSE.....	3
2. MOTIVAZIONI DELL’OPERA	3
3. UBICAZIONE DELL’INTERVENTO ED ACESSI.....	4
4. ANALISI DEL TERRITORIO	6
4.1. Individuazione dell’area	6
4.2. Geologia del territorio.....	7
4.3. Vincoli territoriali analizzati.....	7
4.3.1. Vincoli paesaggistici D.Lgs 42/2004 s.m.i.	7
5. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELL’OPERA	12
5.1. Disposizione Elettromeccanica.....	13
5.2. Servizi Ausiliari	13
5.3. Impianto di Terra.....	13
5.4. Fabbricati.....	13
5.4.1. Chioschi per apparecchiature elettriche	14
5.4.2. Ulteriori manufatti fuori terra ed interrati adibiti a diverse funzioni.....	14
5.5. Rete di smaltimento acque bianche e nere.....	14
5.6. Attività soggette a controllo prevenzione incendi	15
5.7. Apparecchiature	15
5.8. Varie	15
5.8.1. Illuminazione	15
5.8.2. Viabilità interna e finiture	15
5.8.3. Recinzione	16
5.8.4. Vie cavi	16
6. TERRE E ROCCE DA SCAVO	16
7. CRONOPROGRAMMA.....	18
8. RUMORE.....	18
9. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	18
10. AREE IMPEGNATE	18
11. SICUREZZA NEI CANTIERI.....	19
12. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	19
12.1. Leggi	19
12.2. Norme tecniche CEI/UNI	20
12.3. Prescrizioni tecniche diverse	21
13. RELAZIONI	22
ALLEGATO A	23

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

1. PREMESSE

Al fine di consentire la connessione alla RTN di alcuni impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, previsti nei comuni di San Martino in Pensilis (CB) e limitrofi, si rende necessaria l'ampliamento della stazione di smistamento nel medesimo territorio, il cui quadro in alta tensione (AT), isolato in aria, andrà esteso con una sezione a 150 kV con doppio sistema di sbarre e un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento fra la stazione di cui sopra e la stazione di trasformazione RTN 380/150 kV di Rotello.

Nella fattispecie l'impianto fotovoltaico della Solar Century FVGC 2 srl ricadrà nel comune di Campomarino (CB) ed avrà una potenza in immissione pari a 46,632 MW.

Ai sensi della D.Lgs. 387/2003, art. 12 comma 1, *“le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti.”*; inoltre sempre ai sensi del medesimo D.Lgs. art. 12 comma 3 *“La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, ivi inclusi gli interventi, anche consistenti in demolizione di manufatti o in interventi di ripristino ambientale, occorrenti per la riqualificazione delle aree di insediamento degli impianti, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, ovvero, per impianti con potenza termica installata pari o superiore ai 300 MW, dal Ministero dello sviluppo economico, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico.”*.

2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Come già indicato nelle premesse, l'opera si rende necessaria al fine di permettere l'allacciamento alla RTN di alcuni impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (per lo più eolici e fotovoltaici), conformemente a quanto indicato dalla TERNA S.p.a. nelle rispettive Soluzioni Tecniche Minime Generali (STMG). Tali soluzioni prevedono l'ampliamento della Stazione Elettrica (di seguito S.E.) a 150 kV posta in agro di San Martino in Pensilis in Provincia di Campobasso ed un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento fra quest'ultima e la stazione di trasformazione RTN 380/150 kV di Rotello.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

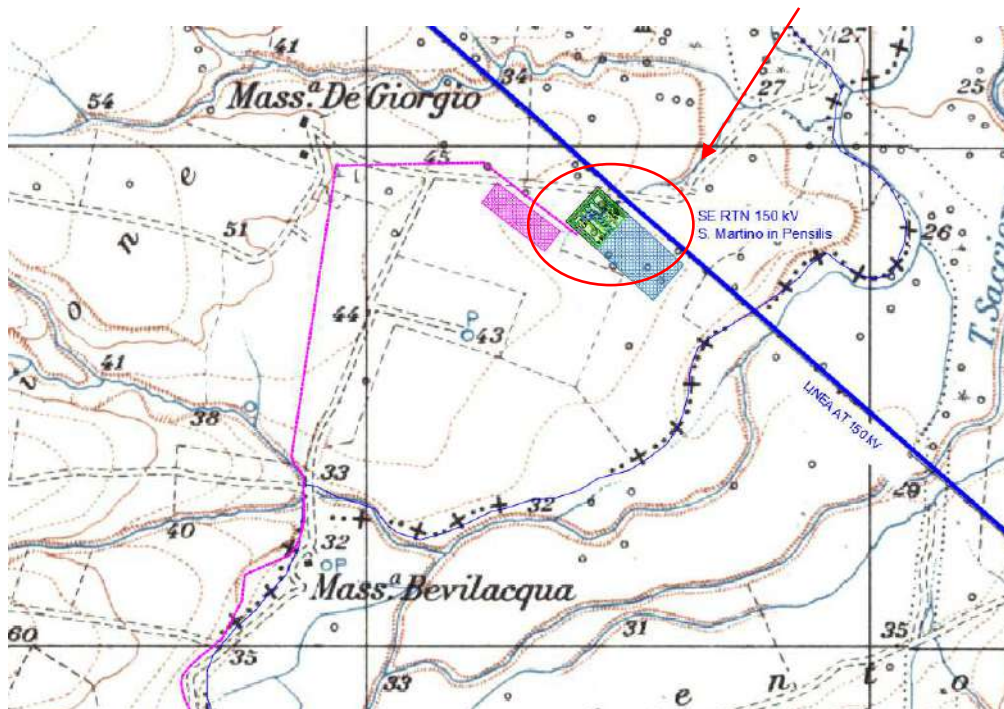


Figura 1 – individuazione dell’area destinata all’ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis su IGM.

La progettazione dell’opera oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell’ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell’ambiente, della protezione della salute umana e dell’utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

3. UBICAZIONE DELL’INTERVENTO ED ACCESSI

Tra le possibili soluzioni è stata individuata l’ubicazione più funzionale che tiene conto di tutte le esigenze tecniche di connessione della stazione alla rete elettrica nazionale e delle possibili ripercussioni sull’ambiente, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Il Comune interessato dall’ampliamento della stazione elettrica è quello di San Martino in Pensilis, in provincia di Campobasso, per un’area di 6.810 m² circa; tale area si trova a 8,1 km circa dall’abitato del Comune suddetto.

L’area interessata dalle nuove opere RTN insiste sul foglio 41, p.lle 56-49-38 del NCT del comune di San Martino in Pensilis (CB); la p.lla 56 è interessata dall’attuale SE RTN di San Martino in Pensilis. Alla presente sono allegati i seguenti elaborati di inquadramento che ben rappresentano l’area di intervento:

- inquadramento dell’opera RTN su Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) - stralcio di seguito riportato (tav. SMR_201901747_PTO_02_01)
- inquadramento dell’opera RTN su Ortofoto - stralcio di seguito riportato (tav. SMR_201901747_PTO_04B_01);
- inquadramento dell’opera RTN su Mappa catastale - stralcio di seguito riportato (tav. SMR_201901747_PTO_03B_01).

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

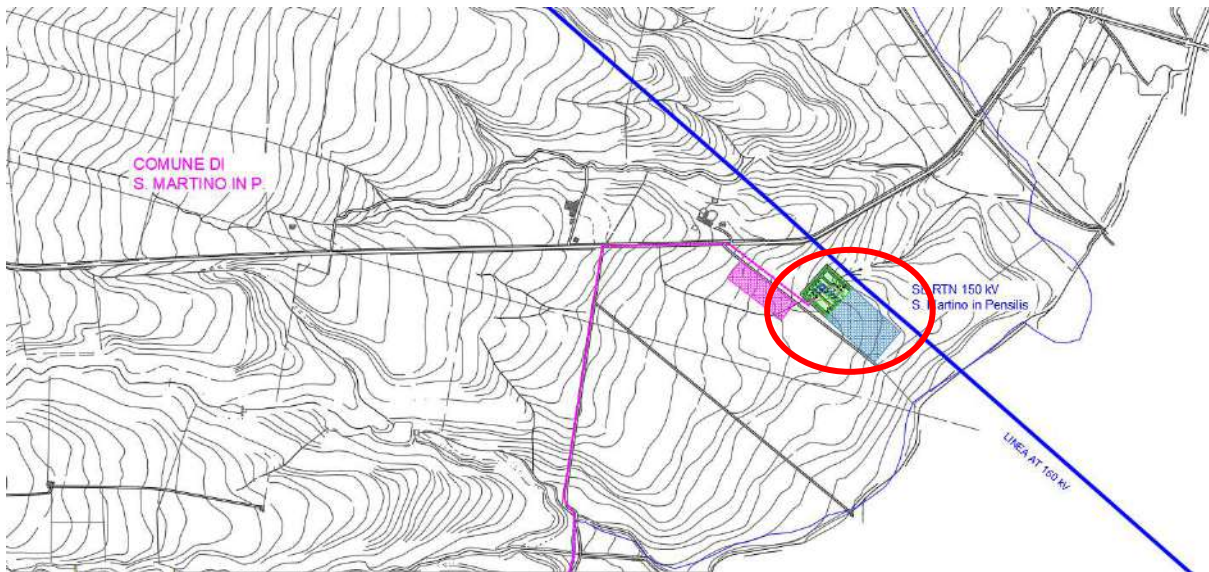


Figura 2 – area destinata all’ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis su CTR

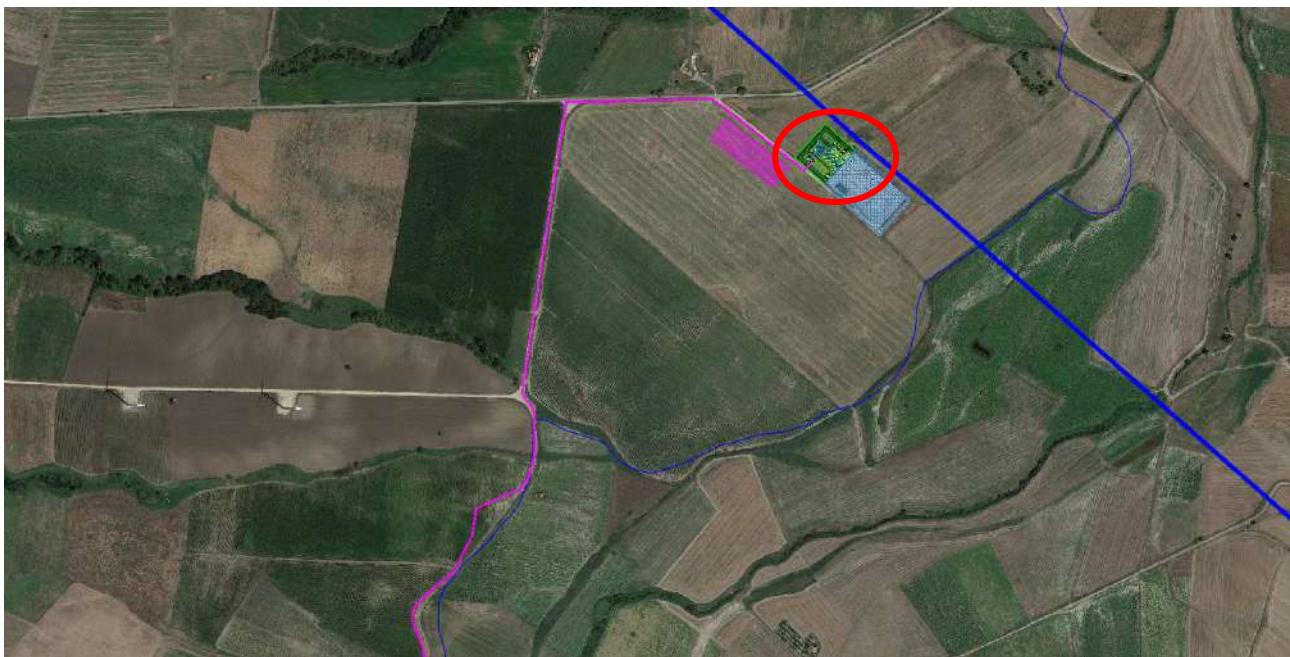


Figura 3 – area destinata all’ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis su ortofoto.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.



Figura 4 – area destinata all’ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis su catastale.

Per quanto concerne l’aspetto degli accessi, l’area di intervento risulta prossima a pubblica viabilità, ossia la Strada Provinciale SP 136; eventualmente si procederà con l’adeguamento della viabilità privata esistente derivata dalla suddetta SP, attualmente utilizzata per accedere alla SE RTN. Tale viabilità consente di raggiungere gli ingressi ed il locale di consegna dell’alimentazione in Media Tensione della SE RTN.

Eventuali aree accessorie ad occupazione temporanea, da dedicare alla gestione dei materiali e/o alla logistica del cantiere, potranno essere ricavate all’interno del perimetro destinato ad ospitare l’ampliamento della SE RTN o nelle immediate vicinanze.

4. ANALISI DEL TERRITORIO

4.1. Individuazione dell’area

Va subito precisato che la zona di cui ci si occupa appare favorevole in quanto trattasi di territorio senza dislivelli significativi.

Attraverso l’analisi cartografica e con sopralluoghi sul territorio si è optato per un ampliamento della SE RTN in continuità a quest’ultima; la scelta è stata effettuata dopo aver esaminato i rischi territoriali presenti in un’area comunque prossima a quella della SE RTN esistente, idonea ad ospitare le opere da realizzare, la sovrapposizione sul territorio di fattori naturali (orografia, idrografia, vegetazione, ecc.) e antropici (edificato preesistente, tipologia di uso del suolo, pianificazione, ecc.).

L’attività edificatoria del comune di San Martino in Pensilis è disciplinata dal Piano Regolatore Generale; l’area di intervento ricade al di fuori del perimetro urbano, in area identificata come “E”, agricola, come risulta evidente nella cartografia allegata; in tale area normalmente sono consentite solo le trasformazioni finalizzate all’esercizio dell’attività produttiva e di commercializzazione agricola. Tuttavia l’intervento, avendo le caratteristiche di opera indifferibile, urgente e di pubblica utilità (D.Lgs. 387/03 art. 12 comma 1), risulta comunque compatibile con la destinazione d’uso dell’area in esame anche in considerazione della presenza dell’attuale SE RTN e di un’altra vicina stazione di elevazione AT/MT, presumibilmente connessa ad uno o più impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

4.2. Geologia del territorio

Dal punto di vista geologico, come rilevabile dalla carta geologica dell'Ispra in scala 1:100.000 foglio n. 155 si rileva che il sito è posto in una zona interessata da "coperture fluviali del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore Humico (paleosuolo forestale)" e/o "alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine di terrazzi"; pertanto, si ritiene che la natura del terreno e la sua consistenza possano fornire discrete condizioni geotecniche, specialmente nella aree interessate dalle ghiaie cementate. Resta inteso che nel caso in cui vi siano aree con affioramenti superficiali contenenti l'humus sopra descritto, tale zona andrà opportunamente bonificata.

Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia Ispra consultata:

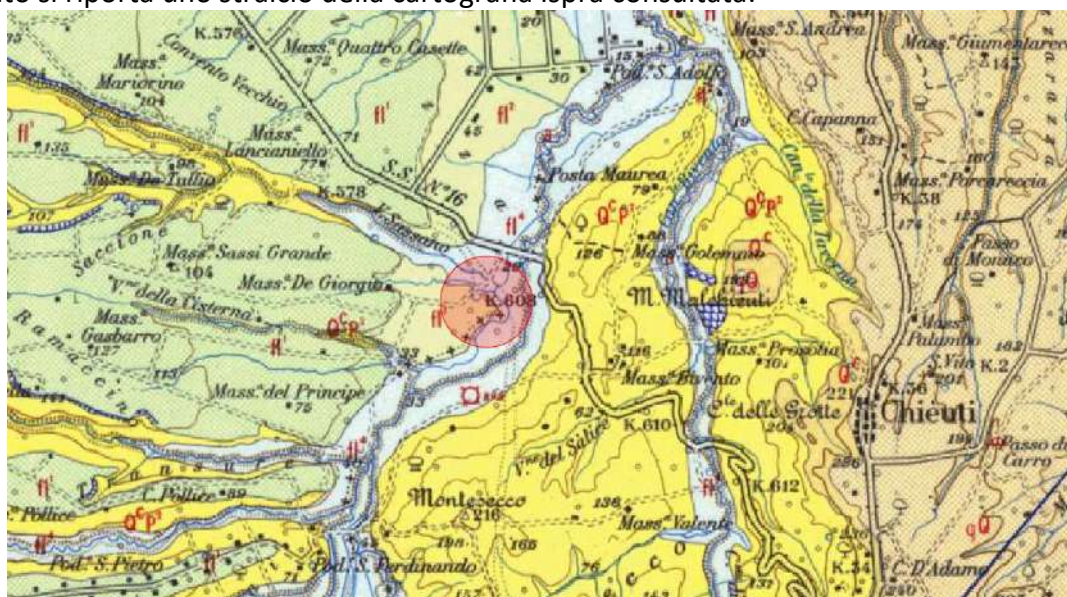


Figura 5 – individuazione della macro area esaminata su carta geologica (fonte Ispra)

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione specifica allegata (documento SMR_201901747_PTO_19-01 – Relazione Geologica).

4.3. Vincoli territoriali analizzati

All'interno dell'ambito territoriale in esame è stata effettuata la verifica del quadro vincolistico e di quello pianificatorio. Il risultato dell'attività di ricerca delle varie fonti disponibili e della selezione di quelle che presentano il dettaglio maggiore, è riportato nei seguenti sottoparagrafi.

Si evidenzia che il progetto rispetta le distanze dalle infrastrutture esistenti, così come previsto dalla normativa di settore.

4.3.1. Vincoli paesaggistici D.Lgs 42/2004 s.m.i.

Sono stati presi in considerazione e cartografati i seguenti vincoli ai sensi del D. Lgs 42/2004:

- Aree vincolate ai sensi del D.lgs 42/2004 e smi, art. 136 e 157
- Aree vincolate ai sensi del D.lgs 42/2004 e smi, art. 142, lett. a), b), c), d), e), f), g), h), i) e m)
- Vicinanza a beni architettonici vincolati

nonché:

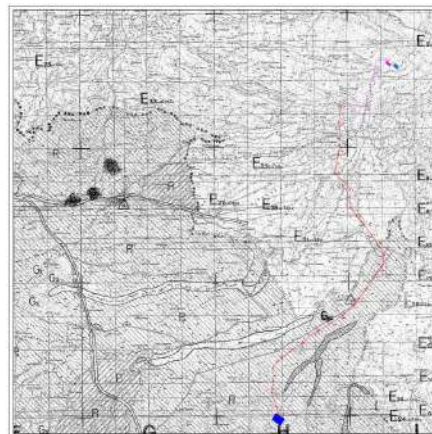
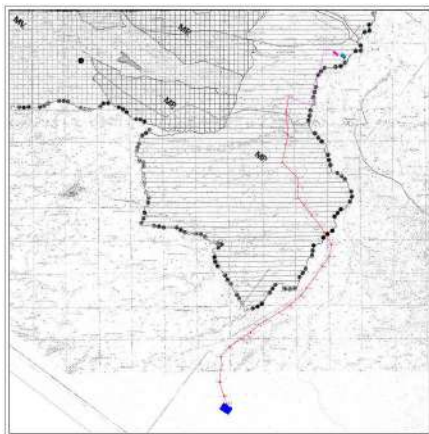
Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

- Aree della Rete Natura 2000 costituita, ai sensi della Direttiva "Habitat", dai Siti d'Importanza Comunitaria (SIC) e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) prevista dalla Direttiva "Uccelli";
- Aree a pericolosità idraulica (Autorità di Bacino);
- Aree a pericolosità da frana (Autorità di Bacino);
- Aree a rischio (Autorità di Bacino);
- Aree perimetrate dal Piano Paesaggistico Regionale.

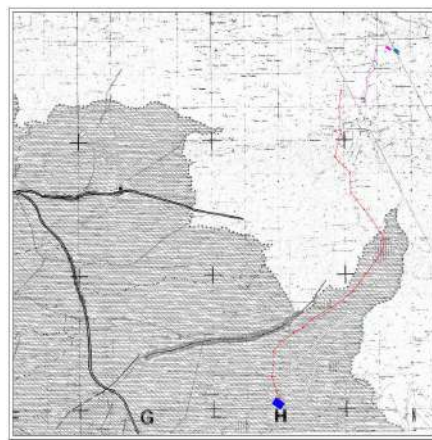
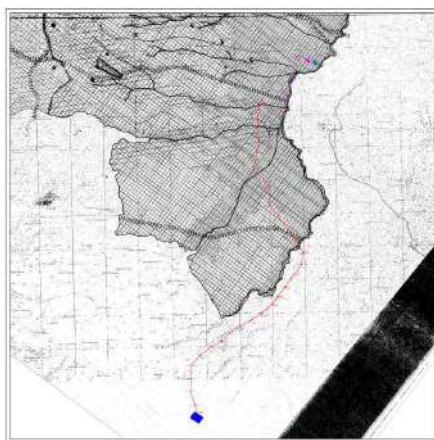
Il Piano Paesistico Territoriale Ambientale è stato redatto nel 1989 ed è composto da una serie di carte tematiche che evidenziano le particolarità del territorio. L'intero territorio regionale è stato diviso in 8 aree, ognuna di esse ha caratteristiche morfologiche e culturali omogenee.

Le aree vaste che interessano il progetto oggetto di tale relazione ricadono sommariamente nella Area Vasta 1 "Basso Molise" dove ricade il comune di San Martino in Pensilis e nell' Area Vasta 2 "Lago di Guardialfiera".

Di seguito si propongono estratti cartografici da cui si evince la posizione dell'ampliamento della stazione RTN in relazione alla Carta della Trasformabilità del Territorio e Carta delle Qualità del territorio.



**Figura 6 – individuazione della macro area esaminata su cartografia allegata al PTPA – Regione Molise.
Estratto carta della Trasformabilità del territorio.**



**Figura 7 – individuazione della macro area esaminata su cartografia allegata al PTPA – Regione Molise.
Estratto carta della Qualità del territorio.**

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

Nella successiva figura è riportato l'inquadramento dei vincoli e delle aree di tutela nell'area vasta di intervento.



Figura 8 – individuazione della macro area esaminata su carta della Rete Natura 2000.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

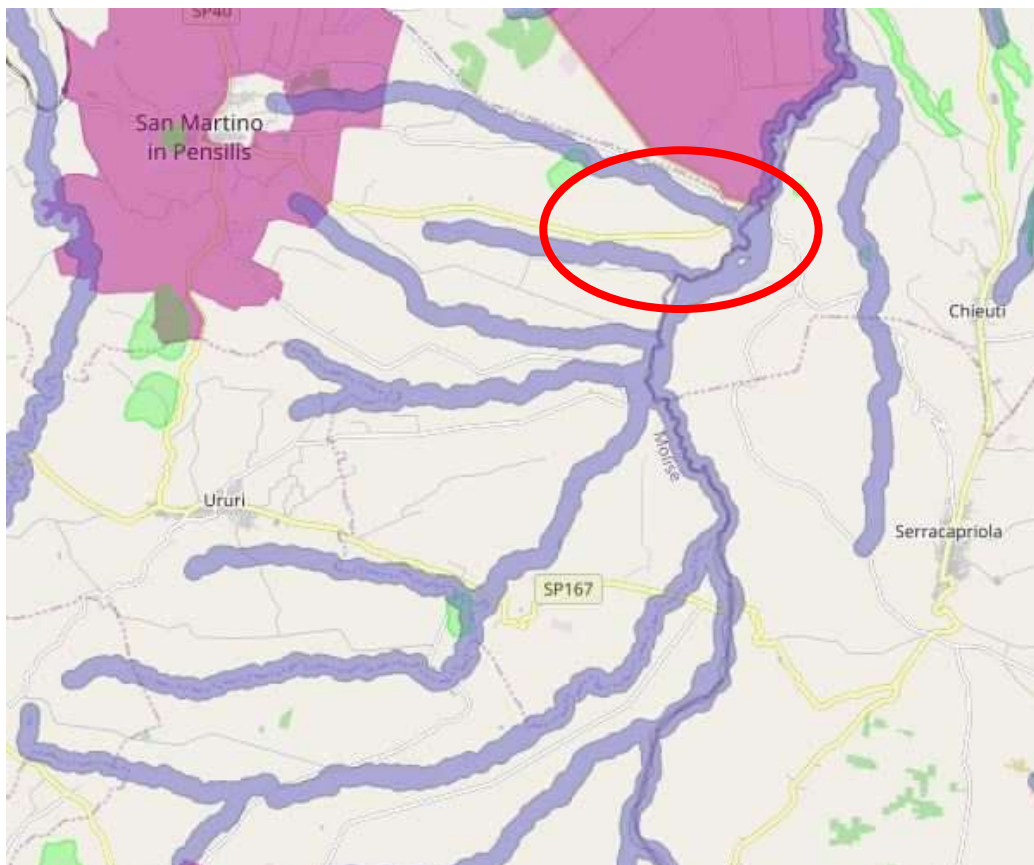


Figura 9 – individuazione dell’area esaminata su carta dei vincoli secondo il D.Lgs. 42/2004.

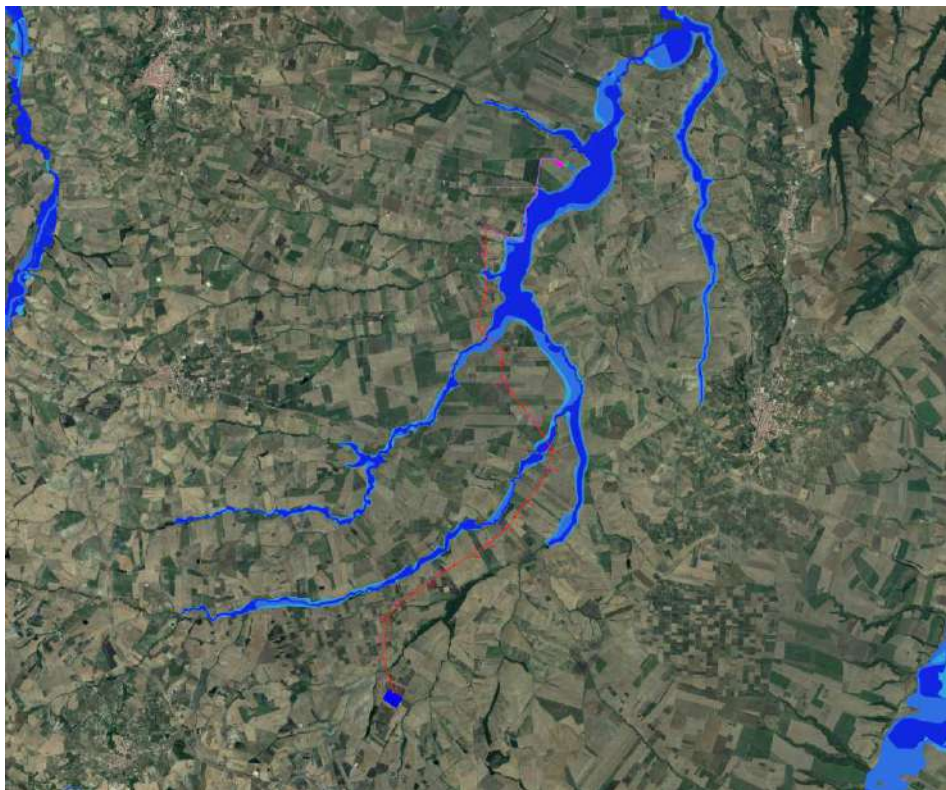


Figura 10 – individuazione dell’area esaminata in riferimento alle aree a pericolosità di inondazione – PAI.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

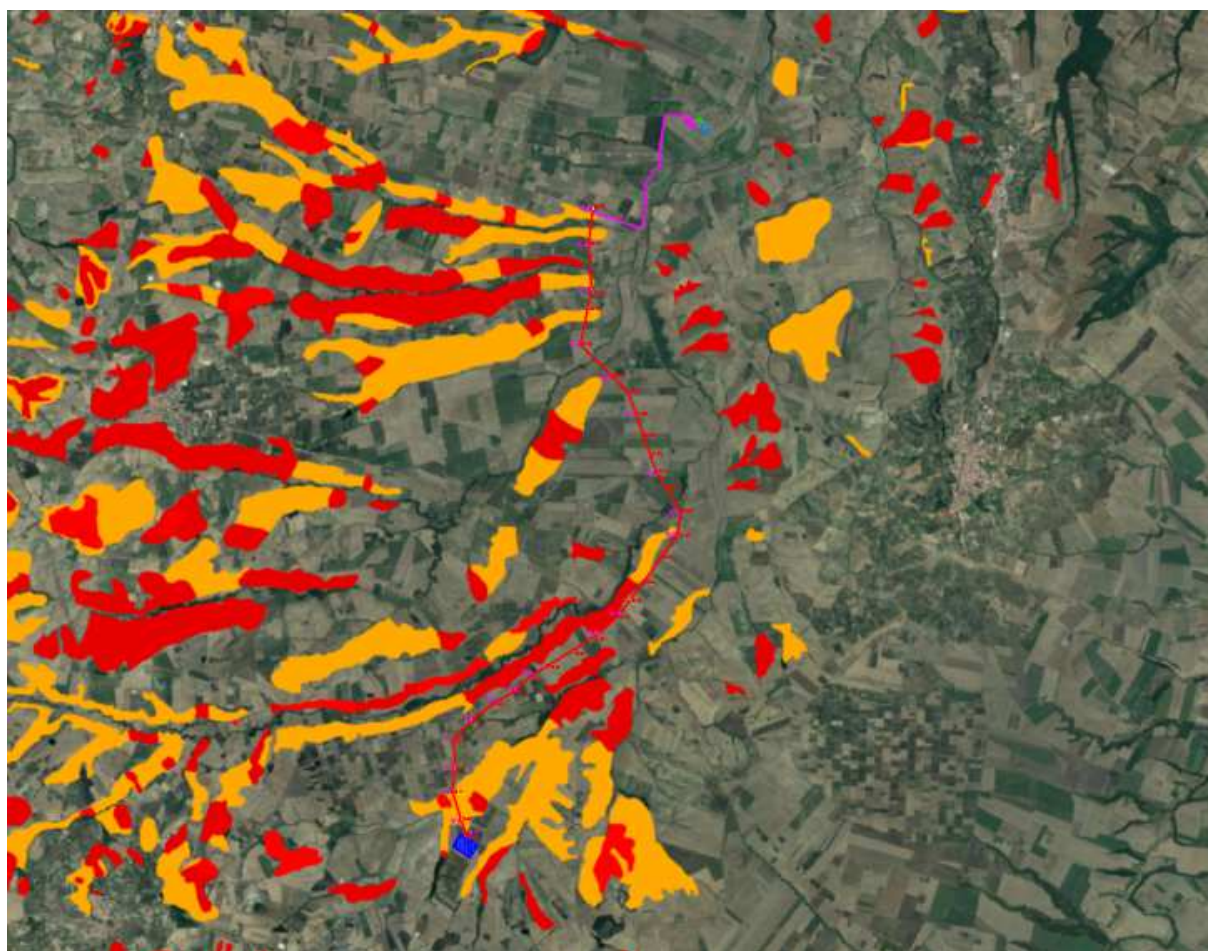


Figura 11 – individuazione dell’area esaminata in riferimento alle aree a pericolosità da frana – PAI.

Pertanto la nuova opera RTN non interferisce con nessuno dei vincoli sopra esposti.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

5. DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

Il nuovo ampliamento della Stazione Elettrica di San Martino in Pensilis sarà composto da una sola sezione a 150 kV in doppia sbarra, come riportato nella allegata planimetria elettromeccanica (tav. SMR_201901747_PTO_08-00) e nel seguente stralcio:

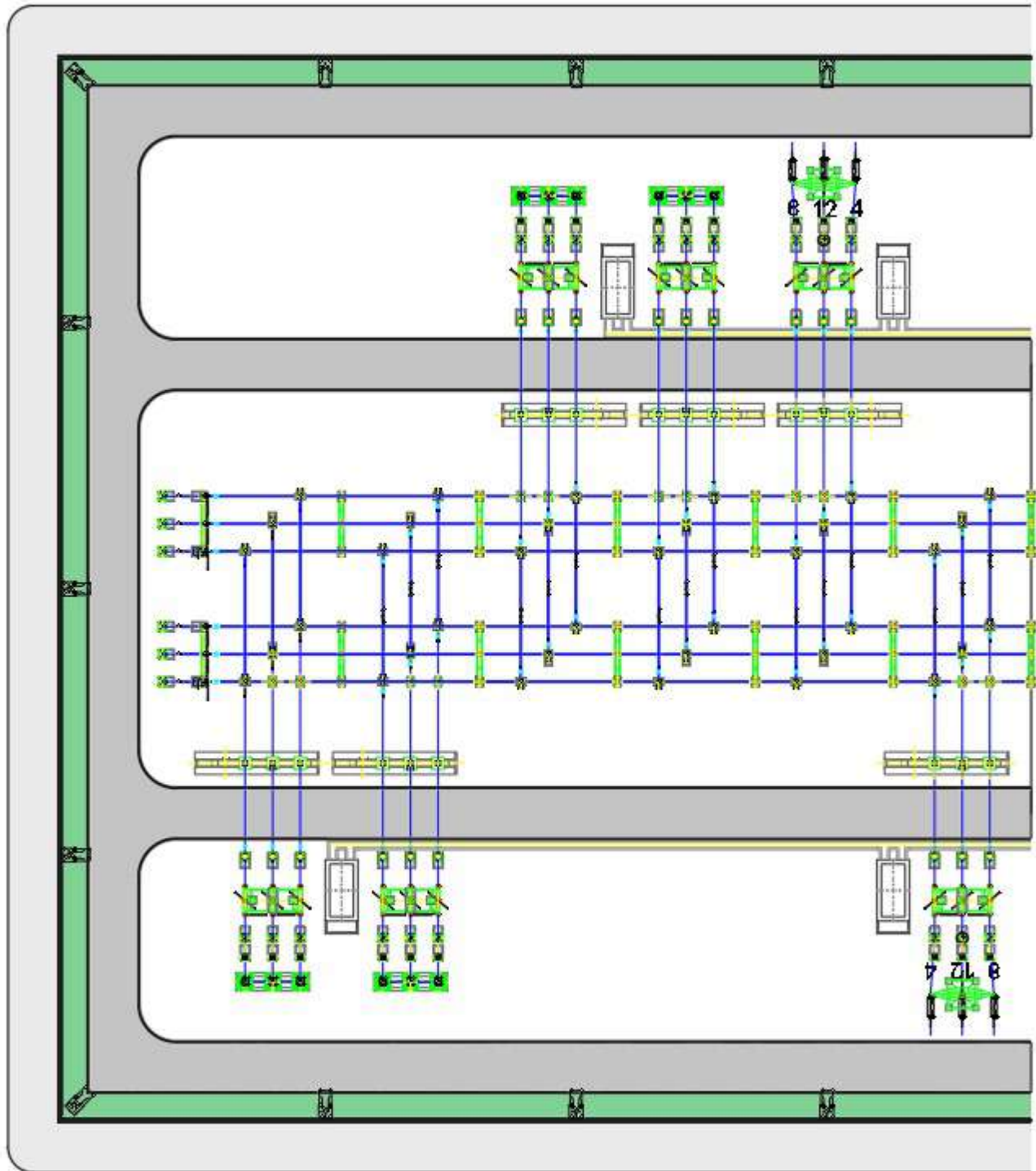


Figura 12 – planimetria elettromeccanica

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

5.1. Disposizione Elettromeccanica

La sezione a 150 kV sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n° 1 sistema a doppia sbarra;
- n° 2 stalli linea aerea;
- n° 4 stalli linea interrata.

Ogni “montante linea” (o “stallo linea”) sarà equipaggiato con sezionatori di sbarra verticali, interruttore SF6, sezionatore di linea orizzontale con lame di terra, TV e TA per protezioni e misure.

I “montanti parallelo sbarre” saranno equipaggiati con sezionatori di sbarra verticali, interruttore in SF6 e TA per protezione e misure.

L'altezza massima delle parti d'impianto sarà di 18,50 m, avendo previsto arrivi in aereo, mentre le sbarre interne a 150 kV avranno altezza di 7,50 m; per quanto riguarda le linee interrate, le stesse si attesteranno su idonei terminali e scaricatori AT.

Nell'ampliamento non è prevista né la installazione di Trasformatori Induttivi di Potenza (T.I.P.) sulla sezione a 150 kV né di condensatori di rifasamento sulla sezione a 150 kV.

5.2. Servizi Ausiliari

I Servizi Ausiliari (S.A.) dell'ampliamento saranno alimentati dagli esistenti trasformatori MT/BT derivati dalla rete MT locale; al momento non è prevista la realizzazione di un gruppo elettrogeno di emergenza che assicuri l'alimentazione dei servizi essenziali in caso di mancanza di tensione alle sbarre dei quadri principali BT.

Le utenze fondamentali quali protezioni, comandi interruttori e sezionatori, segnalazioni, ecc. saranno alimentate in corrente continua a 110 V tramite batterie tenute in tampone da raddrizzatori.

5.3. Impianto di Terra

La rete di terra dell'ampliamento della stazione interesserà l'area recintata dell'impianto e sarà connessa alla rete di terra esistente. Il dispersore dell'impianto ed i collegamenti dello stesso alle apparecchiature, saranno realizzati secondo l'unificazione TERNA per le stazioni a 150 kV e quindi dimensionati termicamente per una corrente di guasto convenzionale pari a 31,5 kA per 0,5 ms. Esso sarà costituito da una maglia realizzata in corda di rame da 63 mm² interrata ad una profondità di circa 0,7 m composta da maglie regolari di lato adeguato. Il lato della maglia sarà scelto in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi, secondo quanto previsto dalle norme CEI EN 50522 (CEI 99-2 e 99-3) e CEI EN 61936-1.

Nei punti sottoposti ad un maggiore gradiente di potenziale, le dimensioni delle maglie saranno opportunamente infittite, come pure saranno infittite le maglie nella zona apparecchiature per limitare i problemi di compatibilità elettromagnetica.

Tutte le apparecchiature saranno collegate al dispersore mediante quattro corde di rame con sezione di 125 mm².

Al fine di contenere i gradienti in prossimità dei bordi dell'impianto di terra, le maglie periferiche presenteranno dimensioni opportunamente ridotte e bordi arrotondati.

5.4. Fabbricati

Nella nuova SE RTN sarà prevista la realizzazione dei seguenti edifici:

- chioschi per apparecchiature elettriche.

Di seguito si riportano le descrizioni e le dimensioni dell'edificio sopra elencate.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

5.4.1. Chioschi per apparecchiature elettriche

I chioschi sono destinati ad ospitare i quadri di protezione, comando e controllo periferici; devono avere pianta rettangolare con dimensioni esterne di m 2,40 x 4,80 m ed altezza da terra massima di m 3,10 circa, su unico piano; di seguito si riporta uno stralcio planimetrico:

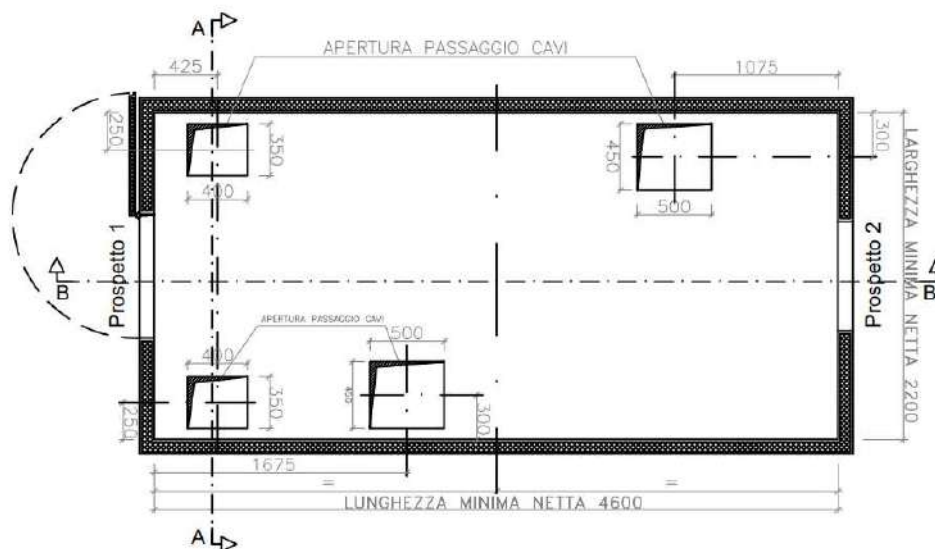


Figura 13 – planimetria chioschi

Ogni chiosco avrà una superficie coperta di 11,50 m² e volume di 34,50 m³

La struttura dovrà essere di tipo prefabbricato con pannellature coibentate in lamiera zincata e preverniciata, conforme alla Specifica Tecnica TERNA INGCH01. La copertura a tetto piano deve essere opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi devono essere realizzati in alluminio anodizzato naturale.

5.4.2. Ulteriori manufatti fuori terra ed interrati adibiti a diverse funzioni

Al momento non si segnala la necessità di prevedere ulteriori manufatti fuori terra o interrati, in quanto l'ampliamento godrà di quelli ubicati nella sezione esistente.

5.5. Rete di smaltimento acque bianche e nere

Lo smaltimento delle acque meteoriche di strade e piazzali asfaltati, dovrà essere assicurato da una rete di raccolta superficiale, costituita da pozzetti in cls prefabbricati muniti di caditoie o coperture in ghisa. Le tubazioni saranno preferibilmente in PVC serie pesante adeguatamente rinfiancate in cls; per particolari esigenze di carattere progettuale, si potrà valutare l'utilizzo di tubazioni in cls. Le reti di scarico delle acque piovane saranno in grado di convogliare con regolarità e sicurezza, senza entrare in pressione, le portate in esse defluenti nelle peggiori condizioni in relazione alle caratteristiche pluviometriche del sito.

In fase esecutiva si valuterà se il sistema di raccolta e smaltimento esistente delle acque di prima pioggia ha una capacità idonea tale da poter essere connesso alla rete di raccolta dell'area in ampliamento o se quest'ultima dovrà essere indipendente e connessa ad un proprio sistema di trattamento e smaltimento, con individuazione di un idoneo corpo recettore. In quest'ultimo caso, nell'ipotesi in cui si verificassero delle difficoltà nello smaltimento delle acque meteoriche, dovute

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

all'assenza o all'eccessiva lontananza di un idoneo ricettore, che comportino eccessive ripercussioni sui costi di realizzazione, o nel caso in cui il percorso della condotta di scarico dovesse attraversare altre proprietà, potranno essere previste, previo accertamenti sulla fattibilità (rilascio di autorizzazioni), pozzi disperdenti o pavimentazioni autodrenanti. Tali scelte progettuali saranno preventivamente concordate con Terna.

5.6. Attività soggette a controllo prevenzione incendi

Nell'ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis non sono previste installazioni di apparecchiature sottoposte alla Prevenzione Incendi (DPR 151/2011).

5.7. Apparecchiature

Le principali apparecchiature costituenti gli stalli a 150 kV dell'ampliamento della stazione esistente saranno interruttori, sezionatori, trasformatori di tensione e di corrente, scaricatori, bobine sbarramento onde convogliate per la trasmissione dei segnali.

Le principali caratteristiche tecniche complessive delle nuove installazioni saranno le seguenti:

Sezione 150 kV

tensione massima sezione 150 kV	170	kV
frequenza nominale	50	Hz
correnti limite di funzionamento permanente		
• sbarre 150 kV		2.000 A
• stalli linea e ATR 150 kV		1.000 A
potere di interruzione interruttori 150 kV	31,5 (o 40)	kA
corrente di breve durata 150 kV	31,5 (o 40)	kA
condizioni ambientali limite	-25/+40°C	
salinità di tenuta superficiale degli isolamenti	40	g/l

5.8. Varie

5.8.1. Illuminazione

Al fine di garantire la manutenzione e la sorveglianza delle apparecchiature anche nelle ore notturne, si rende indispensabile l'installazione di un sistema di illuminazione dell'area della nuova stazione ove sono presenti le apparecchiature ed i macchinari.

Saranno installate, pertanto, n. 11 pali tipo armatura stradale H 9 m, in vetroresina, per l'illuminazione perimetrale, in continuità a quelle esistenti.

L'illuminazione perimetrale degli edifici sarà realizzata mediante armature fissate sulle pareti esterne dell'edificio.

5.8.2. Viabilità interna e finiture

Le aree interessate dalle apparecchiature elettriche saranno sistemate con finitura a ghiaietto, mentre le strade e piazzali di servizio destinati alla circolazione interna, saranno pavimentate con binder e tappetino di usura in conglomerato bituminoso e delimitate da cordoli in calcestruzzo prefabbricato.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

5.8.3. Recinzione

La recinzione perimetrale sarà del tipo cieco realizzata interamente in cemento armato o in pannelli in calcestruzzo prefabbricato, di altezza 2,5 m fuori terra, in continuità a quella esistente. Inoltre è prevista la demolizione del tratto di recinzione esistente confinante con l'area prevista per l'ampliamento, in modo da avere un'area unica.

5.8.4. Vie cavi

I cunicoli per cavetteria saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, oppure prefabbricati con coperture asportabili carrabili e connessi a quelli esistenti.

Le tubazioni per cavi MT o BT saranno in PVC, serie pesante.

Lungo le tubazioni ed in corrispondenza delle deviazioni di percorso, saranno inseriti pozzetti ispezionabili di opportune dimensioni.

6. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le principali norme di riferimento sulla disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo sono:

- Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. – *“Norme in materia ambientale”*. (G.U. Serie Generale n. 88 del 14/04/2006 – Supplemento Ordinario n. 96);
- DPR 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. (17G00135)”* (GU Serie Generale n.183 del 07-08-2017);
- Decreto Ministeriale 05 febbraio 1998 e s.m.i. – *“Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22”*. (G.U. Serie Generale n. 88 del 16/04/1998 – Supplemento Ordinario n. 72).

Come descritto nei paragrafi precedenti gli interventi principali sono:

- movimenti terra finalizzati al raggiungimento della quota di progetto, sia per la SE RTN che per la nuova viabilità di accesso;
- demolizione di eventuali fondazioni/opere in ca esistenti nelle aree dove sono previste le nuove opere;
- realizzazione delle nuove fondazioni delle apparecchiature e relative vie cavo;
- realizzazione della viabilità interna, perimetrale e di accesso alla stazione con realizzazione di nuova fondazione stradale, cordoni e manto stradale.

Si segnala che per l'esecuzione dei lavori non saranno utilizzate tecnologie di scavo con impiego di prodotti tali da contaminare suolo e sottosuolo. Il materiale di risulta dello scavo, di natura prevalentemente antropica, data la profondità degli scavi e la finitura del piazzale, verrà opportunamente depositato in apposite aree di stoccaggio temporaneo in attesa di caratterizzazione e di conferimento ad idoneo impianto di destinazione.

Per la quota parte di terre e rocce da scavo, da destinare al riutilizzo verranno eseguiti indagini preliminari al fine di valutarne la qualità ambientale in conformità all'All. 4, D.P.R 120/17.

Di seguito si riporta il riepilogo delle quantità di terra da movimentare:

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

Nome	Area Totale	Volumi totali		Eccedenza
		Volume Scavo	Volume Riporto	
Spianamenti	7202,913	15,257	10681,391	10666,134

Tab.1 – Bilancio movimenti terra per ampliamento della SE RTN

Come si evince dalla tabella sopra riportata, la quantità di terreno da riportare è superiore a quella di scavo; pertanto il riutilizzo nello stesso sito di produzione delle terre dovrà avvenire, allo stato naturale, secondo i requisiti di cui all'art.185 del D.Lgs 152/06 e i disposti dell'art. 24 del DPR 120/17.

Nel caso di non rispetto dei requisiti di cui sopra le terre e rocce saranno gestiti come rifiuti secondo quanto previsto dalla Parte IV del DLgs.152/06.

Si assevera inoltre di rientrare nel campo di applicazione del Comma 3 dell'Art. 24 del D.P.R. 13 Giugno 2017 n.120 (opere o attività sottoposte a VIA); pertanto la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sarà effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso la presentazione di un «*Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti*» che dovrà rispettare i contenuti minimi previsti dalla normativa (D.P.R. 120/2017, art. 24, comma 3).

Negli altri casi di riutilizzo come sottoprodotto (fuori sito o in sito dopo operazioni di normale pratica industriale), prima dell'inizio si applicheranno le disposizioni degli art. 20 e 21 del DPR 120/17.

La realizzazione delle opere di cui sopra comporterà i movimenti terra riportati nelle tabelle sopra indicate; tali stime saranno affinate in sede di progettazione esecutiva. È quindi possibile ipotizzare la seguente tabella di riepilogo relativa al riutilizzo del materiale scavato:

Descrizione intervento	Volume scavo	Volume di TRS riutilizzate	Volume di TRS gestite come rifiuto
Costruzione di Stazioni Elettriche	15,257 m ³	15,257 m ³	0 m ³

Tab.2 – Bilancio movimenti terra per ampliamento SE RTN

Ciò premesso, si precisa quanto segue:

- l'eventuale pavimentazione stradale asportata, in quanto ricade nella categoria "rifiuti", con codice 17 03 02 "miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 1703 01", come indicate nell'allegato D al D.Lgs 152/06, verrà conferita a discarica autorizzata oppure a impianto autorizzato per la produzione di conglomerato bituminoso con materiali di recupero;
- l'eventuale demolizione dei manufatti in c.a., in quanto ricade nella categoria "rifiuti", con codice 17 01 01 "Conglomerato cementizio non armato", come indicate nell'allegato D al D.Lgs 152/06, verrà conferita a discarica autorizzata oppure a impianto autorizzato per la produzione di riciclati per sottofondi stradali;

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

- al momento non si prevede il completo riutilizzo del terreno oggetto di scavo; la quantità residua sarà allontanata dal cantiere non trovando possibilità di reimpiego all'interno dello stesso, e sarà, dunque, gestito come rifiuto secondo quanto previsto dalla parte IV del DLgs 152/06.

7. CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori è illustrato nel doc. SMR_201901747_PTO_20A-01.

La fattibilità tecnica delle opere ed il rispetto dei vincoli di propedeuticità potranno condizionare le modalità ed i tempi di attuazione.

8. RUMORE

Nella stazione elettrica saranno presenti esclusivamente macchinari di tipo statico (TV e TA), che costituiscono una modesta sorgente di rumore, ed apparecchiature elettriche, che costituiscono fonte di rumore esclusivamente in fase di manovra (interruttori e sezionatori).

I macchinari che saranno installati nella stazione sono a bassa emissione acustica.

Il livello di emissione di rumore sarà in ogni caso in accordo ai limiti fissati dal D.P.C.M. 1 marzo 1991, dal D.P.C.M. 14 novembre 1997 e secondo le indicazioni della legge quadro sull'inquinamento acustico (Legge n. 477 del 26/10/1995), in corrispondenza dei recettori sensibili. Al fine di ridurre le radio interferenze dovute a campi elettromagnetici, l'impianto sarà inoltre progettato e costruito in accordo alle raccomandazioni riportate nei parr. 4.2.6 e 9.6 della Norma CEI EN 61936-1.

9. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

L'impianto sarà progettato e costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003). Si rileva che nella stazione, che sarà normalmente esercita in tele-conduzione, non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

Negli impianti unificati Terna, con isolamento in aria, sono stati eseguiti rilievi sperimentali per la misura dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni d'esercizio (Allegato A), con particolare riguardo ai punti dove è possibile il transito del personale (viabilità interna).

Normalmente i valori massimi di campo magnetico si presentano in corrispondenza degli ingressi di linee aeree a 150 kV, comunque non presenti nel nostro caso.

Detti rilievi, data l'unificazione dei componenti e della disposizione geometrica, sono estendibili a tutte le stazioni elettriche TERNA.

In sintesi, i campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa.

10. AREE IMPEGNATE

L'elaborato contenente la planimetria catastale (tav. SMR_201901747_PTO_06B-01) riporta l'estensione delle aree impegnate dalla stazione della quale fanno parte l'area di stazione e la relativa area esterna di rispetto dalla recinzione.

I terreni ricadenti all'interno di detta area, risulteranno soggetti al vincolo preordinato all'esproprio.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

I proprietari dei terreni interessati dalle aree impegnate (ed aventi causa delle stesse) e relativi numeri di foglio e particelle sono riportati nell' "Elenco dei beni soggetti all'apposizione del vincolo preordinato all'esproprio" (doc. SMR_201901747_PTO_23-01), come desunti dal catasto.

11. SICUREZZA NEI CANTIERI

I lavori si svolgeranno in ossequio alla normativa vigente in materia di sicurezza (in particolare il Testo Unico Sicurezza D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.).

Pertanto, ai sensi della predetta normativa, in fase di progettazione esecutiva Terna Rete Italia provvederà a nominare un Coordinatore per la progettazione (CSP) abilitato che redigerà il Piano di Sicurezza e di Coordinamento e il fascicolo tecnico dell'opera. Successivamente, in fase di realizzazione dell'opera, sarà nominato un Coordinatore per l'esecuzione dei lavori (CSE), anch'esso abilitato, che vigilerà durante tutta la durata dei lavori sul rispetto da parte delle ditte appaltatrici delle norme di legge in materia di sicurezza e delle disposizioni previste nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento.

12. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In questo capitolo si riportano i principali riferimenti normativi alla base delle attività di progettazione, costruzione ed esercizio dell'intervento oggetto del presente documento (verificare eventuali aggiornamenti normativi).

12.1. Leggi

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n° 1775, "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239, "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- DPR 8 giugno 2001, n°327, "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e s.m.i.;
- Legge 24 luglio 1990, n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005, "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086, "Norme per la disciplina delle opere di

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato”;

- Decreto Interministeriale 21 marzo 1988, n. 449, "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne";
- Decreto Interministeriale 16 gennaio 1991, n. 1260, "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto Interministeriale del 05/08/1998, "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne";
- D.M. 17.01.2018, Norme tecniche per le costruzioni;
- D.M. 03.12.1987, Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- CNR 10025/98, Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo;
- D.Lgs n. 192 del 19 agosto 2005, Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

12.2. Norme tecniche CEI/UNI

- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998-09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, · 2002- 06;
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02;
- CEI EN 61936-1, "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - Parte 1: Prescrizioni comuni", prima edizione, 2011-07;
- CEI EN 50522, "Messa a terra degli impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.", prima edizione, 2011-07;
- CEI 33-2, "Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi" , terza edizione, 1997;
- CEI 36-12, "Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V", prima edizione, 1998;
- CEI 57-2 , "Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata", seconda edizione, 1997;
- CEI 57-3, "Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate", prima edizione, 1998;
- CEI 64-2, "Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione" quarta edizione", 2001;

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

- CEI 64-8/1, “Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua”, sesta edizione, 2007;
- CEI EN 50110-1-2, “Esercizio degli impianti elettrici”, prima edizione, 1998-01;
- CEI EN 60076-1, “Trasformatori di potenza”, Parte 1: Generalità, terza edizione, 1998;
- CEI EN 60076-2, “Trasformatori di potenza Riscaldamento”, Parte 2: Riscaldamento, terza edizione, 1998;
- CEI EN 60137, “Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1000 V”, quinta edizione, 2004;
- CEI EN 60721-3-4, “Classificazioni delle condizioni ambientali”, Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 4: Uso in posizione fissa in luoghi non protetti dalle intemperie, seconda edizione, 1996;
- CEI EN 60721-3-3, “Classificazioni delle condizioni ambientali e loro severità”, Parte 3: Classificazione dei gruppi di parametri ambientali e loro severità, Sezione 3: Uso in posizione fissa in luoghi protetti dalle intemperie, terza edizione, 1996;
- CEI EN 60068-3-3, “Prove climatiche e meccaniche fondamentali”, Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature, prima edizione, 1998;
- CEI EN 60099-4, “Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata”, Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata, seconda edizione, 2005;
- CEI EN 60129, “Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000 V”, 1998;
- CEI EN 60529, “Gradi di protezione degli involucri”, seconda edizione, 1997;
- CEI EN 62271-100, “Apparecchiatura ad alta tensione”, Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione, sesta edizione, 2005;
- CEI EN 62271-102, “Apparecchiatura ad alta tensione”, Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione, prima edizione, 2003;
- CEI EN 60044-1, “Trasformatori di misura”, Parte 1: Trasformatori di corrente, edizione quarta, 2000;
- CEI EN 60044-2, “Trasformatori di misura”, Parte 2: Trasformatori di tensione induttivi, edizione quarta, 2001;
- CEI EN 60044-5, “Trasformatori di misura”, Parte 5: Trasformatori di tensione capacitivi, edizione prima, 2001;
- CEI EN 60694, “Prescrizioni comuni per l’apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione”, seconda edizione 1997;
- CEI EN 61000-6-2, “Compatibilità elettromagnetica (EMC)”, Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali, terza edizione, 2006;
- CEI EN 61000-6-4, “Compatibilità elettromagnetica (EMC)”, Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali, seconda edizione, 2007;
- UNI EN 54, “Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio”, 1998;
- UNI 9795, “Sistemi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale d’incendio”, 2005.

12.3. Prescrizioni tecniche diverse

- Progetto unificato Terna per stazioni elettriche

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

13. RELAZIONI

Costituiscono parte integrante della seguente relazione i seguenti allegati:

- Allegato A
- Relazione tecnico-descrittiva del raccordo San Martino in Pensilis - Rotello – SMR_201901747_PTO_12-01;
- Relazione geologica preliminare – SMR_201901747_PTO_19-01.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

ALLEGATO A

Campi elettrici e magnetici generati dalle stazioni di trasformazione con isolamento in aria

La fig. 1 sotto riportata mostra la planimetria di una tipica stazione 380/132 kV della Terna all'interno della quale è stata effettuata una serie di misure di campo elettrico e magnetico al suolo.

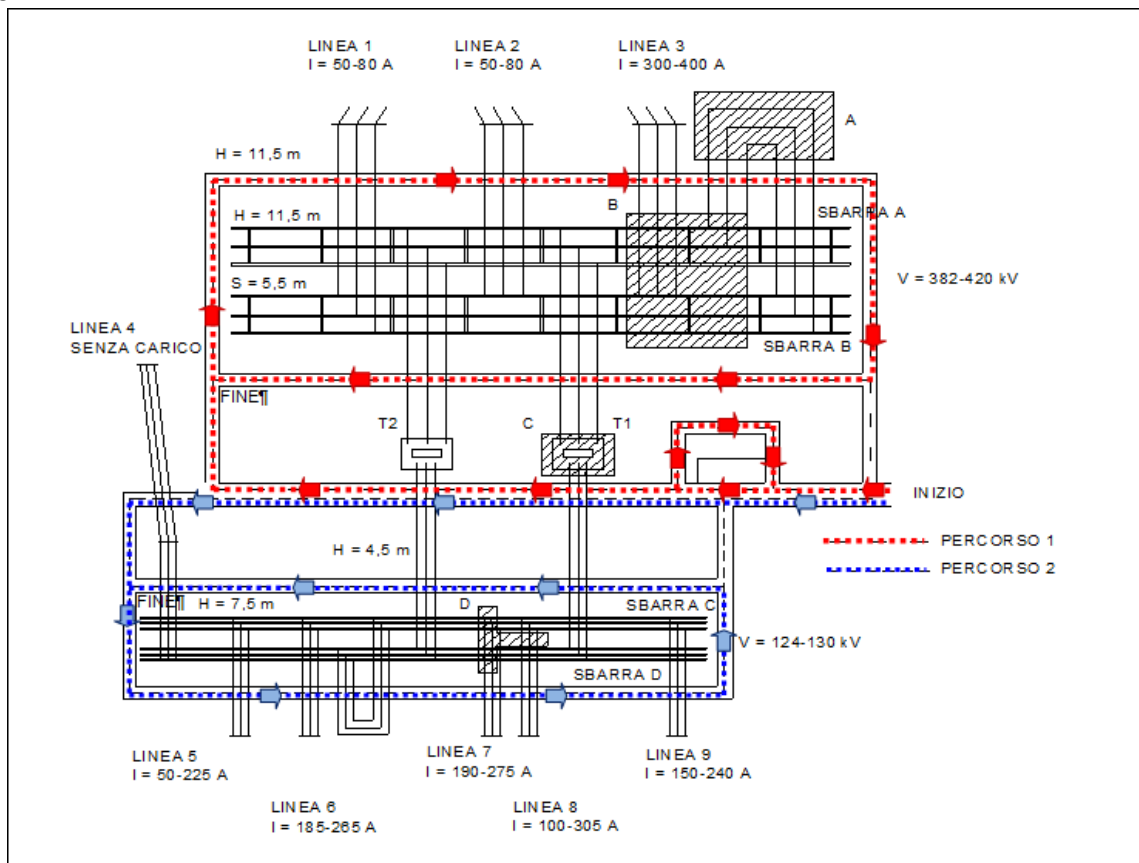


Figura 14–Pianta di una tipica stazione 380/132 kV con l'indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H), e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le misurazioni di campo elettrico e magnetico.

La stessa Fig. 15 fornisce l'indicazione delle principali distanze fase-terra e fase-fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure. Sono inoltre evidenziate le aree all'interno delle quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portatili (aree A, B, C e D), mentre sono contrassegnate con frecce le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità detti campi). Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella successiva tabella 3 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la fig. 16 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n° 1, quello cioè che interessa

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9 20123 Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_01-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – ampliamento SE RTN.	Formato: A4
Data: 25/10//2021		Scala: n.a.

prevalentemente la parte a 380 kV della stazione. I valori massimi dei campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti aeree o in cavo, che sono contenuti nei valori prescritti dalla normativa vigente; l'impatto determinato dalla stazione è quindi compatibile con i valori prescritti dalla normativa stessa.

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (μ T)		
		E max	E min	E medio	B max	B min	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Tab.3 - Risultati di misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C e D di Fig.15

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile, la successiva Fig. 16 illustra i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso N.1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte a 380 kV della stazione. I valori massimi di campo elettrico e magnetico sono stati riscontrati in prossimità degli ingressi delle linee aeree aventi, a termini di legge, determinate D.P.A.

I valori massimi dei campi elettrici e magnetici esternamente all'area di stazione sono riconducibili ai valori generati dalle linee entranti aeree o in cavo, e quindi l'impatto determinato dalla stazione stessa è compatibile con i valori prescritti dalla vigente normativa. In tutti gli altri casi i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge. Terna ha effettuato analoghe misure anche all'interno di stazioni comprendenti impianti a 220 kV pervenendo a risultati simili; pertanto anche l'ampliamento della stazione oggetto del presente studio (150 kV) consentirà il rispetto della normativa vigente in tema di compatibilità elettromagnetica.

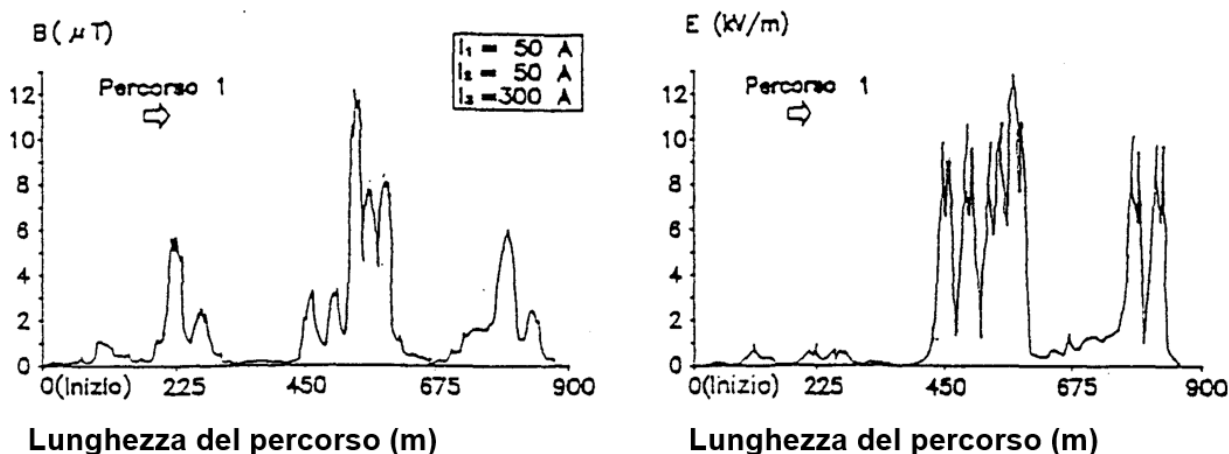


Figura 15 – Risultato delle misure dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig. 15.

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

IDENTIFICATIVO CATASTALE: Foglio 41 -
Particelle 38-49

PIANO TECNICO DELLE OPERE DI UNA STAZIONE ELETTRICA RTN DI SMISTAMENTO A 150 KV IN AGRO DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

Codice Pratica: 201901747

Tipo: Relazione tecnico descrittiva elettrodotto
aereo San Martino in Pensilis - Rotello
con schede recettori

Scala: n.a.

Elaborato:
201901747_PTO_12-01

Formato: A4

Data: Ottobre 2021

Committente:

SOLAR CENTURY FVGC 2 Srl
Via Caradosso 9 20123 - Milano (MI)
pec: sc-fvgc2@pec.it

MATE System Unipersonale srl

Via Papa Pio XII, n.8 | 70020 - Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 3072072
mail: info@matesystemsrl.it | pec: matesystem@pec.it

Progettista:
Ing. Antonio Terlizzi



Estremi per il benessere tecnico:

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	23/07/2021	1° Emissione - presentazione per benessere TERNA	CUSCITO	SPINELLI	TERLIZZI
01	25/10/2021	Revisione per gestione interferenze con altri impianti	SPINELLI	TERLIZZI	TERLIZZI

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Realizzazione dell'elettrodotto tra l'ampliamento della stazione elettrica di smistamento a 150 kV posta in agro di San Martino in Pensilis (CB) e la SE RTN di Rotello (CB).

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 2 Srl

Via Caradosso, n. 9
20123 – Milano (MI)
pec: sc-fvgc2@pec.it

PROGETTAZIONE:

MATE SYSTEM Srl Unip.

Via Papa Pio XII, n. 8
70020 – Cassano delle Murge (BA)
Ing. Antonio Terlizzi

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

Sommario

1. PREMESSE.....	3
2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA	3
3. UBICAZIONE DELL'INTERVENTO.....	4
3.1. ATTRAVERSAMENTI.....	5
3.2. COMPATIBILITÀ URBANISTICA	5
3.3. COMPATIBILITÀ VINCOLISTICA.....	5
3.4. COMPATIBILITÀ CON LE ATTIVITÀ SOGGETTE AL CONTROLLO DEI VIGILI DEL FUOCO	6
4. DESCRIZIONE DELLE OPERE	6
5. CRONOPROGRAMMA.....	7
6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA	7
6.1. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO.....	7
6.2. CARATTERISTICHE DEL CAVIDOTTO.....	7
6.3. SOSTEGNO PORTATERMINALI	9
6.4. DISTANZA TRA I SOSTEGNI	9
6.5. CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA	9
6.5.1. STATO DI TENSIONE MECCANICA.....	10
6.6. CAPACITÀ DI TRASPORTO	10
6.7. SOSTEGNI	11
6.8. ISOLAMENTO.....	12
6.8.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	12
6.8.2. CARATTERISTICHE ELETTRICHE.....	13
6.9. MOSRETTIERA ED ARMAMENTI.....	14
6.10. FONDAZIONI.....	15
6.11. MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI.....	16
7. RUMORE.....	16
8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO PRELIMINARE	16
9. TERRE E ROCCE DA SCAVO	16
10. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	17
11. AREE IMPEGNATE E POTENZIALMENTE IMPEGNATE	21
12. INTERFERENZA CON AREE MINERARIE	21
13. SCHEDE RECETTORI	23
14. VERIFICA ENAC – ENAV.	24

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

1. PREMESSE

Al fine di consentire la connessione alla RTN di alcuni impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, previsti nei comuni di San Martino in Pensilis (CB) e limitrofi, si rende necessaria l'ampliamento della stazione di smistamento nel medesimo territorio, il cui quadro in alta tensione (AT), isolato in aria, andrà esteso con una sezione a 150 kV con doppio sistema di sbarre e un nuovo elettrocondotto RTN a 150 kV di collegamento fra la stazione di cui sopra e la stazione di trasformazione RTN 380/150 kV di Rotello.

Nella fattispecie l'impianto fotovoltaico della Solar Century FVGC 2 srl ricadrà nel comune di Campomarino (CB) ed avrà una potenza in immissione pari a 46,632 MW.

Ai sensi della D.Lgs. 387/2003, art. 12 comma 1, *“le opere per la realizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli stessi impianti, autorizzate ai sensi del comma 3, sono di pubblica utilità ed indifferibili ed urgenti.”*; inoltre sempre ai sensi del medesimo D.Lgs. art. 12 comma 3 *“La costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili, gli interventi di modifica, potenziamento, rifacimento totale o parziale e riattivazione, come definiti dalla normativa vigente, nonché le opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio degli impianti stessi, ivi inclusi gli interventi, anche consistenti in demolizione di manufatti o in interventi di ripristino ambientale, occorrenti per la riqualificazione delle aree di insediamento degli impianti, sono soggetti ad una autorizzazione unica, rilasciata dalla regione o dalle province delegate dalla regione, ovvero, per impianti con potenza termica installata pari o superiore ai 300 MW, dal Ministero dello sviluppo economico, nel rispetto delle normative vigenti in materia di tutela dell'ambiente, di tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico, che costituisce, ove occorra, variante allo strumento urbanistico.”*.

2. MOTIVAZIONI DELL'OPERA

Il presente documento descrive in maniera dettagliata le caratteristiche tecniche e le opere necessarie per la realizzazione di un nuovo elettrocondotto misto (sia aereo che in cavo) a 150kV tra la Stazione Elettrica TERNA RTN 380/150kV di *“Rotello”* e la Stazione Elettrica TERNA RTN 150kV di *“San Martino in Pensilis”* opportunamente ampliata.

Le opere sopra elencate consentiranno di connettere il Parco Fotovoltaico della società Solar Century FVGC 2 srl alla rete RTN.

La scelta di utilizzare una soluzione *“ibrida”* è legata alla presenza di un progetto di un impianto fotovoltaico previsto in un'area limitrofa alla SE RTN di San Martino in Pensilis, in direzione sud-ovest; pertanto, al fine di evitare sovrapposizione tra le aree di impianto e quelle impegnate dall'elettrocondotto, il primo tratto di quest'ultimo è stato previsto con cavo interrato.

Nei paragrafi successivi sono definite le caratteristiche dell'elettrocondotto, mentre di seguito viene riportato uno stralcio della corografia di inquadramento dello stesso.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

- recare minor sacrificio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni dei terreni limitrofi;
- evitare, per quanto possibile, l'interessamento di aree urbanizzate o di sviluppo urbanistico;
- assicurare la continuità del servizio, la sicurezza e l'affidabilità della Rete di Trasmissione Nazionale;
- permettere il regolare esercizio e manutenzione dell'elettrodotto.

La progettazione delle opere è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

I soli comuni interessati dal passaggio dell'elettrodotto sono quelli di San Martino in Pensilis (nel quale è previsto anche l'ampliamento della SE RTN) e Rotello (CB).

3.1. ATTRAVERSAMENTI

L'elenco delle opere attraversate con il nominativo delle Amministrazioni competenti è riportato nell'elaborato cod. SMR201901747_PTO_18-01. Gli attraversamenti principali sono altresì evidenziati anche nella corografia in scala 1:25000: SMR_201901747_PTO_13-01.

3.2. COMPATIBILITÀ URBANISTICA

L'elaborato SMR_201901747_PTO_05B-01 e SMR_201901747_PTO_05C-01, riporta i tracciati dei nuovi interventi sovrapposti alle carte del Piano Regolatore Generale vigente; gli stessi ricadono in area identificata come "E", agricola. Tuttavia si ribadisce, che trattandosi di un intervento con caratteristiche di opera indifferibile, urgente e di pubblica utilità (D.Lgs. 387/03 art. 12 comma 1), lo stesso risulta comunque compatibile con la destinazione d'uso dell'area in esame.

3.3. COMPATIBILITÀ VINCOLISTICA

L'elaborato SMR_201901747_PTO_19-01 chiarisce perfettamente che l'area interessata dal nuovo elettrodotto (sia nella porzione aerea che in quella interrata) si trova in una zona assolutamente priva di vincoli, come previsti sia dalla normativa nazionale che da quelle regionali e comunali.

Al fine di fornire un quadro di valutazione il più ampio possibile si sono consultate le cartografie del Piano stralcio di assetto idrogeologico – PAI e la cartografia del Piano Territoriale Paesistico Ambientale, costituita da carte tematiche redatte dal 1989 e poi approvate alla fine del 1991; il territorio è stato diviso in 8 aree. Mentre l'ampliamento della SE RTN di San Martino in Pensilis ricade nell'area vasta n1 "Basso Molise", il tracciato dell'elettrodotto interessa in una prima parte l'area vasta n1; oltrepassato il confine amministrativo del comune di San Martino in Pensilis si rientra nel territorio comunale di Rotello. Il comune di Rotello è inserito nell'area vasta 2 "Lago di Guardialfiera".

Si propone di seguito una Mappa dei PTPAAV estratto dal sito della Regione Molise – servizio Beni Ambientali dove si evidenzia l'area di progetto, oggetto di tale elaborato.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrdotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

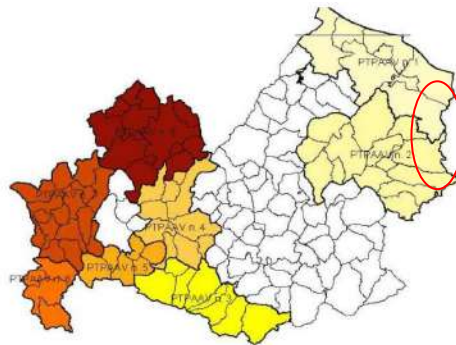


Figura 2 – individuazione dell’area destinata al nuovo elettrodotto/cavidotto su Mappa dei PTPAAV.

3.4. COMPATIBILITÀ CON LE ATTIVITÀ SOGGETTE AL CONTROLLO DEI VIGILI DEL FUOCO

Recependo quanto richiesto dal Ministero dell’Interno, Dipartimento Vigili del Fuoco, Soccorso Pubblico e Difesa Civile, con Lettera Circolare aggiornata del Ministero dell’Interno, VV.F., Prot.3300 del 06/03/2019 si è prestata particolare attenzione a verificare il rispetto delle distanze di sicurezza tra gli elettrodotti in progetto e le attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco o a rischio di incidente rilevante.

Gli elettrodotti pur non essendo soggetti ai controlli di prevenzione incendi perché non ricompresi nell’allegato I del DPR 151/11, potrebbero interferire con attività soggette al controllo dei Vigili del Fuoco o a rischio di incidente rilevante di cui al Decreto Legislativo 26 giugno 2015, n°105.

Dopo aver consultato l’inventario nazionale dei luoghi con rischio di incidente rilevante, è emerso che non sono presenti siti nei comuni interessati dalle opere. Il comune più vicino al nuovo elettrodotto con impianti a rischio di incidente rilevante è Termoli con n. 3 stabilimenti posti nella corrispondente zona industriale a distanza di oltre 12 km dall’area di intervento; tale aspetto garantisce il rispetto della normativa sulle distanze minime di sicurezza.

Per quanto concerne le attività soggette al controllo dei VVF, si è riscontrata la sola interferenza con un metanodotto della Società Gasdotti Italia SpA, tra i pali n. 14 e n. 15; ad ogni modo la nuova linea rispetterà i franchi previsti dalla normativa vigente (in particolare il DM Lavori Pubblici 21 Marzo 1988, n. 449 e s.m.i.), avendo la catenaria un’altezza di almeno 18 m rispetto al suolo.

Pertanto, **il progettista dell’impianto indicato in oggetto, dichiara di aver esperito le verifiche di non interferenza con punti di interesse VV.F.**, anche attraverso le informazioni disponibili nel sito internet <https://www.minambiente.it/pagina/inventario-nazionale-degli-stabilimenti-rischio-di-incidente-rilevante-0> e nella cartografia consultata.

La verifica è stata effettuata per i punti di ubicazione delle strutture e delle linee elettriche come riportati negli elaborati cartografici allegati.

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Con riferimento alla corografia generale rappresentata in *figura 1*, il tracciato del nuovo elettrodotto a 150 kV da costruire, parte dalla Stazione Elettrica TERNA RTN di “Rotello” e, proseguendo in direzione nord in aree prettamente agricole e approssimativamente in modo parallelo al limite di regione, raggiunge l’area del futuro ampliamento della Stazione Elettrica RTN TERNA 150kV “San Martino in Pensilis”. L’ultimo tratto, dopo il traliccio 30 viene realizzato in cavo

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

fino alla stazione di ampliamento per le motivazioni sopra esposte (interferenza con un impianto fv in progetto).

In totale la linea aerea avrà una lunghezza pari a circa 11,5 km, cui si sommano 3,1 km circa di cavidotto interrato.

5. CRONOPROGRAMMA

Il programma dei lavori è illustrato nell'elaborato SMR_201901747_PTO_21B-00.

La fattibilità tecnica delle opere ed il rispetto dei vincoli di propedeuticità potranno condizionare le modalità ed i tempi di attuazione. nella fattispecie resta inteso che tale programma, essendo condizionato dalla pianificazione delle disalimentazioni degli impianti, è subordinato alla garanzia della continuità del servizio della Rete Elettrica Nazionale.

6. CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA

I calcoli delle frecce e delle sollecitazioni dei conduttori di energia, delle corde di guardia, dell'armamento, dei sostegni e delle fondazioni, sono rispondenti alla Legge n. 339 del 28/06/1986 ed alle norme contenute nei Decreti del Ministero dei LL.PP. del 21/03/1988 e del 16/01/1991 con particolare riguardo agli elettrodotti di classe terza, così come definiti dall'art. 1.2.07 del Decreto del 21/03/1988 suddetto; per quanto concerne le distanze tra conduttori di energia e fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporta tempi di permanenza prolungati, queste sono conformi anche al dettato del D.P.C.M. 08/07/2003.

Il progetto dell'opera è conforme al Progetto Unificato Terna per gli elettrodotti, dove sono riportati tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

Per quanto attiene gli elettrodotti, nel Progetto Unificato Terna, sono inseriti tutti i componenti (sostegni e fondazioni, conduttori, morsetteria, isolatori, ecc.) con le relative modalità di impiego.

L'elettrodotto sarà costituito da una palificazione a singola terna, ciascuna composta da un conduttore di energia a corda in lega alluminio-acciaio \varnothing 31,5 mm, ed una corda di guardia, fino al raggiungimento dei sostegni capolinea.

6.1. CARATTERISTICHE ELETTRICHE DELL'ELETTRODOTTO

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Portata di corrente di progetto	870 A
Potenza Nominale	226 MVA

La portata di corrente di progetto (per i conduttori alluminio/acciaio ACSR) è conforme a quanto prescritto da suddetta normativa e coincide con la Portata in corrente in relazione alle condizioni di progetto (PCCP).

6.2. CARATTERISTICHE DEL CAVIDOTTO

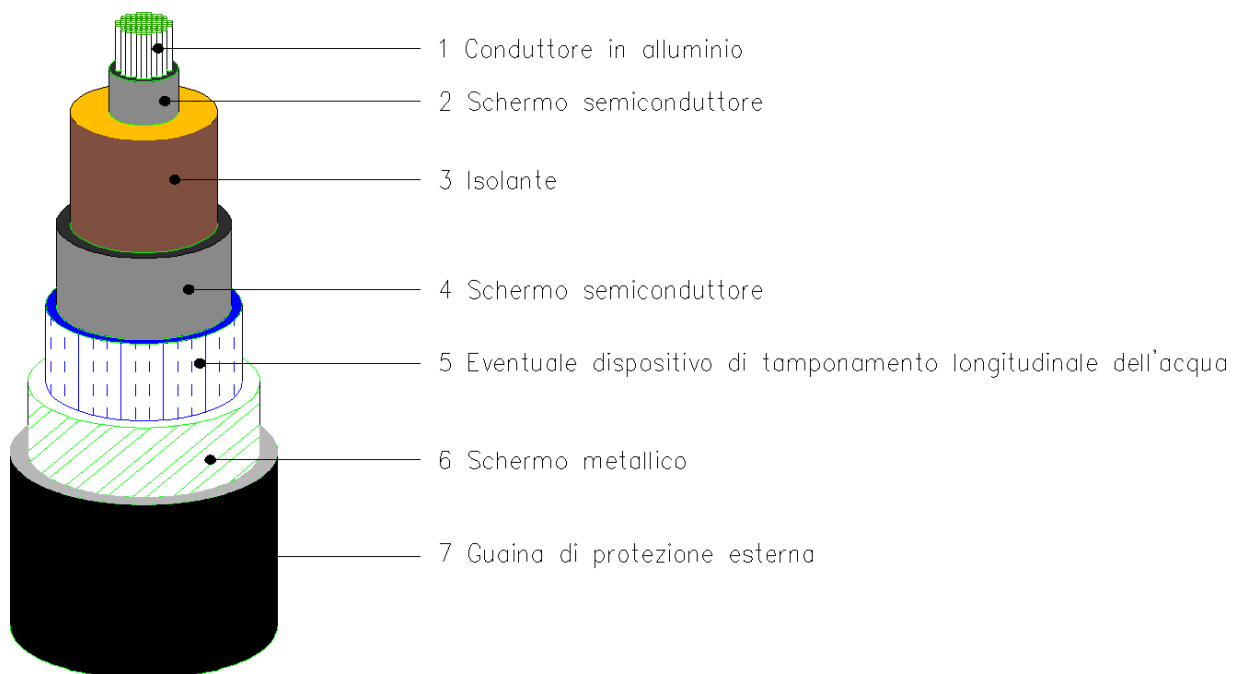
Nel seguito si riportano le caratteristiche tecniche principali dei cavi e le sezioni tipiche. Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali, dovuti alla successiva fase di

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori:

Sezione nominale del conduttore	Alluminio 1600 mm ²
Isolante	XLPE
Diametro esterno	106,4 mm
Peso cavo	11,2 kg/m

Di seguito si riporta a titolo illustrativo la sezione indicativa del cavo che verrà utilizzato:

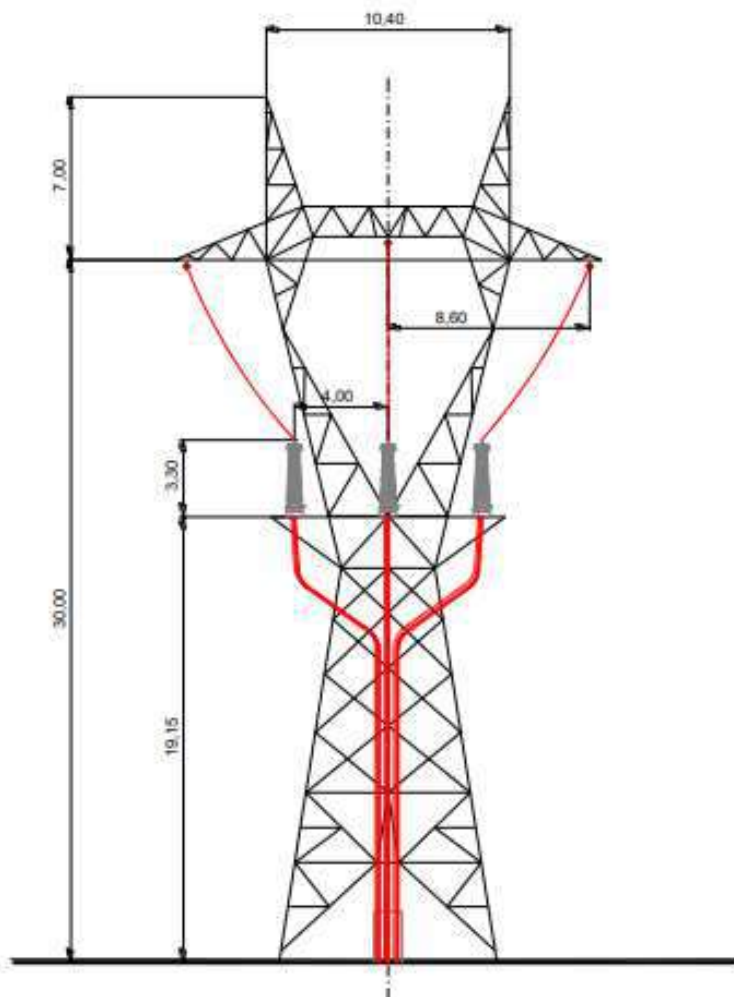


L'elettocondotto sarà costituito da una terna di cavi unipolari, con isolamento in XLPE, costituiti da un conduttore in alluminio con sezione pari a circa 1600 mm²; esso sarà un conduttore di tipo milliken a corda rigida (per le sezioni maggiori), compatta e tamponata di rame ricotto non stagnato o di alluminio, ricoperta da uno strato semiconduttivo interno estruso, dall'isolamento XLPE, dallo strato semiconduttivo esterno, da nastri semiconduttivi igro-espandenti. Lo schermo metallico è costituito da un tubo metallico di piombo o alluminio o a fili di rame ricotto non stagnati, di sezione complessiva adeguata ad assicurare la protezione meccanica del cavo, la tenuta ermetica radiale ed a sopportare la corrente di guasto a terra. Sopra lo schermo viene applicata la guaina protettiva di polietilene nera e grafitata avente funzione di protezione anticorrosiva, ed infine la protezione esterne meccanica.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

6.3. SOSTEGNO PORTATERMINALI

Per la realizzazione del passaggio da elettrocondotto aereo a cavo interrato sarà utilizzato un sostegno porta terminale con testa a delta, opportunamente verificato. I terminali cavo saranno inseriti su una mensola alloggiata sulla struttura del sostegno, come mostrato nel disegno schematico sotto riportato, di carattere puramente indicativo e non esaustivo.



6.4. DISTANZA TRA I SOSTEGNI

La distanza tra due sostegni consecutivi dipende dall'orografia del terreno e dall'altezza utile dei sostegni impiegati; mediamente in condizioni normali può essere pari a 400 m ma nel caso in oggetto la campata più lunga può arrivare anche a 700 metri.

Ad ogni modo, nella tav. SMR_201901747_PTO_16-01 Profili Plano Altimetrici dei Raccordi allegata alla presente, sono riportate anche le distanze parziali tra i nuovi sostegni ipotizzati.

6.5. CONDUTTORI E CORDE DI GUARDIA

Ciascuna fase elettrica sarà costituita da un conduttore di energia, a sua volta costituito da una corda di alluminio-acciaio della sezione complessiva di 585,3 mmq composta da n. 19 fili di acciaio del diametro 2,10 mm e da n. 54 fili di alluminio del diametro di 3,50 mm, con un diametro complessivo di 31,50 mm.

Il carico di rottura teorico del conduttore sarà di 16.852 daN.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 15 nel rispetto della distanza minima prevista dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991.

L'elettrodotto sarà inoltre equipaggiato con una corda di guardia, del tipo in acciaio zincato con diametro di 10,5 mm, destinata, oltre che a proteggere l'elettrodotto stesso dalle scariche atmosferiche, a migliorare la messa a terra dei sostegni. Si valuterà con Terna l'opportunità di installare all'interno della corda di guardia anche le fibre ottiche; in tal caso potrebbe essere necessaria una corda di guardia con diametro di 17,9 mm.

6.5.1. STATO DI TENSIONE MECCANICA

Il tiro dei conduttori e delle corde di guardia è stato fissato in modo che risulti costante, in funzione della campata equivalente, nella condizione "normale" di esercizio linea, cioè alla temperatura di 15°C ed in assenza di sovraccarichi (EDS - "every day stress"). Ciò assicura un'uniformità di comportamento nei riguardi delle sollecitazioni prodotte dal fenomeno delle vibrazioni.

Nelle altre condizioni o "stati" il tiro varia in funzione della campata equivalente di ciascuna tratta e delle condizioni atmosferiche (vento, temperatura ed eventuale presenza di ghiaccio). La norma vigente divide il territorio italiano in due zone, A e B, in relazione alla quota e alla disposizione geografica.

Gli "stati" che interessano, da diversi punti di vista, il progetto delle linee sono riportati nello schema seguente:

- EDS – Condizione di tutti i giorni: +15°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MSA – Condizione di massima sollecitazione (zona A): -5°C, vento a 130 km/h;
- MSB – Condizione di massima sollecitazione (zona B): -20°C, manicotto di ghiaccio di 12 mm, vento a 65 km/h;
- MPA – Condizione di massimo parametro (zona A): -5°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MPB – Condizione di massimo parametro (zona B): -20°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MFA – Condizione di massima freccia (Zona A): +55°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- MFB – Condizione di massima freccia (Zona B): +40°C, in assenza di vento e ghiaccio;
- CVS1 – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C, vento a 26 km/h;
- CVS2 – Condizione di verifica sbandamento catene: +15°C, vento a 130 km/h;
- CVS3 – Condizione di verifica sbandamento catene: 0°C (Zona A) -10°C (Zona B), vento a 65 km/h;
- CVS4 – Condizione di verifica sbandamento catene: +20°C, vento a 65 km/h.

La linea in oggetto è situata in "ZONA A"

6.6. CAPACITÀ DI TRASPORTO

La capacità di trasporto dell'elettrodotto è funzione lineare della corrente di fase.

La norma CEI 11-60 definisce le portate di corrente nel periodo caldo e freddo per un conduttore definito "conduttore standard" e applica una serie di coefficienti per gli altri conduttori che tengono conto delle caratteristiche dimensionali, dei materiali e delle condizioni di impiego. Il conduttore in oggetto corrisponde al "conduttore standard" preso in considerazione dalla Norma CEI 11-60, nella quale sono definite anche le portate nei periodi caldo e freddo.

La portata di corrente dell'elettrodotto alle condizioni di progetto, ai sensi della norma CEI 11-60, risulta pari a 870 A.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

6.7. SOSTEGNI

I sostegni che tipicamente saranno utilizzati sono quelli del tipo a traliccio semplice terna con la disposizione a bandiera, di varie altezze secondo le caratteristiche altimetriche del terreno, in angolari di acciaio ad elementi zincati a caldo e bullonati, raggruppati in elementi strutturali. Ogni sostegno è costituito da un numero diverso di elementi strutturali in funzione della sua altezza. Il calcolo delle sollecitazioni meccaniche ed il dimensionamento delle membrature sono stati eseguiti conformemente a quanto disposto dal D.M. 21/03/1988 e le verifiche sono state effettuate per l'impiego sia in zona "A" che in zona "B".

Essi avranno un'altezza tale da garantire, anche in caso di massima freccia del conduttore, il franco minimo prescritto dalle vigenti norme; l'altezza totale fuori terra sarà di norma inferiore a 50 m circa. Nei casi in cui ci sia l'esigenza tecnica di superare tale limite, si provvederà, in conformità alla normativa sulla segnalazione degli ostacoli per il volo a bassa quota, alla verniciatura del terzo superiore dei sostegni e all'installazione delle sfere di segnalazione sulle corde di guardia, limitatamente alle campate in cui la fune di guardia eguaglia o supera i 61 m dal suolo o i 45 m dall'acqua. È opportuno rammentare che l'utilizzo dei sostegni da 27 m e 30 m si rende necessario anche in considerazione della quota di progetto della linea a 150 kV cui sarà connessa la nuova SE RTN.

Inoltre la scelta di impiegare sostegni in singola terna consentirà in futuro, in caso se ne presenti la necessità, di ripristinare la configurazione attuale della linea; infatti, realizzando la semplice chiusura dei colli-morti, con i conduttori già tesati tra i due nuovi sostegni, sarà possibile bypassare la nuova SE RTN.

I sostegni saranno provvisti di difese parasalita.

Per quanto concerne detti sostegni, fondazioni e relativi calcoli di verifica, TERNA si riserva di apportare nel progetto esecutivo modifiche di dettaglio dettate da esigenze tecniche ed economiche, ricorrendo, se necessario, all'impiego di opere di sottofondazione.

Ciascun sostegno si può considerare composto dagli elementi strutturali: mensole, parte comune, tronchi, base e piedi. Ad esse sono applicati gli armamenti (cioè l'insieme di elementi che consente di ancorare meccanicamente i conduttori al sostegno pur mantenendoli elettricamente isolati da esso) che possono essere di sospensione o di amarro. Vi sono infine i cimini, atti a sorreggere le corde di guardia.

I piedi del sostegno, che sono l'elemento di congiunzione con il terreno, possono essere di lunghezza diversa, consentendo un migliore adattamento, in caso di terreni acclivi.

L'elettocondotto a 150 kV in semplice terna sarà quindi realizzato utilizzando una serie unificata di tipi di sostegno; in particolare nel caso di specie saranno utilizzati sostegni del tipo E, M, N, C ed E* di altezza compresa tra 15 e 440 metri.

I tipi di sostegno standard utilizzati e le loro prestazioni nominali (riferiti alla zona A), con riferimento al conduttore utilizzato alluminio-acciaio Φ 31,5 mm, in termini di campata media (Cm), angolo di deviazione (δ) e costante altimetrica (K) sono i seguenti (per tensione di 150 kV):

ZONA A - EDS 21 %

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

TIPO	ALTEZZA	CAMPATA MEDIA	ANGOLO DEVIAZIONE	COSTANTE ALTIMETRICA
"L" Leggero	9 ÷ 33 m	350 m	0°	0,120
"N" Normale	9 ÷ 42 m	350 m	4°	0,150
"M" Medio	9 ÷ 33 m	350 m	8°	0,180
"P" Pesante	9 ÷ 48 m	350 m	16°	0,240
"V" Vertice	9 ÷ 42 m	350 m	32°	0,360
"C" Capolinea	9 ÷ 33 m	350 m	60°	0,240
"E" Eccezionale	9 ÷ 33 m	350 m	85° 20'	0,2756
"E*" Asterisco	9 ÷ 33 m	350 m	85° 20'	0,2756

Ogni tipo di sostegno ha un campo di impiego rappresentato da un diagramma di utilizzazione nel quale sono rappresentate le prestazioni lineari (campate media), trasversali (angolo di deviazione) e verticali (costante altimetrica K).

Il diagramma di utilizzazione di ciascun sostegno è costruito secondo il seguente criterio.

Partendo dai valori di C_m , δ e K relativi alle prestazioni nominali, si calcolano le forze (azione trasversale e azione verticale) che i conduttori trasferiscono all'armamento.

Successivamente con i valori delle azioni così calcolate, per ogni valore di campata media, si vanno a determinare i valori di δ e K che determinano azioni di pari intensità.

In ragione di tale criterio, all'aumentare della campata media diminuisce sia il valore dell'angolo di deviazione sia la costante altimetrica con cui è possibile impiegare il sostegno.

Terna si riserva la possibilità di impiegare in fase realizzativa sostegni tubolari monostelo; le caratteristiche di tali sostegni saranno, in tal caso, dettagliate nel progetto esecutivo.

6.8. ISOLAMENTO

L'isolamento degli elettrodotti, previsto per una tensione massima di esercizio di 170 kV, sarà realizzato con isolatori a cappa e perno in vetro temprato, con carico di rottura di 70 kN (o in alternativa 120 kN) nei due tipi "normale" e "antisale", connessi tra loro a formare catene di almeno 9 elementi, come indicato nel grafico riportato al successivo paragrafo 6.7.2. Le catene di sospensione saranno del tipo a I semplici o doppia, mentre le catene in amarro saranno del tipo ad I doppia.

Le caratteristiche degli isolatori rispondono a quanto previsto dalle norme CEI.

6.8.1. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Nelle specifiche LIN_000000J1 e LIN_000000J2 di Terna sono riportate le caratteristiche geometriche tradizionali ed inoltre le due distanze "dh" e "dv" (vedi figura seguente) atte a caratterizzare il comportamento a sovratensione di manovra sotto pioggia.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

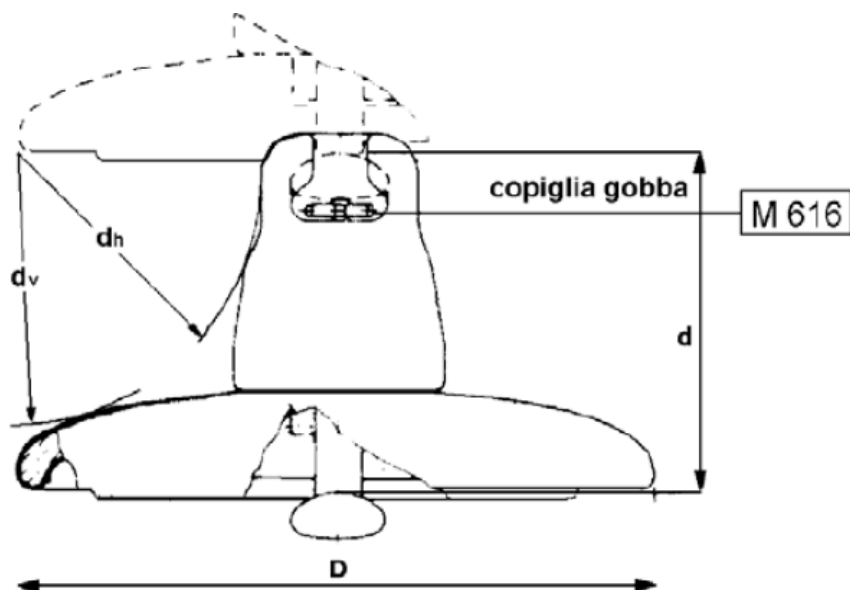


Figura 3 – caratteristiche geometriche degli isolatori

6.8.2. CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Le caratteristiche geometriche di cui sopra sono sufficienti a garantire il corretto comportamento delle catene di isolatori a sollecitazioni impulsive dovute a fulminazione o a sovratensioni di manovra.

Per quanto riguarda il comportamento degli isolatori in presenza di inquinamento superficiale, nelle specifiche LIN_000000J1 e LIN_000000J2 di Terna sono riportate, per ciascun tipo di isolatore, le condizioni di prova in nebbia salina, scelte in modo da porre ciascuno di essi in una situazione il più possibile vicina a quella di effettivo impiego.

Nella tabella che segue è poi indicato il criterio per individuare il tipo di isolatore ed il numero di elementi da impiegare con riferimento ad una scala empirica dei livelli di inquinamento.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

LIVELLO DI INQUINAMENTO	DEFINIZIONE	MINIMA SALINITA' DI TENUTA (kg/m ²)
I – Nullo o leggero (1)	<ul style="list-style-type: none"> • Zone prive di industrie e con scarsa densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento • Zone con scarsa densità di industrie e abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti. • Zone agricole (2) • Zone montagnose <p>Occorre che tali zone distino almeno 10-20 km dal mare e non siano direttamente esposte a venti marini (3)</p>	10
II – Medio	<ul style="list-style-type: none"> • Zone con industrie non particolarmente inquinanti e con media densità di abitazioni dotate di impianto di riscaldamento • Zone ad alta densità di industrie e/o abitazioni, ma frequentemente soggette a piogge e/o venti. • Zone esposte ai venti marini, ma non troppo vicine alla costa (distanti almeno alcuni chilometri) (3) 	40
III - Pesante	<ul style="list-style-type: none"> • Zone ad alta densità industriale e periferie di grandi agglomerati urbani ad alta densità di impianti di riscaldamento produttori sostanze inquinanti • Zone prossime al mare e comunque esposte a venti marini di entità relativamente forte 	160
IV – Eccezionale	<ul style="list-style-type: none"> • Zone di estensione relativamente modesta, soggette a polveri o fumi industriali che causano depositi particolarmente conduttivi • Zone di estensione relativamente modesta molto vicine a coste marine e battute da venti inquinanti molto forti • Zone desertiche, caratterizzate da assenza di pioggia per lunghi periodi, esposte a tempeste di sabbia e sali, e soggette a intensi fenomeni di condensazione 	(*)

Tabella 1 – riepilogo dei criteri di individuazione dell'isolatore in funzione della salinità

Le caratteristiche della zona interessata dall'elettrodotto in esame sono di inquinamento atmosferico leggero o nullo.

6.9. MOSRETTIERA ED ARMAMENTI

Gli elementi di morsetteria per linee a 150 kV sono stati dimensionati in modo da poter sopportare gli sforzi massimi trasmessi dai conduttori al sostegno.

A seconda dell'impiego previsto sono stati individuati diversi carichi di rottura per gli elementi di morsetteria che compongono gli armamenti in sospensione:

- 120 kN utilizzato per le morse di sospensione;
- 210 kN utilizzato per i rami semplici degli armamenti di sospensione e dispositivo di amarro di un singolo conduttore;
- 360 kN utilizzato nei rami doppi degli armamenti di sospensione.

Le morse di amarro sono invece state dimensionate in base al carico di rottura del conduttore.

Per equipaggiamento si intende il complesso degli elementi di morsetteria che collegano le morse di sospensione o di amarro agli isolatori e questi ultimi al sostegno.

Per le linee a 150 kV si distinguono i tipi di equipaggiamento riportati nella tabella seguente.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

EQUIPAGGIAMENTO	TIPO	CARICO DI ROTTURA (kN)	SIGLA
Semplice per sospensione	360/1	120	SS
Doppio per sospensione con morsa unica	360/2	120	DS
Doppio per sospensione con morsa doppia	360/3	120	M
Semplice per amarro	362/1	120	SA
Doppio per amarro	362/2	120	DA

Tabella 2 – carichi di rottura in funzione dell’equipaggiamento

La scelta degli equipaggiamenti viene effettuata, per ogni singolo sostegno, fra quelli disponibili nel progetto unificato, in funzione delle azioni (trasversale, verticale e longitudinale) determinate dal tiro dei conduttori e dalle caratteristiche di impiego del sostegno esaminato (campata media, dislivello a monte e a valle, ed angolo di deviazione).

A seguito delle verifiche di dettaglio, degli armamenti in sospensione, potranno essere utilizzati dei contrappesi agganciati in corrispondenza delle morse di sospensione per garantire il mantenimento delle distanze elettriche tra i conduttori e le strutture di sostegno.

6.10. FONDAZIONI

Ciascun sostegno è dotato di quattro piedi e delle relative fondazioni.

La fondazione è la struttura interrata atta a trasferire i carichi strutturali (compressione e trazione) dal sostegno al sottosuolo.

Le fondazioni unificate sono utilizzabili su terreni normali, di buona o media consistenza.

Ciascun piedino di fondazione è composto da:

- un blocco di calcestruzzo armato costituito da una base, che appoggia sul fondo dello scavo, formata da una serie di platee (parallelepipedi a pianta quadrata) sovrapposte; detta base è simmetrica rispetto al proprio asse verticale;
- un colonnino a sezione circolare, inclinato secondo la pendenza del montante del sostegno;
- un “moncone” annegato nel calcestruzzo al momento del getto, collegato al montante del “piede” del sostegno. Il moncone è costituito da un angolare, completo di squadrette di ritenuta, che si collega con il montante del piede del sostegno mediante un giunto a sovrapposizione. I monconi sono raggruppati in tipi, caratterizzati dalla dimensione dell’angolare, ciascuno articolato in un certo numero di lunghezze.

Per il calcolo di dimensionamento sono state osservate le prescrizioni della normativa specifica per elettrodotti, costituita dal D.M. 21/3/1988; in particolare per la verifica a strappamento delle fondazioni, viene considerato anche il contributo del terreno circostante come previsto dall’articolo 2.5.06 dello stesso D.M. 21/3/1988.

L’articolo 2.5.08 dello stesso D.M. prescrive che le fondazioni verificate sulla base degli articoli sopramenzionati siano idonee ad essere impiegate anche nelle zone sismiche per qualunque grado di sismicità.

L’abbinamento tra ciascun sostegno e la relativa fondazione è determinato nel progetto unificato mediante le “Tabelle delle corrispondenze” che sono le seguenti:

- Tabella delle corrispondenze tra sostegni, monconi e fondazioni;

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

- Tabella delle corrispondenze tra fondazioni ed armature colonnino.

Con la prima tabella si definisce il tipo di fondazione corrispondente al sostegno impiegato mentre con la seconda si individua la dimensione ed armatura del colonnino corrispondente.

Come già detto le fondazioni unificate sono utilizzabili solo su terreni normali di buona e media consistenza, pertanto le fondazioni per sostegni posizionati su terreni con scarse caratteristiche geomeccaniche, su terreni instabili o su terreni allagabili sono oggetto di indagini geologiche e sondaggi mirati, sulla base dei quali vengono, di volta in volta, progettate ad hoc. Concorrono alla scelta della tipologia di fondazione da realizzare anche valutazioni inerenti le aree e suoli interessati dai lavori, l'accessibilità al cantiere da parte delle macchine operatrici, la morfologia del terreno, la litologia del terreno, la presenza della falda acquifera, l'opportunità di ridurre i movimenti terra

6.11. MESSE A TERRA DEI SOSTEGNI

Per ogni sostegno, in funzione della resistività del terreno misurata in sito, verrà scelto il tipo di impianto di messa a terra da installare.

Il Progetto Unificato Terna ne prevede di 6 tipi; tuttavia potranno essere progettati e realizzati anche impianti di messa a terra speciali in linea con quanto previsto dalla norma CEI EN 50341.

7. RUMORE

La produzione di rumore da parte di un elettrodotto in esercizio è dovuta essenzialmente a due fenomeni fisici: il vento e l'effetto corona.

Il vento, se particolarmente intenso, può provocare un leggero sibilo dei conduttori, fenomeno peraltro locale e di modesta entità.

L'effetto corona, dovuto al livello di tensione dei conduttori, è responsabile del leggero ronzio che viene talvolta percepito nelle immediate vicinanze dell'elettrodotto, soprattutto in condizioni di elevata umidità dell'aria.

Le emissioni acustiche delle linee di Terna rispettano in ogni caso i limiti previsti dalla normativa vigente (D.P.C.M. 14 Novembre 1997).

8. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO PRELIMINARE

Si rimanda alla relazione specifica allegata SMR_201901747_PTO_17-00.

9. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le principali norme di riferimento sulla disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo sono:

- Decreto Legislativo 03 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”. (G.U. Serie Generale n. 88 del 14/04/2006 – Supplemento Ordinario n. 96);
- DPR 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. (17G00135) (GU Serie Generale n.183 del 07-08-2017)”;
- Decreto Ministeriale 05 febbraio 1998 e s.m.i. – “Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22”. (G.U. Serie Generale n. 88 del 16/04/1998 – Supplemento Ordinario n. 72).

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrdotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

La realizzazione delle opere di cui sopra comporterà movimenti terra associati allo scavo delle fondazioni per le basi dei tralicci.

Tali stime (circa 400 mc per sostegno) sono assolutamente preliminari e saranno affinate in sede di progettazione esecutiva.

Descrizione intervento	Volume scavo	Volume di TRS riutilizzate	Volume di TRS gestite come rifiuto
Realizzazione Elettrodotti	12000 m ³	7000 m ³	5000 m ³

Il volume del materiale riutilizzato è stimato in funzione degli ingombri delle nuove fondazioni (circa 18 mc per ciascun piede) e dell'impossibilità di recuperare il primo metro di scavo (scotico di terreno vegetale).

Il criterio di gestione del materiale scavato prevede il suo deposito temporaneo presso l'area di cantiere (o "microcantiere" con riferimento ai singoli tralicci). Tale materiale, in fase esecutiva, verrà opportunamente caratterizzato ai fini di verificarne l'idoneità al riutilizzo nello stesso sito di produzione in funzione della specifica destinazione d'uso, ai sensi dell'art. 185 c.1 l c del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii.

Il materiale idoneo verrà utilizzato per il riempimento degli scavi e per il livellamento del terreno alla quota finale di progetto ai fini della realizzazione dell'opera.

Qualora l'accertamento dia esito negativo o in caso di materiale in esubero, il materiale scavato sarà gestito come rifiuto e conferito ad idoneo impianto di recupero e/o smaltimento, con le modalità previste dalla normativa vigente in materia di rifiuti ed il riempimento verrà effettuato con materiale inerte di idonee caratteristiche.

Relativamente al trasporto, a titolo esemplificativo verranno impiegati come di norma camion con adeguata capacità (circa 20 m³), protetti superiormente con teloni per evitare la dispersione di materiale durante il tragitto, con un numero medio di viaggi al giorno pari a 5-10 eseguiti nell'arco dei mesi previsti per le lavorazioni.

Ad ogni modo, la movimentazione e trasporto della terra da gestire come rifiuto non sarà tale da influire significativamente con il traffico veicolare già presente sulle aree su cui verranno realizzate le opere.

È possibile che parte dei volumi previsti in eccedenza, se idonei, possano essere riutilizzati per rinterri e riempimenti delle aree ove sono previsti interventi di demolizione delle linee elettriche aeree.

La rimanente parte verrà conferita ad idoneo impianto di recupero/smaltimento.

10. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP (Commissione Internazionale per la Protezione dalle Radiazioni Non Ionizzanti) ed aggiornate nel dicembre 2010 nel metodo e nei limiti indicati (oggi meno restrittivi per il campo magnetico).

Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea (UE) ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP del 1998. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato all'UE di continuare ad adottare tali linee guida.

Lo Stato Italiano è successivamente intervenuto, con finalità di riordino e miglioramento della normativa in materia allora vigente in Italia attraverso la Legge quadro 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinarli e aggiornarli periodicamente in relazione agli impianti che possono comportare esposizione della popolazione a campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 0Hz e 300 GHz.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;
- obiettivo di qualità, come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

La legge quadro 36/2001, come ricordato dal citato Comitato di esperti della Commissione Europea, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio dell'Unione Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP. Tutti i paesi dell'Unione Europea hanno accettato il parere del Consiglio della UE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali.

In esecuzione della predetta Legge quadro, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08.07.2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.", che ha fissato i seguenti valori:

- Limite di esposizione tale limite, inteso come valore efficace, e pari a:
 - 100 μ T per l'induzione magnetica;
 - 5 Kv/m per il campo elettrico.

non deve essere mai superato.

- Obiettivo di qualità: tale valore, inteso come valore efficace, e pari a:
 - 3 μ T per l'induzione magnetica;

è da considerare nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz.

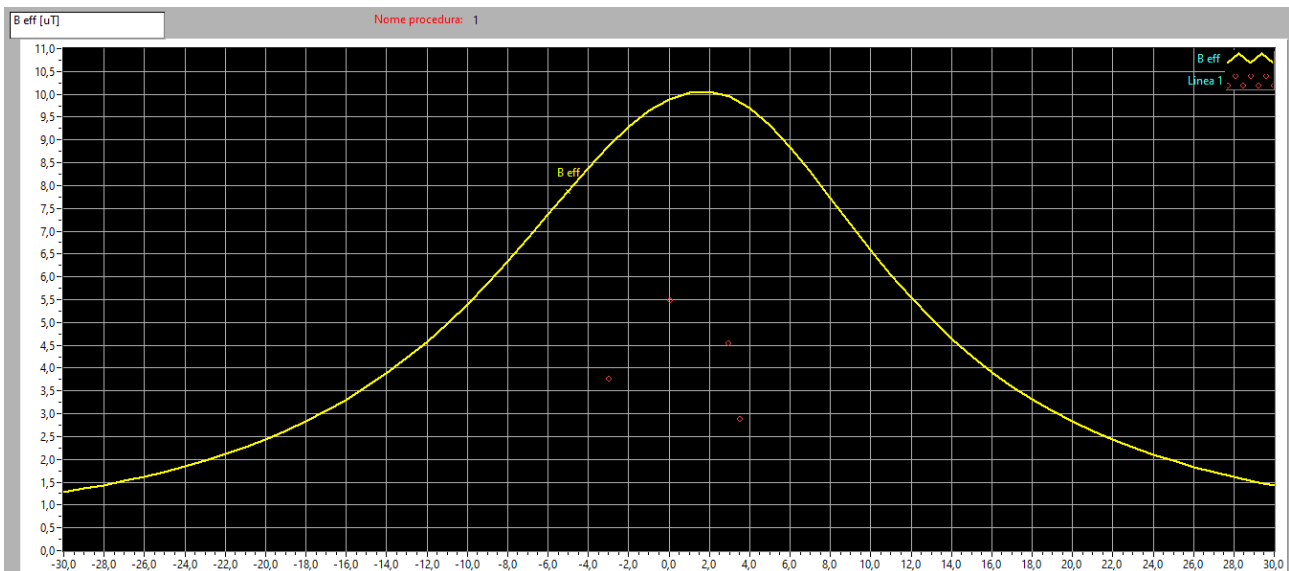
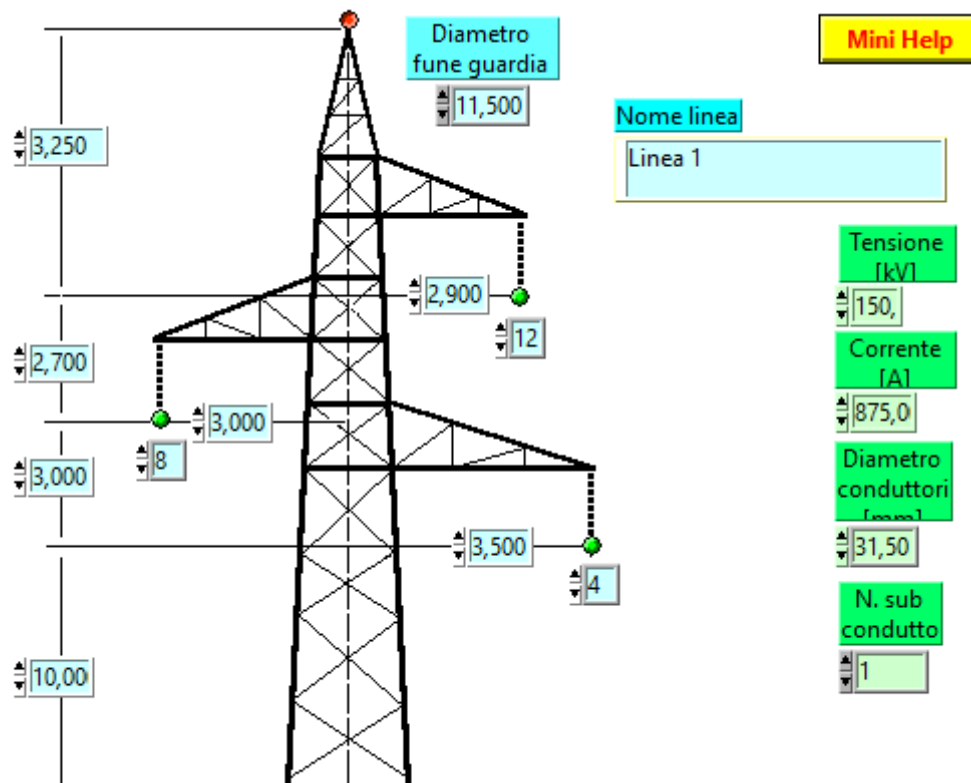
- Fascia di rispetto: per "fascia di rispetto" si intende lo spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. La Legge 22/02/2001, n°36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", stabilisce che lo Stato esercita le funzioni relative: "... alla determinazione dei parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti; all'interno di tali fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore". Il decreto attuativo della Legge n°36, DPCM 08/07/2003, stabilisce all'Art. 6- Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrocondotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrocondotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti". La norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrocondotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" fornisce una metodologia generale per il calcolo dell'ampiezza delle fasce di rispetto degli elettrocondotti, in riferimento all'obiettivo di qualità di 3 T e alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrocondotto dichiarata dal gestore. Tale metodologia è stata definitivamente approvata dal Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29/05/2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrocondotti". Dopo alcuni mesi dalla pubblicazione di questi decreti si è reso necessario il chiarimento di alcuni aspetti. A tale scopo l'ISPRA (ex APAT) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ha istituito dei tavoli tecnici che hanno elaborato un documento ("Disposizioni Integrative/Interpretative - Vers. 7.4") con l'obiettivo di andare incontro a tale necessità, fornendo alcune delucidazioni e suggerimenti sugli aspetti normativi ed applicativi.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali e ancora più bassi se si considera il raffronto con le nuove Linee Guida ICNIRP. Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08.07.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. In tal senso, con sentenza n. 307 del 7.10.2003 la Corte Costituzionale ha dichiarato l'illegittimità di alcune leggi regionali in materia di tutela dai campi elettromagnetici, per violazione dei criteri in tema di ripartizione di competenze fra Stato e Regione stabiliti dal nuovo Titolo V della Costituzione². Come emerge dal testo della sentenza, una volta fissati i valori-soglia di cautela per la salute, a livello nazionale, non è consentito alla legislazione regionale derogarli neanche in melius. Il calcolo delle fasce di rispetto è stato effettuato con il sw EMF Tools; di seguito un estratto delle principali finestre di calcolo:

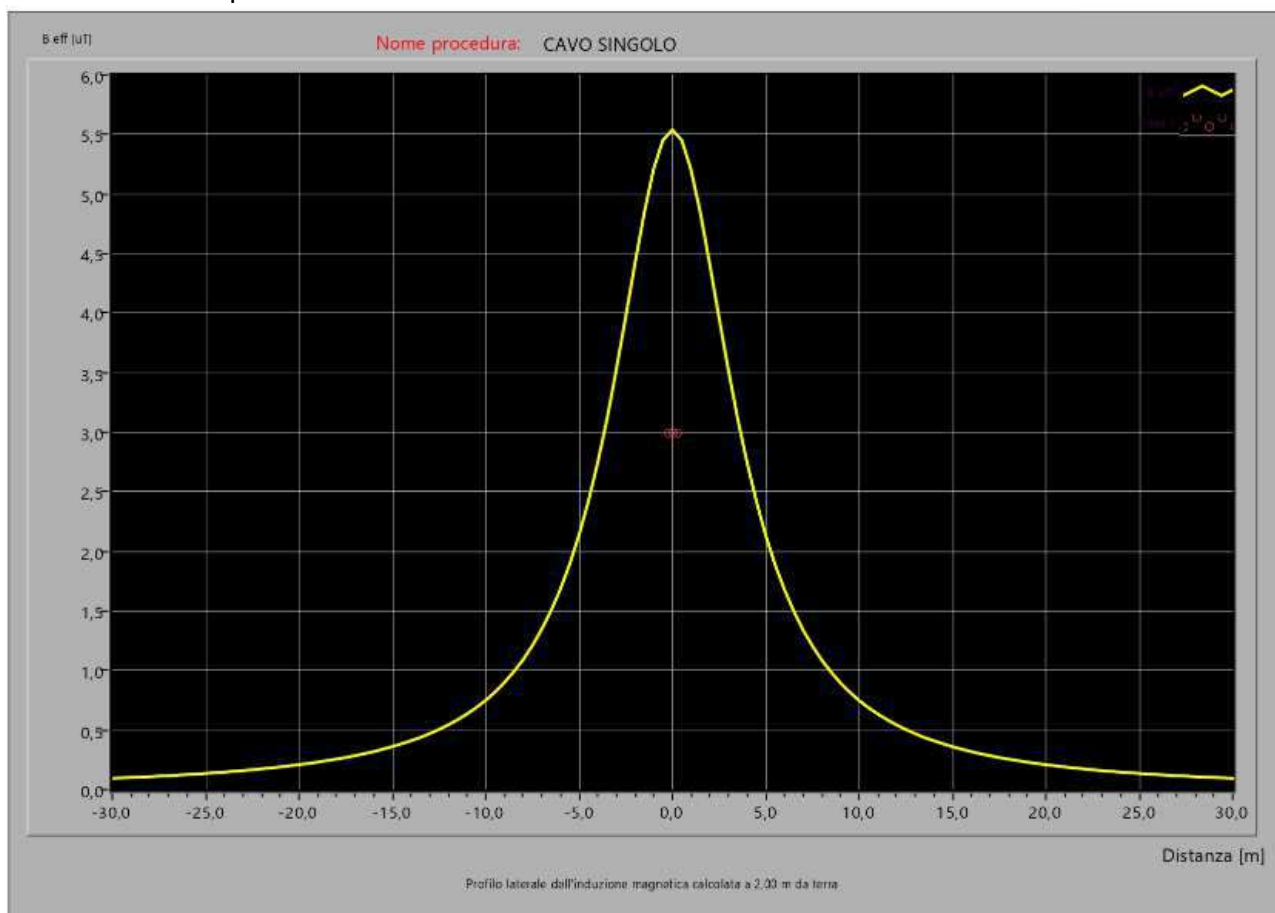
Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.



La fascia di rispetto calcolata per il raggiungimento dell'obiettivo di qualità di 3 μT sul livello del terreno risulta pari a 17 mt sul lato con un solo conduttore e 19 mt sull'altro lato del sostegno; relativamente al campo elettrico risulta molto basso in corrispondenza del livello del terreno. Si segnala la presenza di un fabbricato in corrispondenza del tratto compreso tra i tralicci P.12 e P.13, analizzato nel dettaglio nel successivo paragrafo **13.Schede Recettori**.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

Nel seguito invece la simulazione per la parte relativa al cavidotto da cui si evince che già a 4 metri il limite risulta rispettato.



11. AREE IMPEGNATE E POTENZIALMENTE IMPEGNATE

In merito all'attraversamento di aree da parte dell'elettrodotto, si possono individuare, con riferimento al Testo Unico 327/01, le aree impegnate, cioè le aree necessarie per la sicurezza dell'esercizio e manutenzione dell'elettrodotto che sono usualmente pari a circa: 16 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV in semplice e doppia terna.

Nel corso della realizzazione, il vincolo preordinato all'esproprio viene di norma apposto sulle "aree potenzialmente impegnate" (previste dalla L. 239/04); l'estensione dell'area potenzialmente impegnata è usualmente di circa 30 m dall'asse linea per parte per elettrodotti aerei a 132-150 kV.

12. INTERFERENZA CON AREE MINERARIE

Il progettista dell'impianto indicato in oggetto, dichiara di aver esperito le verifiche di non interferenza con opere minerarie per ricerca, coltivazione e stoccaggio di idrocarburi, attraverso le informazioni disponibili nel sito internet del Ministero dello sviluppo economico - DGS-UNMIG alla pagina <https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/altre-attivita/nulla-osta-minerario-perlinee-elettriche-e-impianti> alla data del 16/07/2021. Si segnala solo prossimità con la concessione di coltivazione MASSERIA VERDICCHIO:

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

Codice	Conferimento	Periodo di vigenza	Scadenza	Superficie
819	01/07/1982	4 ^a proroga	10/02/2024	28,90 km2

La verifica è stata effettuata per i punti di ubicazione delle strutture e delle linee elettriche di collegamento come riportati negli elaborati cartografici allegati.

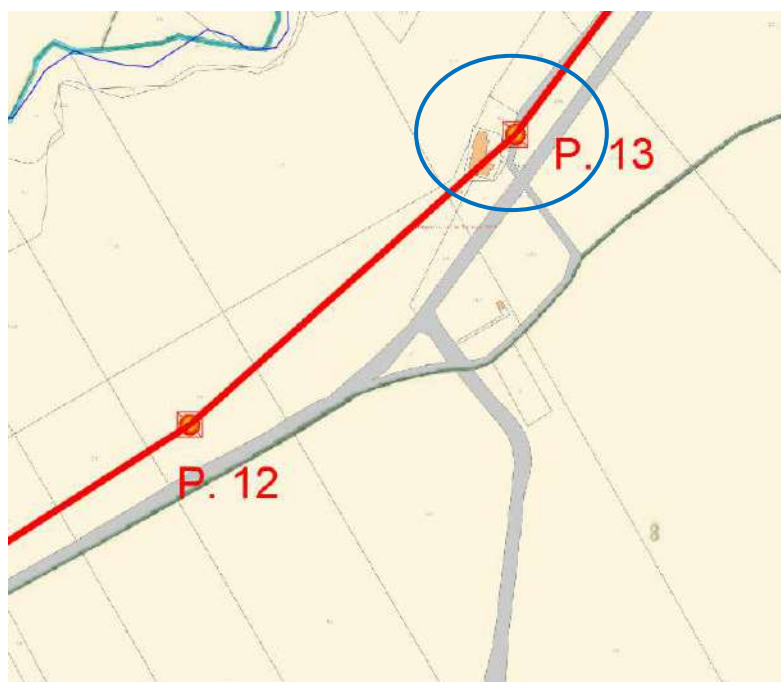
Dalla verifica è risultato che le strutture del progetto non interferiscono con nessun titolo minerario.

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – eletto dotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

13. SCHEDE RECETTORI




Coordinate geografiche UTM WGS84 33 NORD	Peculiarità del manufatto			
	est		nord	
	508128,13		4626273,51	
DATI CATASTALI	Comune	Foglio	Particella	Categoria
	Rotello (CB)	2	63	F/2
TIPOLOGIA	Unità COLLABENTI			
ABITATO	NO			
ABITABILE	NO			
POTENZIALE RICETTORE	NO			
DISTANZA TRALICCIO PIÙ VICINO	17m			



Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.


14. VERIFICA ENAC – ENAV.

REPORT						
Richiedente						
Nome/Società:	Società	Cognome/Rag.	Solar Century FVGC 2 srl			
C.F./P.IVA:	10907570963	Comune	Milano			
Provincia	MI	CAP:	20123			
Indirizzo:	Via Caradosso	N° Civico:	9			
Mail:	filippo.meucci@statkraft.com	PEC:	sc-fvgc2@pec.it			
Telefono:		Cellulare:	3669631113			
Fax :						
Tecnico						
Nome:	Antonio	Cognome:	Terlizzi			
Matricola:	9638	Albo:	Ordine Ingegneri Prov. Bari			
Ostacolo: Traliccio						
Materiale:	Acciaio					
<input type="checkbox"/>	Ostacolo posizionato nel Centro Abitato					
<input type="checkbox"/>	Presenza ostacolo con altezza AGL uguale o superiore a 60 m entro raggio 200 m					
Gruppo Geografico		MOLISE-CB-Rotello-Rotello				
Nr	Latitudine wgs84	Longitudine wgs84	Quota terreno	Altezza al Top	Elevazione al Top	Raggio
1	41° 45' 31.84" N	15° 4' 16.3" E	175.4 m	33.2 m	208.60000000	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
2	41° 45' 35.46" N	15° 4' 25.66" E	172.5 m	24.2 m	196.7 m	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
3	41° 45' 44.11" N	15° 4' 33.26" E	158.4 m	30.2 m	188.6 m	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
4	41° 45' 55.71" N	15° 4' 42.4" E	167.2 m	36.2 m	203.39999999	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
5	41° 46' 6.45" N	15° 4' 47.41" E	150.2 m	33.2 m	183.39999999	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
6	41° 46' 26.46" N	15° 4' 52.36" E	130.9 m	27.2 m	158.1 m	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
7	41° 46' 41.58" N	15° 5' 3.67" E	142.1 m	39.2 m	181.3 m	0.0 m
Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)						
8	41° 46' 51.6" N	15° 5' 11.33" E	145.0 m	27.2 m	172.2 m	0.0 m

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
9	41° 46' 56.76" N	15° 5' 22.86" E	140.0 m	24.2 m	164.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
10	41° 47' 1.94" N	15° 5' 34.34" E	137.9 m	30.2 m	168.1 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
11	41° 47' 7.01" N	15° 5' 45.0" E	133.0 m	24.2 m	157.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
12	41° 47' 10.95" N	15° 5' 57.13" E	129.5 m	24.2 m	153.7 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
13	41° 47' 13.82" N	15° 6' 5.53" E	125.0 m	21.2 m	146.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
14	41° 47' 21.09" N	15° 6' 11.07" E	122.4 m	27.2 m	149.6 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
15	41° 47' 31.6" N	15° 6' 21.97" E	118.7 m	39.2 m	157.9 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
16	41° 47' 46.08" N	15° 6' 31.48" E	130.9 m	36.2 m	167.1000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
17	41° 47' 54.68" N	15° 6' 38.62" E	96.0 m	27.2 m	123.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
18	41° 48' 8.95" N	15° 6' 34.53" E	96.9 m	48.2 m	145.1000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettrodotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

REPORT						
Richiedente						
Nome/Società:	Società	Cognome/Rag.:	Solar Century FVGC 2 srl			
C.F./P.IVA:	10907570963	Comune:	Milano			
Provincia:	MI	CAP:	20123			
Indirizzo:	Via Caradosso	N° Civico:	9			
Mail:	filippo.meucci@statkraft.com	PEC:	sc-fvgc2@pec.it			
Telefono:		Cellulare:	3669631113			
Fax:						
Tecnico						
Nome:	Antonio	Cognome:	Terlizzi			
Matricola:	9638	Albo:	Ordine Ingegneri Prov. Bari			
Ostacolo: Traliccio						
Materiale:	Acciaio					
<input type="checkbox"/>	Ostacolo posizionato nel Centro Abitato					
<input type="checkbox"/>	Presenza ostacolo con altezza AGL uguale o superiore a 60 m entro raggio 200 m					
Gruppo Geografico		MOLISE-CB-San Martino in Pensilis-San Martino in Pensilis				
Nr	Latitudine wgs84	Longitudine wgs84	Quota terreno	Altezza al Top	Elevazione al Top	Raggio
1	41° 48' 28.3" N	15° 6' 18.55" E	75.9 m	36.2 m	112.10000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
2	41° 48' 38.32" N	15° 6' 8.37" E	86.4 m	33.2 m	119.60000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
3	41° 48' 48.22" N	15° 5' 58.32" E	87.0 m	33.2 m	120.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
4	41° 48' 55.27" N	15° 5' 50.51" E	90.3 m	33.2 m	123.5 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
5	41° 49' 6.12" N	15° 5' 49.05" E	82.9 m	33.2 m	116.10000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
6	41° 49' 14.76" N	15° 5' 49.82" E	76.8 m	39.2 m	116.0 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
7	41° 49' 29.97" N	15° 5' 29.39" E	65.0 m	36.2 m	101.2 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
8	41° 49' 49.6" N	15° 5' 35.41" E	80.1 m	42.2 m	122.3 m	0.0 m

Committente: Solar Century FVGC 2 srl Via Caradosso n.9, Milano (MI)	Progettazione a cura di: Mate System srl Unip. Via Papa Pio XII n.8, Cassano delle Murge (BA) - Ing. A. Terlizzi	
Cod. elab.: SMR_201901747_PTO_12-01	Tipo: Relazione Tecnico Illustrativa – elettocondotto San Martino in Pensilis - Rotello	Formato: A4
Data: 25/10/2021		Scala: n.a.

	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
9	41° 49' 55.55" N	15° 5' 36.84" E	73.6 m	27.2 m	100.8 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
10	41° 50' 18.92" N	15° 5' 35.04" E	75.4 m	51.2 m	126.60000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
11	41° 50' 36.34" N	15° 5' 36.67" E	73.1 m	27.2 m	100.3 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
12	41° 50' 43.59" N	15° 5' 47.3" E	65.3 m	30.2 m	95.5 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
13	41° 50' 51.69" N	15° 5' 58.72" E	59.3 m	54.2 m	113.5 m	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					
14	41° 51' 7.44" N	15° 6' 21.85" E	44.6 m	57.2 m	101.80000000	0.0 m
	Nessuna interferenza rilevata per gli aeroporti e i sistemi di comunicazione/navigazione/RADAR di ENAV S.p.A. Per i restanti criteri selettivi fare riferimento al documento "Verifica Preliminare" (www.enac.gov.it)					

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

IDENTIFICATIVO CATASTALE: Foglio 41 -
Particelle 38-49

PIANO TECNICO DELLE OPERE DI UNA STAZIONE ELETTRICA RTN DI SMISTAMENTO A 150 KV IN AGRO DI SAN MARTINO IN PENSILIS (CB)

Codice Pratica: 201901747

Tipo: Relazione Geologica

Scala: n.a.

Elaborato:
201901747_PTO_19-01

Formato: A4

Data: Ottobre 2021

Committente:

SOLAR CENTURY FVGC 2 Srl
Via Caradosso 9 20123 - Milano (MI)
pec: sc-fvgc2@pec.it

MATE System Unipersonale srl

Via Papa Pio XII, n.8 | 70020 - Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 3072072
mail: info@matesystemsrl.it | pec: matesystem@pec.it

Progettista:
Geol. Vito Dimola



Estremi per il benessere tecnico:

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	23/07/2021	1° Emissione - presentazione per benessere TERNA	DIMOLA	CUSCITO	TERLIZZI
01	25/10/2021	Revisione per gestione interferenze con altri impianti	DIMOLA	SPINELLI	TERLIZZI

Sommario

PREMESSA	3
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI	4
1.1. Inquadramento dell'area di intervento	4
1.2. Inquadramento geologico dell'area	5
1.3. Caratteristiche tettoniche generali	7
2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AREA	8
3. LITOLOGIA DI DETTAGLIO	12
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	17
4.1. Caratteri geomorfologici generali	17
4.2. Piano Assetto Idrogeologico (PAI) – Rischio geomorfologico	17
5. CARATTERI IDROGEOLOGICI E DI PERMEABILITÀ	20
5.1. Caratteri idrogeologici e di permeabilità generali	20
5.2. Reticolo idrografico	22
5.3. Piano Assetto Idrogeologico (PAI) – Rischio idraulico	23
6. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI INDICATIVI	25
6.1. Prove penetrometriche	25
6.2. Prova penetrometrica PP1	27
6.3. Prova penetrometrica PP2	31
6.4. Prova penetrometrica PP3	35
6.5. Prova penetrometrica PP4	39
7. AZIONI SISMICHE	43
8. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	54
9. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	55
9.1. Inquadramento Sismico	55
9.2. Verifica dell'azione sismica	62
9.3. Prospezione sismica in onde S e stima del VS eq	66
10. LINEA AEREA	69
11. COCLUSIONI	71
ALLEGATI	73

ALLEGATI

Individuazione dell'area di intervento su ortofoto

Individuazione dell'area di intervento su IGM

Carta Geologica

Legenda Carta Geologica

Carta Geologica con ubicazione log stratigrafici e sezioni geotematiche

Log stratigrafici

Sezioni Geotematiche AB e CD

Carta della pericolosità geomorfologica

Carta della pericolosità idraulica

Ubicazione prove penetrometriche

Prove penetrometriche dinamiche continue - Report San Msrtino e Rotello (CB)

Ubicazione stendimenti MASW1 e MASW2

Relazione MASW San Martino e Rotello

PREMESSA

Scopo della seguente relazione è quello di illustrare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici, geologico-tecnici e sismici dell'area di studio, localizzata all'interno delle aree comunali di San Martino in Pensilis e Rotello, entrambi in provincia di Campobasso, per la realizzazione di un elettrodotto aereo.

La presente relazione, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 11 Marzo 1988 n. 47 e al DM 17 Gennaio 2018, riferisce sugli elementi geologici osservati in sito tramite un rilevamento di dettaglio che ha fornito indicazioni sulle proprietà geologico-tecniche del terreno su cui avverrà la costruzione; per una migliore conoscenza dell'area in studio è stata effettuata un'attenta ricerca del materiale bibliografico esistente.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi:

- descrizione dei caratteri geologici generali del territorio di San Martino in Pensilis e Rotello e dell'area oggetto d'intervento;
- individuazione dei rapporti stratigrafici esistenti tra le formazioni geologiche presenti ed affioranti nell'area d'intervento;
- studio delle caratteristiche geomorfologiche, con particolare riguardo alle condizioni di stabilità;
- descrizione dei caratteri idrogeologici del territorio di San Martino in Pensilis e Rotello;
- descrizione delle caratteristiche geologico-tecniche del sottosuolo dell'area d'intervento;
- descrizione delle caratteristiche sismiche del territorio;
- individuazione delle pericolosità geologiche nel territorio di San Martino in Pensilis e Rotello;

Lo scopo finale dello studio è stato quello di ottenere infine un modello geologico relativo alle aree d'intervento.

I caratteri geologici dell'area di studio sono stati descritti facendo riferimento alla carta geologica in scala 1:100.000 del foglio n°155 "San Severo".

Si precisa che, secondo la normativa in vigore, i comuni di San Martino in Pensilis e Rotello rientrano nella perimetrazione sismica identificata come zona 2.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CARATTERI GEOLOGICI

1.1. Inquadramento dell'area di intervento

L'area oggetto di intervento si sviluppa per circa 13.5 km di lunghezza, nella parte est dei territori comunali di San Martino in Pensilis e Rotello, entrambi in provincia di Campobasso. Il territorio circostante risulta principalmente pianeggiante, con quote massime che raggiungono i 183 m s.l.m. e digradano verso nord fino alle quote minime che si attestano attorno ai 38 m s.l.m.. L'area si trova poche centinaia di metri ad ovest rispetto al confine con la Regione Puglia (fig. 1 e 2).

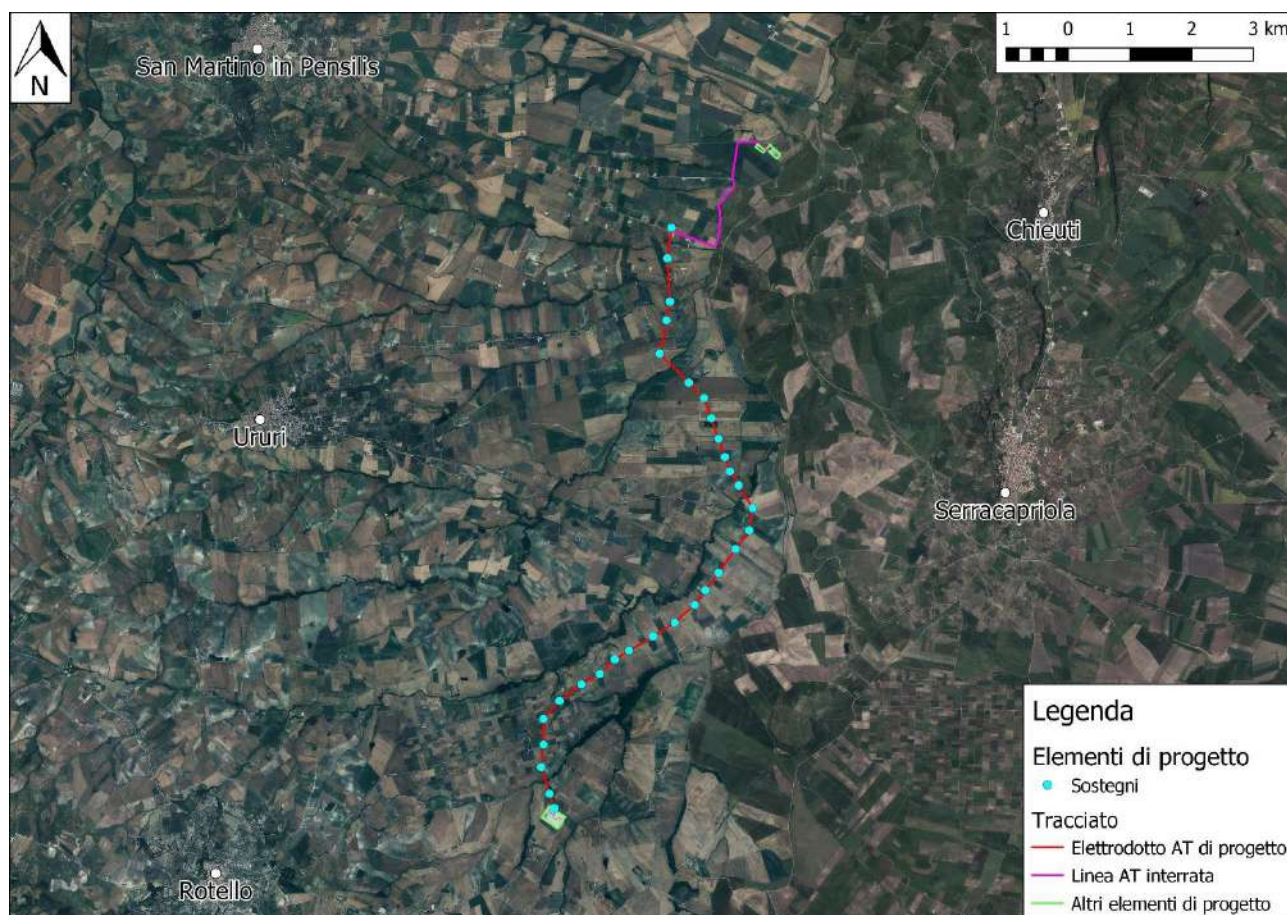


Figura 1 – Tracciato dell'elettrodotto aereo su ortofoto

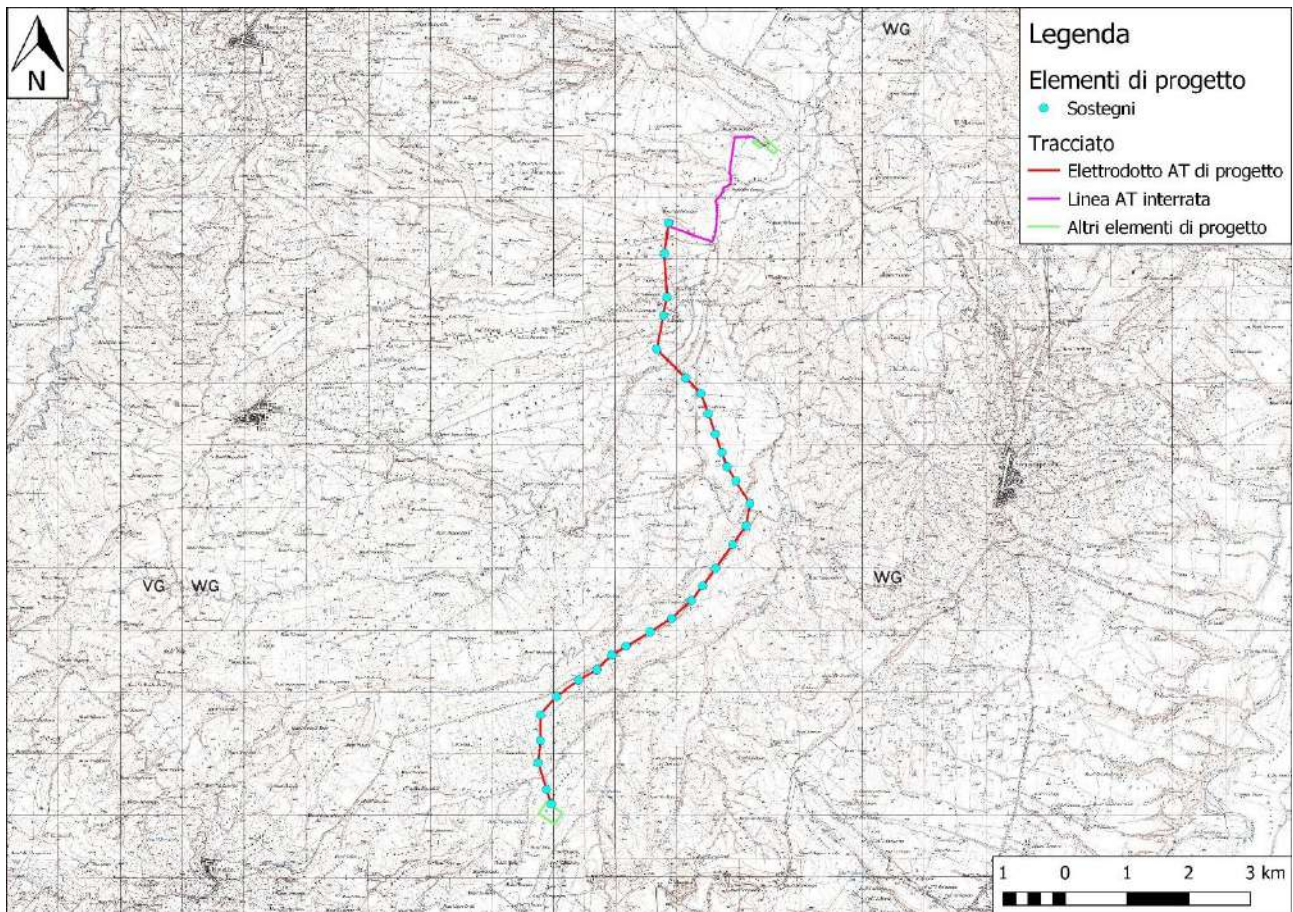


Figura 2 - Tracciato dell'elettrodotto aereo su stralcio IGM a scala 1:25000

1.2. Inquadramento geologico dell'area

Il Molise, dal punto di vista geologico presenta una variabilità elevata, dovuta alla presenza della catena Appenninica e al sistema geologico-strutturale molto complesso presente nell'Italia centro-meridionale.

Spostandosi dall'entroterra fino alla costa adriatica, circa da ovest verso est, si attraversano tre grandi regioni geologiche (Patacca & Scandone, 2007):

- **Area di Catena:** caratterizzata da successioni che costituivano il paleomargine africano, distinte in successioni di piattaforma carbonatica e di bacino, deformate e coinvolte nella strutturazione dell'edificio orogenico;
- **Area di Avanfossa:** caratterizzata da depositi di Avanfossa plio-pleistocenici e depositi all'interno della depressione sviluppatesi sul fronte della catena per subsidenza flessurale della litosfera della Lower plate;
- **Area di Avampaese Apulo:** caratterizzata da una successione rappresentata da evaporiti triassiche e sovrastanti calcari meso-cenozoici di piattaforma, stratigraficamente sovrapposta al basamento cristallino.

Le principali unità tettoniche che costituiscono l'Appennino meridionale, sono riferibili a un dominio interno, alla piattaforma Appenninica (Campano-Lucana), al bacino lagonegrese-molisano, ai Simbruini-Matese, alla Marsica occidentale, al Gran Sasso-Genziana ed alla piattaforma Apula.

Nel Molise, i massicci carbonatici caratterizzano i Monti del Matese, costituiti da calcari, calcari dolomitici, e dolomie di età meso-cenozoica.

Le unità tettoniche riferibili al bacino lagonegrese-molisano, derivanti da un unico grande bacino sono: le unità Lagonegresi, le Unità Molisane e l'Unità del Sannio.

Le Unità Molisane vengono ascritte ad un dominio paleogeografico più o meno articolato di mare profondo, il Bacino Molisano, interposto tra la piattaforma appenninica e quella apula. Esse sono costituite da quattro unità tettonostratigrafiche dall'interno verso l'esterno: Frosolone, Agnone, Tufillo-Serra Palazzo e Daunia.

Le unità molisane si sovrappongono tettonicamente sia alle unità della piattaforma Apula coinvolte nella strutturazione della catena appenninica sia su quelle che costituiscono la monoclinale di Avampaese non deformato. Superiormente, nella zona più interna tali unità molisane sono ricoperte dall'unità dei Simbruini-Matese, mentre nelle zone più esterne da quella del Sannio e dai depositi silicoclastici di bacini *piggy-back* o di Avanfossa pliocenica e pleistocenica (fig. 3).

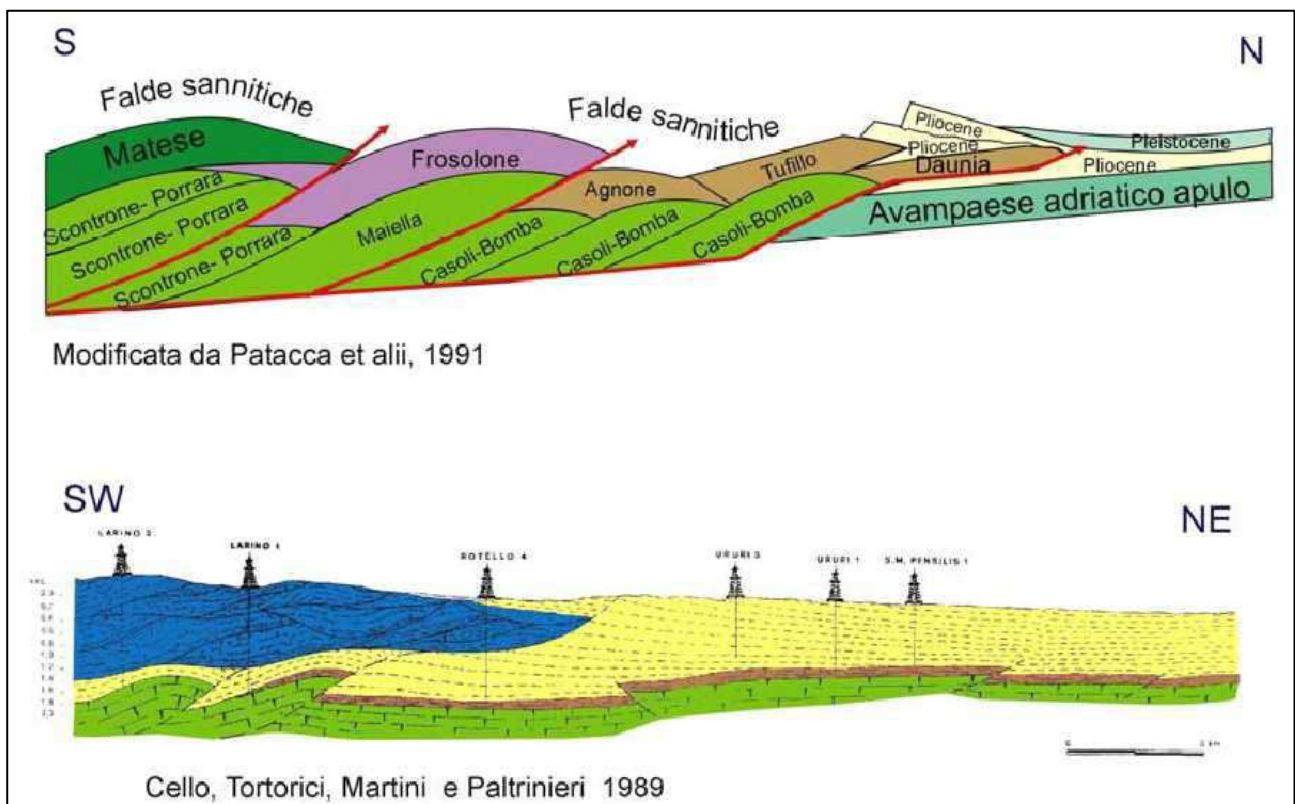


Figura 3 - Sezioni geologiche del territorio molisano tratte da "Analisi del dissesto da frana in Molise" (Roskopf C.M. & Aucelli P.P.C., 2005). In alto sezione schematica della catena a falde di ricoprimento tipica della strutturazione appenninica (struttura a falde sovrapposte). In basso sezione geologica realizzata utilizzando le stratigrafie dei sondaggi profondi effettuati per la ricerca di idrocarburi dall'AGIP

La Falda Sannitica si è deposta ad ovest del dominio di piattaforma appenninica, rappresenta l'unità strutturalmente più alta, e risulta formata da una successione a prevalente componente argillosa (Argille Varicolori), e, subordinatamente, calcareo-quarzarenitica.

I depositi plio-pleistocenici costituiscono i termini di colmamento dell'ultima avanfossa appenninica. Si distinguono due cicli pliocenici, il primo prevalentemente arenaceo-sabbioso, il secondo argilloso sabbioso. Un terzo ciclo (Pliocene Sup. Pleistocene Inf.) di tipo trasgressivo-regressivo, è a prevalente componente argillosa.

La Piattaforma Apula è costituita dalle seguenti unità di piattaforma carbonatica: Morrone-Porrara, Queglia, Maiella, Casoli-Bomba e Monte Alpi.

1.3. Caratteristiche tettoniche generali

La tettonica pliocenica che caratterizza l'area di Avanfossa-Avampaese, a causa della progressiva migrazione di tutto il sistema Catena-Avanfossa-Avampaese, è rappresentata sia da strutture compressive in corrispondenza delle zone frontali della catena e dell'*upper plate*, sia da strutture distensive che hanno comportato la disgiunzione e la frammentazione della *lower plate*, regolando così la subsidenza e controllando la sedimentazione (Bracone V., 2009).

Per quanto riguarda l'attività tettonica durante il Pleistocene, questa ha controllato la sedimentazione all'interno del bacino e deformato i depositi stessi. In particolare, il sollevamento tettonico instauratosi a partire dal Pleistocene inferiore ha comportato nel settore molisano la deformazione dei depositi di Avanfossa ed il loro basculamento verso NE (Patacca et al., 1992; Rapisardi, 1978).

2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DELL'AREA

L'area oggetto del presente studio ricade nel Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (fig. 4).

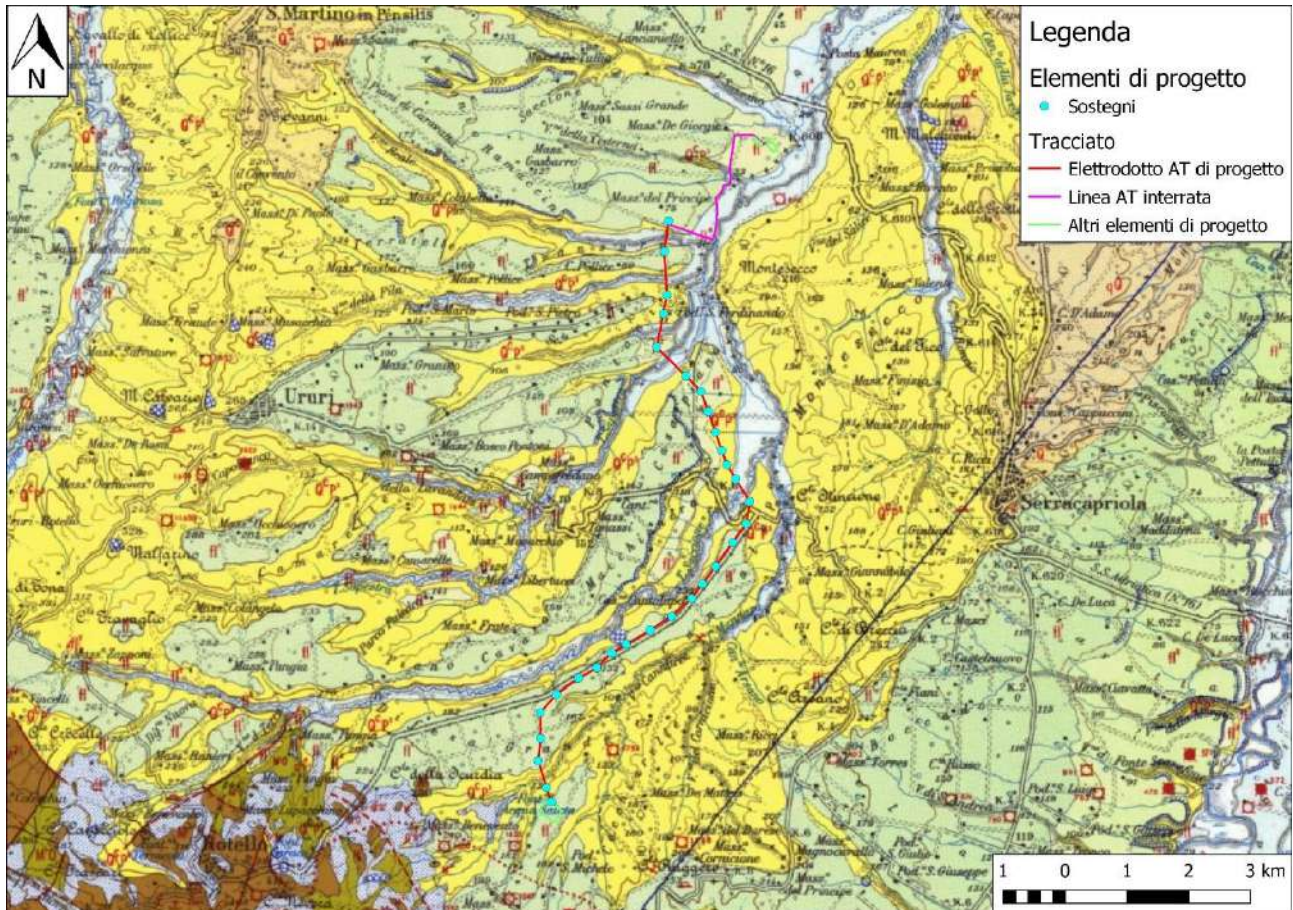


Figura 4 - Stralcio del Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000

Nelle figure successive si riporta la legenda delle formazioni presenti all'interno e nei dintorni dell'area di studio (fig. 5, 6 e 7).

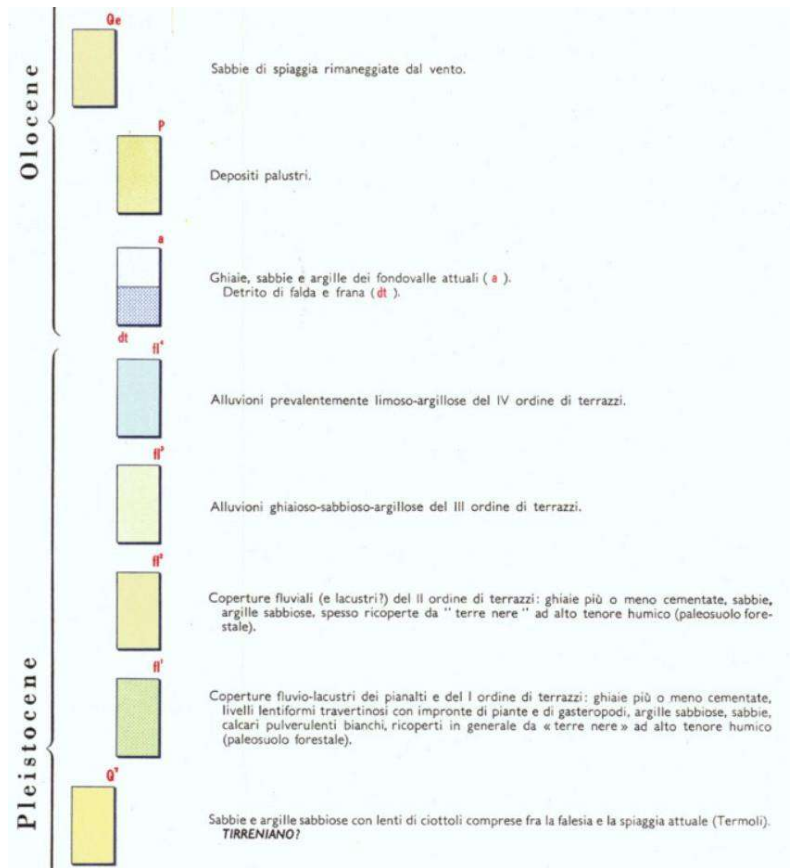


Figura 5 - Legenda del Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (parte 1)

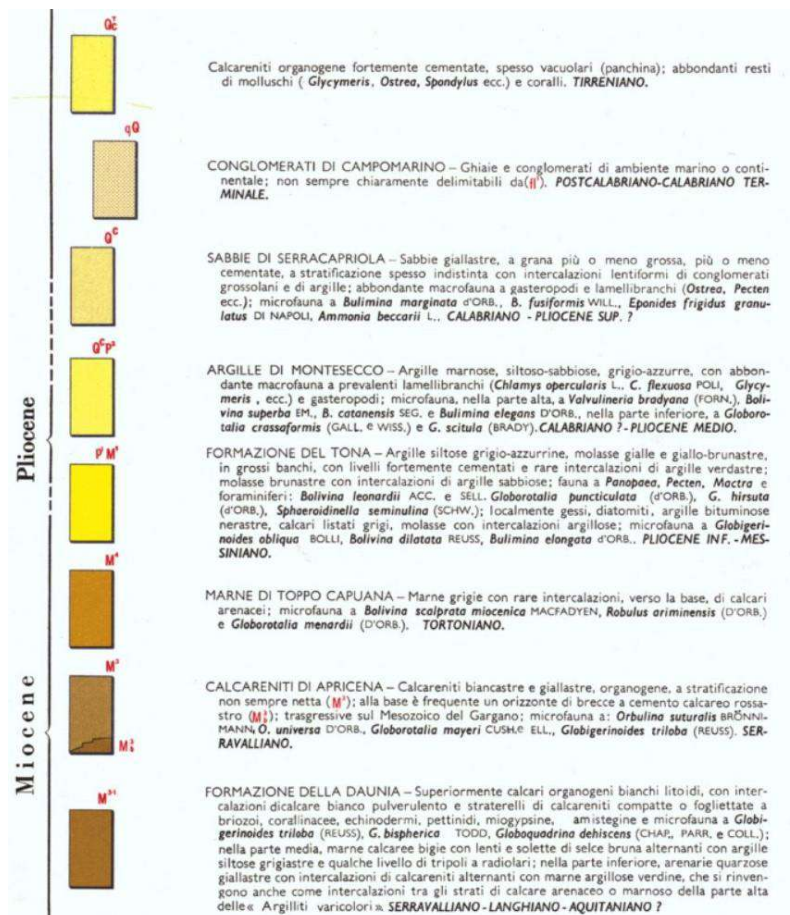


Figura 6 - Legenda del Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (parte 2)

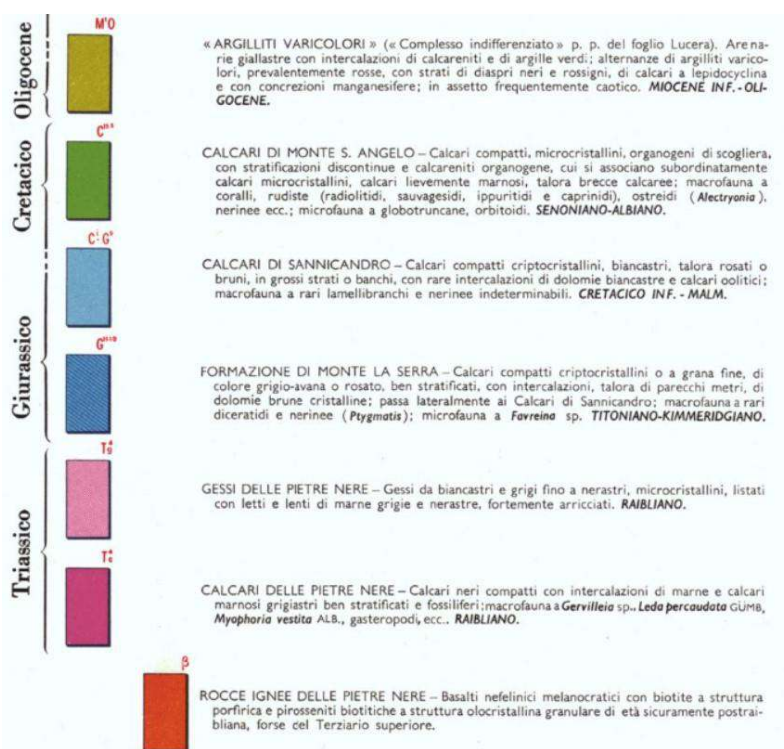


Figura 7 - Legenda del Foglio 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (parte 3)

In particolare, nelle immediate vicinanze delle aree oggetto di intervento, le formazioni maggiormente rappresentate sono le seguenti:

Q^cp² Argille di Montesecco – Si tratta di argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre o giallastre in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose. Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile, mancandone affioramenti sia del letto che del tetto, ma nell'area di intervento dovrebbe poter superare i 500 m. La macrofauna è presente ed abbondante, soprattutto lamellibranchi e gasteropodi. Abbondante anche la microfauna, la cui associazione permette di assegnare a questa formazione un'età compresa tra il Pliocene medio ed il Calabriano (Pleistocene medio).

fl¹ Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi – Si tratta di depositi ghiaiosi più o meno cementati, con lenti travertinose, argille sabbiose, sabbie e calcari pulverolenti, il tutto ricoperto da "terre nere" con alto tenore humico. Questi terreni molto probabilmente non rappresentano un'unica fase deposizionale; la distribuzione, l'altezza e la varietà dei depositi porta a pensare che la rete idrografica che ne ha determinato l'origine fosse profondamente diversa da quella attuale. Essi poggiano, con una superficie erosiva, sui depositi plio-pleistocenici delle Argille di Montesecco. Questi depositi si possono trovare fino ad alcune centinaia di metri più in alto rispetto all'attuale alveo del fiume.

fl² Coperture fluviali del II ordine di terrazzi – Sono presenti ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, anche queste spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico. Questi depositi alluvionali condividono la natura litologica con quelli della formazione fl¹, poiché la provenienza dei clasti che li compongono è la stessa, cioè la catena appenninica, o addirittura i clasti della formazione fl² possono arrivare direttamente dalla formazione fl¹. La disposizione morfologica, caratterizzata da

un marcato fenomeno di terrazzamento, testimonia un'origine prettamente fluviale di questi depositi. Questa formazione si può trovare fino ad 80 metri più in alto rispetto all'attuale alveo del fiume.

fl⁴ **Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi** – All'interno di questa formazione sono presenti limi, argille e sabbie provenienti principalmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici come le Argille di Montesecco precedentemente descritte, sulle quali questi depositi alluvionali poggiano in discordanza erosiva. Queste alluvioni si trovano ad un massimo di 10 metri più in alto rispetto all'attuale alveo del fiume.

3. LITOLOGIA DI DETTAGLIO

L'area che verrà interessata dall'opera in progetto è caratterizzata, in affioramento e fino alla profondità investigata, prevalentemente da tre tipologie di depositi, qui di seguito descritti:

- Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione, con uno spessore medio di circa 1 metro.
- Deposito limoso-argilloso superficiale, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata. Potrebbe dunque far parte sia dei depositi fluvio-lacustri e fluviali del I, II e IV ordine di terrazzi, sia della parte superficiale della formazione delle argille di Montesecco.
- Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose. Esso fa parte della formazione delle argille di Montesecco.

L'area di intervento si trova in una zona che, al di sotto di una sottile copertura di terreno vegetale, presenta una serie di depositi terrazzati che risultano più antichi man mano che ci si allontana dall'attuale alveo fluviale verso le quote più elevate. Le caratteristiche litologiche e geomeccaniche di questi depositi risultano simili, anche se facenti parte di formazioni differenti. Ciò avviene poiché i depositi condividono non solo la tipologia e l'origine (depositi fluviali e fluvio-lacustri), ma anche i materiali di cui sono composti, che arrivano dalla catena appenninica, e dopo una serie di erosioni e rielaborazioni sono stati ridistribuiti all'interno dei vari terrazzi.

Nelle figure 8, 9, 10 e 11 è possibile osservare l'interpretazione stratigrafica del sottosuolo nell'area in studio, attraverso due sezioni stratigrafiche e 3 log stratigrafici.

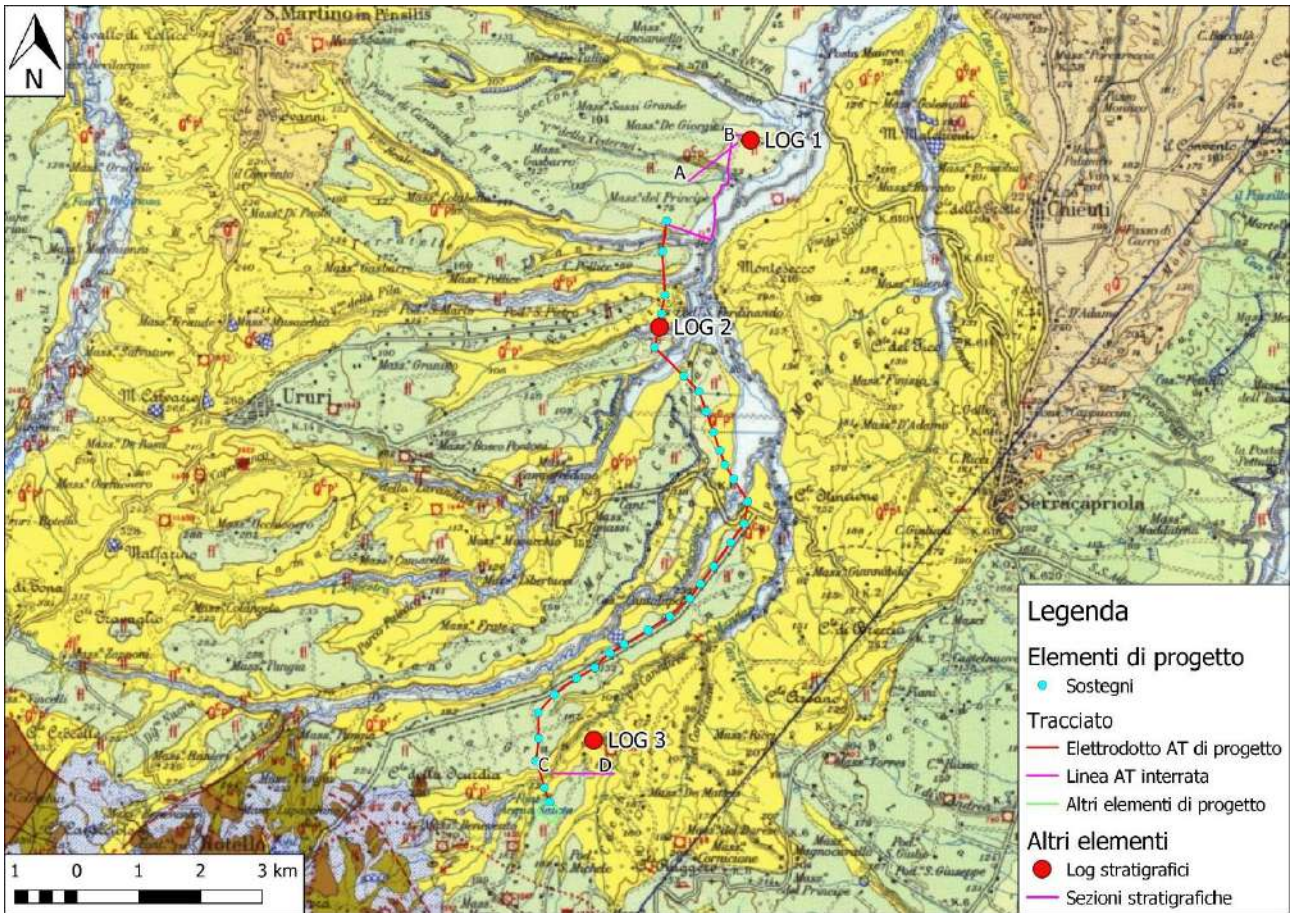
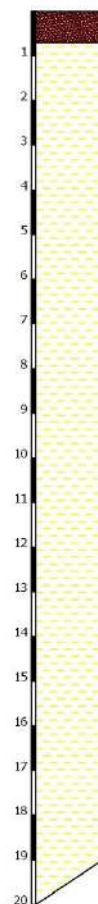
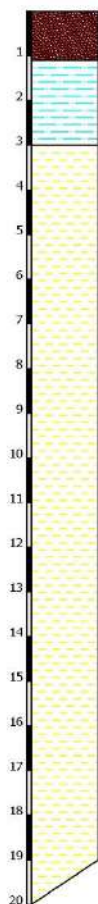
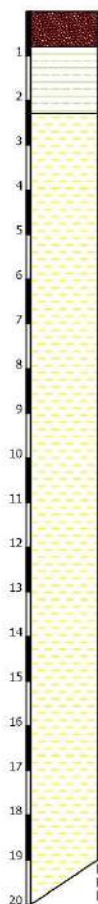


Figura 8 - Ubicazione log stratigrafici e sezioni stratigrafiche

Stratigrafia LOG 1

Stratigrafia LOG 2

Stratigrafia LOG 3



Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.



Deposito limoso-argilloso superficiale, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata; in questa area fa parte dei depositi terrazzati di II ordine.



Deposito limoso-argilloso e leggermente sabbioso superficiale, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata; in questa zona fa parte dei depositi terrazzati di IV ordine.



Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente silteosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.

Figura 9 - Stratigrafie LOG 1, LOG 2 e LOG 3

Sezione AB San Martino in Pensilis

SEZIONE GEOLOGICA

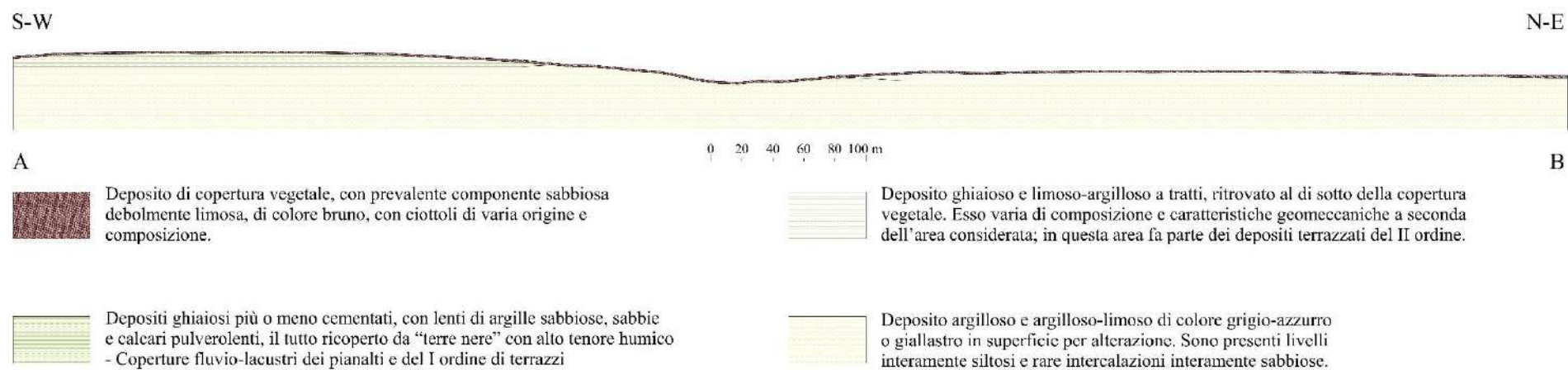
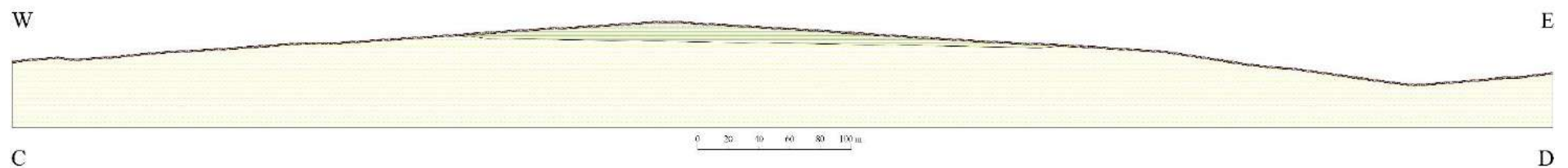


Figura 10 - Sezione Geologica AB

Sezione CD Rotello

SEZIONE GEOLOGICA



Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.



Depositi ghiaiosi più o meno cementati, con lenti di argille sabbiose, sabbie e calcari pulverolenti, il tutto ricoperto da "terre nere" con alto tenore humico
- Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi



Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.

Figura 11 – Sezione Geologica CD

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

4.1. Caratteri geomorfologici generali

L'area di progetto è in gran parte occupata da terreni argillosi, con una copertura sabbioso-ghiaiosa che diventa sempre più estesa e potente man mano che ci si avvicina alla costa. Questi sedimenti si dispongono in pianalti molto regolari con inclinazione dolce inclinazione verso l'attuale linea di costa. La serie è incisa dal torrente Saccione, che passa nelle immediate vicinanze del tracciato in progetto, con una serie di affluenti ed una rete idrografica secondaria normalmente attiva solo nella stagione piovosa.

Fra i sedimenti argillosi e la loro copertura esiste una differenza di erodibilità che dà luogo, in alto, ad un gradino sub verticale abbastanza pronunciato, corrispondente agli affioramenti sabbioso-ghiaiosi, ad esso segue, verso il basso, una scarpata meno ripida, localmente franosa o calanchiva, che caratterizza le argille sottostanti. Questa morfologia con modellamento a colli e dossi poco elevati è tipica delle zone più interne, dove la copertura è stata in gran parte erosa.

Il fenomeno del terrazzamento dei depositi alluvionali è molto pronunciato per i ripiani più recenti; quelli più antichi sono viceversa meno nettamente differenziati ed hanno uno sviluppo asimmetrico rispetto all'asse vallivo. La disposizione di queste alluvioni e l'asimmetria delle valli mostra che, oltre al ciclico sollevamento dei sedimenti nelle zone più interne che determinano l'attuale linea di costa, si è verificato nello stesso tempo o in epoca precedente una elevazione della zona NW; essa avrebbe spostato progressivamente i corsi d'acqua verso SE.

Nell'area di Rotello, caratterizzata da una serie di formazioni litologicamente molto eterogenee, di natura prevalentemente flyschoidi, in cui i terreni di una certa rigidità si intercalano in sedimenti plastici, nei quali prevale la componente argillosa e marnosa. Tale associazione dà luogo ad una morfologia collinare irregolare, con grandi estensioni di pendii detritici ed accentuati fenomeni di franosità. I colli più rilevati si formano in corrispondenza di affioramenti della Formazione della daunia e su di essi sono ubicati i centri abitati.

4.2. Piano Assetto Idrogeologico (PAI) – Rischio geomorfologico

Il PAI individua e distingue tre diverse classi di pericolosità da frana: aree a pericolosità da frana estremamente elevata (PF3), aree a pericolosità da frana elevata (PF2) e aree a pericolosità da frana moderata (PF1).

Appartengono alla classe PF3 quelle aree in cui sono presenti movimenti di massa attivi, con elementi morfologici che testimoniano tale stato di attività. Rientrano in tale classe anche i movimenti gravitativi profondi (DGPV).

Nella classe PF2 sono inserite le aree in cui sono stati distinte forme morfologiche indicanti la presenza di fenomeni gravitativi al momento non attivi, le aree di probabile evoluzione spaziale dei fenomeni censiti con stato attivo, le aree che presentano fenomeni di dissesto superficiali (soliflussi e/o deformazione viscosa dei suoli), le aree in frana stabilizzate artificialmente, nonché le aree che,

pur non presentando attualmente particolari indicazioni morfologiche, potrebbero evolvere attraverso fenomenologie di frana a cinematica rapida (crolli, ribaltamenti, debris flow).

Le aree a moderata pericolosità da frana (PF1) sono quelle che al momento non presentano indicazioni morfologiche di fenomeni superficiali e/o profondi che possano riferirsi a movimenti gravitativi veri e propri. Appartengono a tale classe anche le aree interessate da frane di fatto considerate inattive.

La valutazione della pericolosità geomorfologica (fig. 12) ha messo in evidenza che, nonostante il tracciato sorvoli diverse aree perimetrare come pericolose, solamente il secondo sostegno per l'elevazione della linea aerea, partendo da sud, ricade all'interno di un'area perimetrata come a pericolosità da frana, mentre il terzo sostegno, sempre partendo da sud, si trova pochi metri al di fuori della stessa area perimetrata come pericolosa (fig. 13).

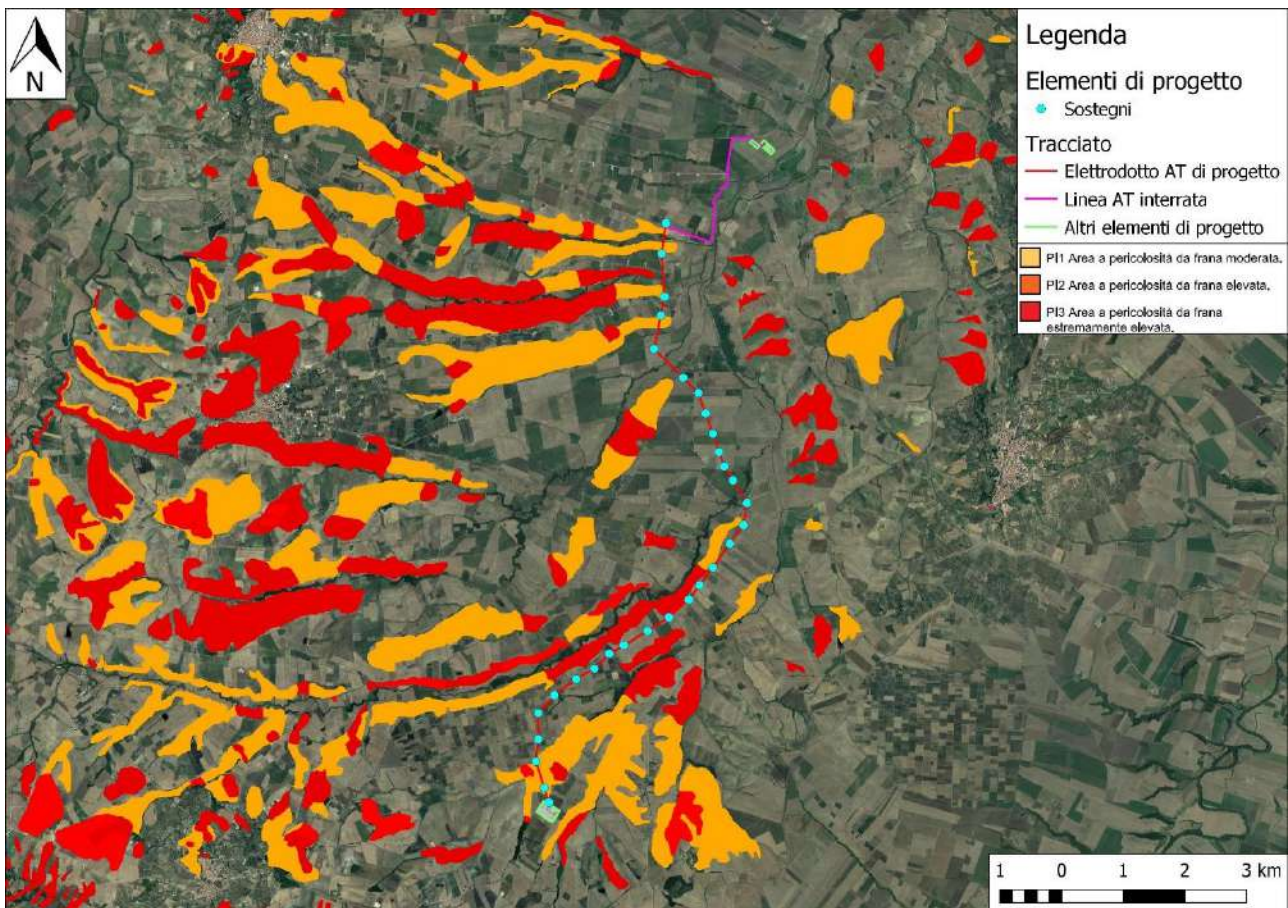


Figura 12 - Tracciato in progetto su carta della pericolosità da frana

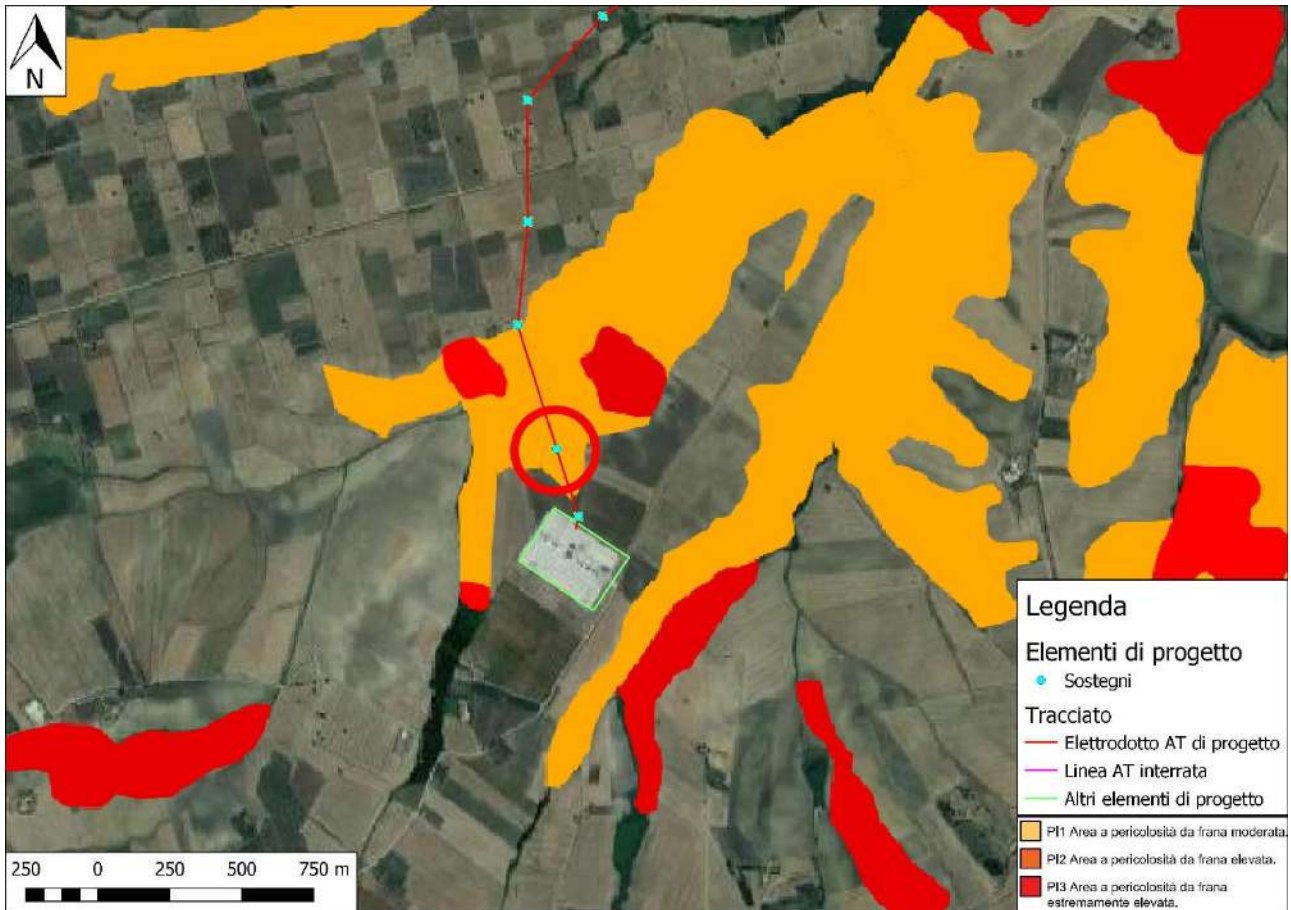


Figura 13 - Dettaglio dell'unico sostegno per l'elevazione della linea aerea ricadente all'interno di un'area perimetrata come a pericolosità da frana

In particolare il sostegno ricade all'interno di un'area PF1 a pericolosità da frana moderata.

5. CARATTERI IDROGEOLOGICI E DI PERMEABILITÀ

5.1. Caratteri idrogeologici e di permeabilità generali

L'idrografia superficiale del Molise è caratterizzata dalla presenza di quattro corsi d'acqua principali a sbocco adriatico (F. Trigno, F. Biferno, F. Fortore e F. Saccione) e di una fitta rete di ordine inferiore (fig. 14). I corsi d'acqua principali presentano uno spiccato controllo tettonico in quanto il loro asse (SW-NE) è in perfetta sintonia con i maggiori sistemi dislocativi presenti nel tratto di Catena Appenninica.

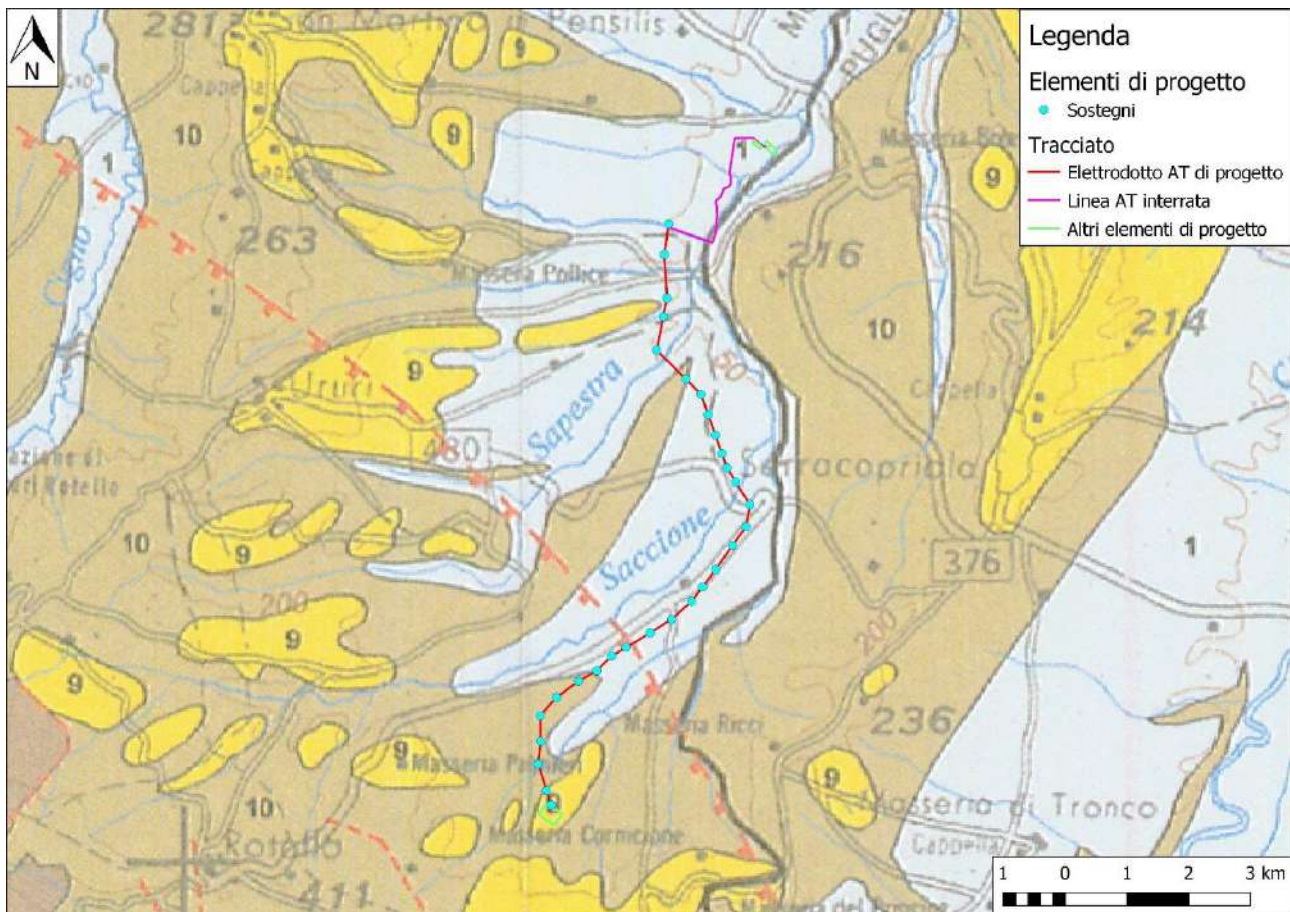


Figura 14 - Tracciato in progetto su stralcio della Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale in scala 1:250000 Realizzata da Celico et al., 1997 per DSTN (oggi ISPRA)

Da un punto di vista idrogeologico è possibile individuare sul territorio tre fasce con caratteristiche di permeabilità sensibilmente differenti. La fascia montana delle strutture carbonatiche, la fascia collinare dei complessi argilloso marnoso in facies di flysch che bordano le strutture carbonatiche ed infine la fascia costiera a cui possono essere assimilate anche le coperture vallive alluvionali intramontane caratterizzate da depositi alluvionali. Le diversità litologiche e strutturali, condizionano i caratteri idrogeologici in quanto controllano i processi di infiltrazione e la circolazione sotterranea.

Nell'area di affioramento dei calcari della piattaforma carbonatica, che si affaccia sulla piana di Boiano, l'assetto tettonico è caratterizzato da importanti piani di faglia che fratturano intensamente la roccia conferendole elevata permeabilità. Sono inoltre presenti fenomeni accentuati di carsismo ipogeo. L'acquifero presente all'interno di questo complesso crea numerose importanti emergenze,

tra queste le sorgenti del Biferno e Riofreddo. Acquiferi di minore importanza possono essere rinvenuti in corrispondenza delle alluvioni terrazzate o dei livelli sabbioso-arenacei sovrapposti a litologie argillose.

In corrispondenza dell'affioramento dei materiali argillosi la permeabilità è da bassa a nulla ad eccezione dei livelli arenaci o calcarenitici che danno origine a piccole emergenze collegate a falde locali. Molto spesso gli olistostromi litoidi (depositi di origine sedimentaria a struttura prevalentemente "pseudo brecciata", derivanti dalla rottura, con accumulo dei frammenti da essa originati, degli strati più coerenti, come calcarei o marne, di una successione sedimentaria soggetta a "scivolamento gravitativo", con conseguente ripiegamento degli strati stessi) che lasciano la parte bassa delle vallate importanti, determinano emergenze idriche non trascurabili, collegate agli acquiferi contenuti nella massa calcarea, che si manifestano al contatto tra gli olistostromi e le argille in cui gli stessi sono inglobati. Le litologie argillose sono caratterizzate da permeabilità molto bassa che favorisce un deflusso superficiale su un reticolo fluviale di tipo detritico.

I terreni affioranti nella zona di studio possono essere divisi, dal punto di vista idrogeologico, in 3 unità, di seguito ordinate per coefficiente di permeabilità decrescente:

- 1) La prima è costituita da due formazioni, cioè dalle coperture fluviali e fluvio-lacustri del I e del II ordine di terrazzi, formate principalmente da ghiaie più o meno cementate, con livelli e lenti di sabbie e argille sabbiose, permeabili per porosità con valori compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-1} \text{ e } K = 1 \times 10^{-3};$$

- 2) La seconda è costituita dai depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi del IV ordine di terrazzi, permeabili per porosità con valori compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-6} \text{ e } K = 1 \times 10^{-8};$$

- 3) La terza è costituita dalla formazione delle Argille di Montesecco, quasi del tutto impermeabili, con valori del coefficiente di permeabilità compresi tra:

$$K = 1 \times 10^{-6} \text{ e } K = 1 \times 10^{-9}.$$

5.2.Reticolo idrografico

Nell'area in esame, l'asta idrografica principale è rappresentata dal T. Saccione: esso nasce dal Colle Frascari presso Montelongo, ad una quota di 437 m s.l.m., e si snoda per una lunghezza di 38 km, segnando, nella seconda metà del suo corso, il confine regionale tra Molise e Puglia. Ha un bacino drenante di 289.5 km², di cui 166.7 in territorio molisano. I suoi affluenti di sinistra sono vallone della Pila, vallone di Reale, vallone della Sapestra, vallone Sassani; quelli di destra vallone di Montorio, vallone della Terra presso Rotello e vallone Cannucce. Sfocia nel Mar Adriatico Presso Torre Fantina, località Chieuti (FG) (fig. 15).

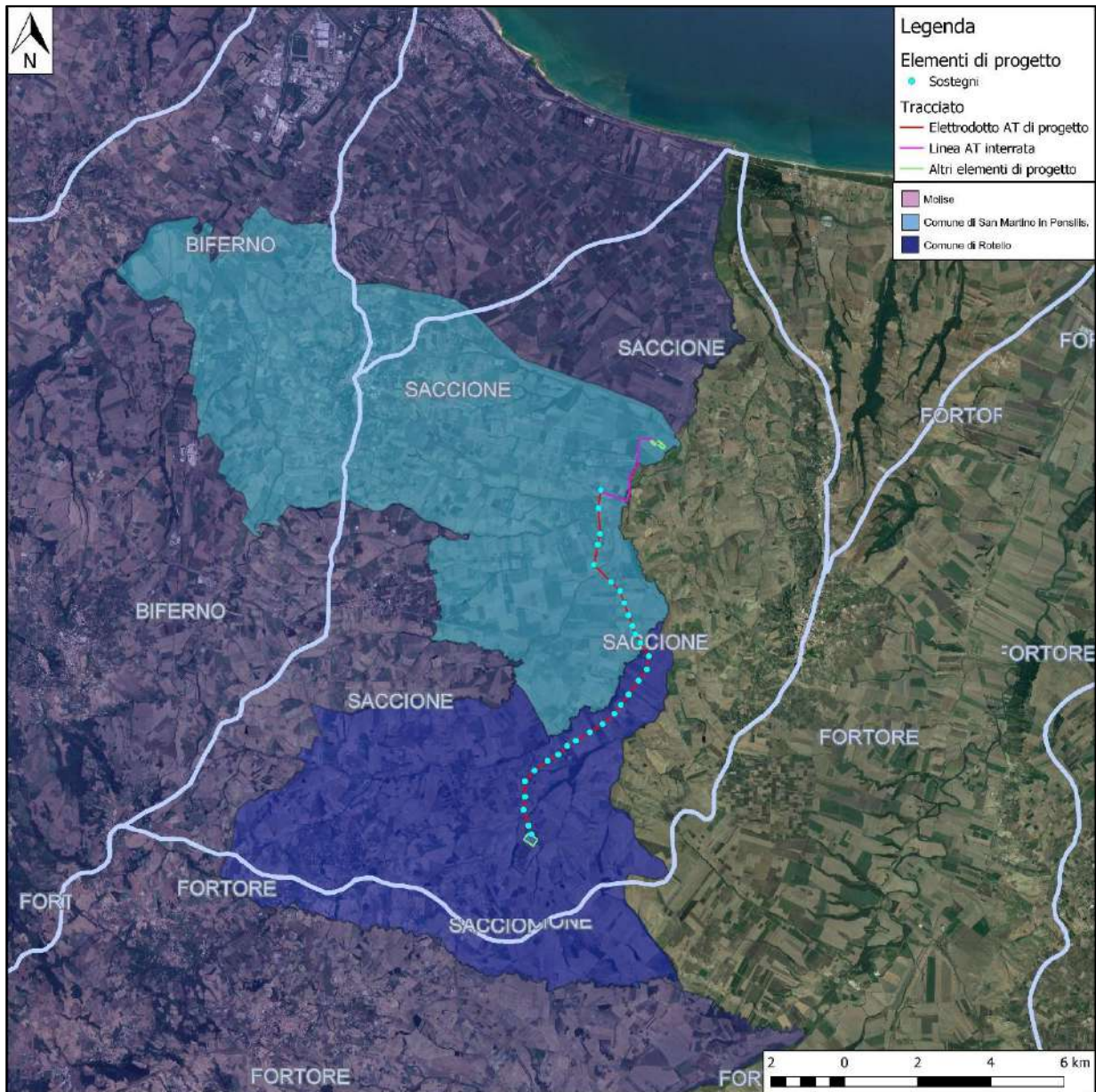


Figura 15 - Bacino idrografico del Fiume Saccione

5.3. Piano Assetto Idrogeologico (PAI) – Rischio idraulico

L'intero territorio oggetto di indagine ricade all'interno del bacino idrografico del Torrente Saccione, in Molise, quindi sotto la giurisdizione dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore. Per ognuno dei singoli bacini idrografici tale Autorità di Bacino ha predisposto uno specifico piano stralcio.

Il Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino Interregionale del Fiume Saccione, che in parte comprende anche il territorio pugliese, è stato approvato dal Comitato Tecnico nella seduta n. 25 del 16 dicembre 2004 e adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 99 del 29 settembre 2006.

Il PAI individua e distingue tre diverse classi di pericolosità da alluvione: aree a pericolosità da alluvione alta (PI3), aree a pericolosità da alluvione media (PI2) e aree a pericolosità da alluvione bassa (PI1).

La valutazione della pericolosità idraulica (fig. 16) ha messo in evidenza che, nonostante il tracciato sorvoli diverse aree perimetrate come pericolose, nessuno dei sostegni per l'elevazione della linea aerea, ricade all'interno di un'area perimetrata come a rischio alluvione.

Ricadono però all'interno delle aree perimetrata come pericolose circa 1.5 km di linea AT interrata, come è possibile osservare nella figura 16B.

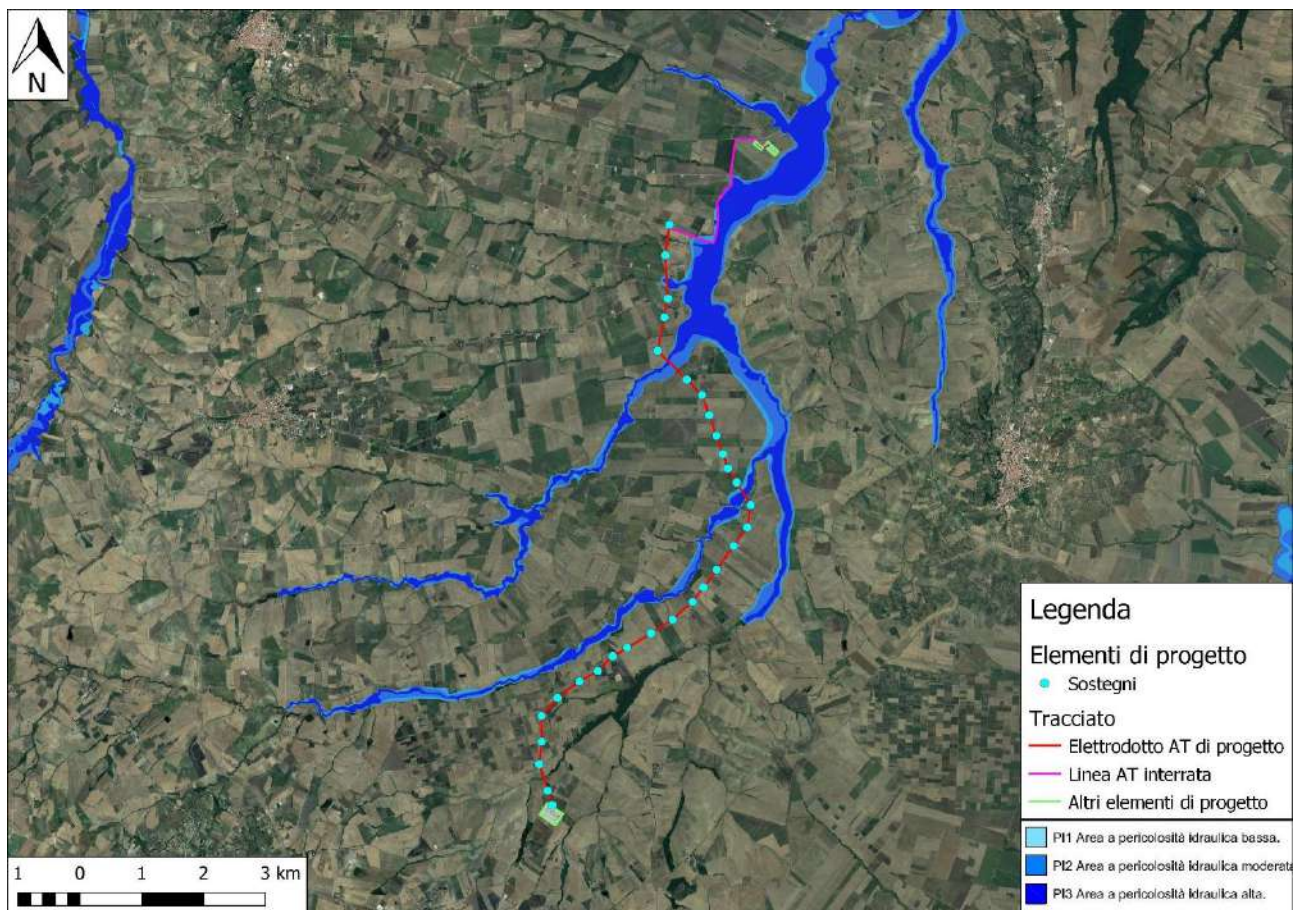


Figura 16 - Tracciato in progetto su carta della pericolosità da alluvione

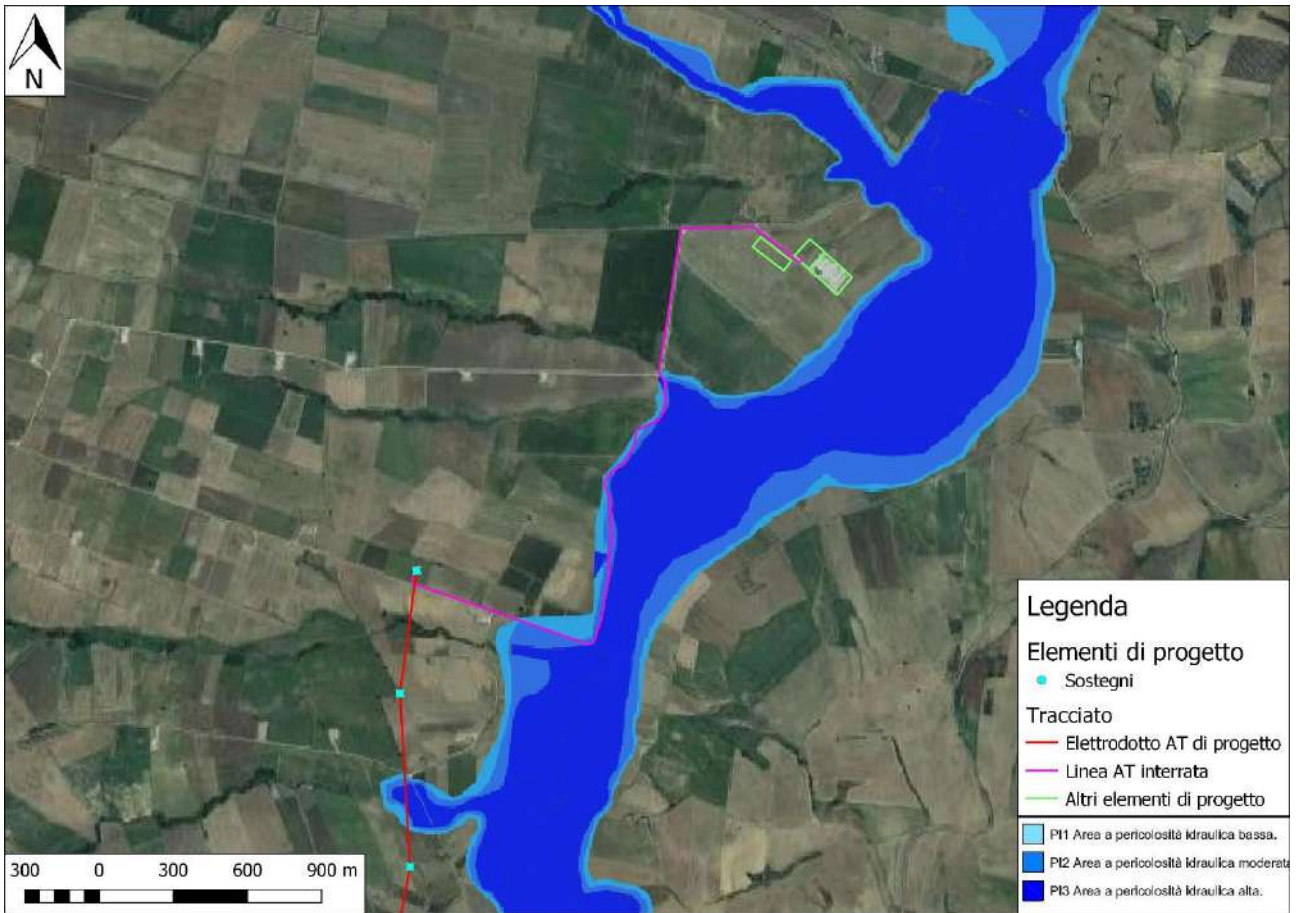


Figure 16B – Dettaglio del tratto di linea AT interrata ricadente all'interno di un'area perimetrata come a pericolosità idraulica

6. CARATTERI GEOLOGICO-TECNICI INDICATIVI

6.1. Prove penetrometriche

Per caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni dell'area di intervento, e fornire delle indicazioni sui depositi presenti al di sotto del piano campagna, sono state effettuate n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue DL-30. Questa tipologia di prova penetrometrica è tipica del territorio italiano, ed è classificabile per l'ISSMFE come una prova di tipo "MEDIO" (DPM).

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- Massa battente $M = 30$ kg;
- Altezza di caduta $H = 0.20$ m;
- Passo di avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60^\circ$);
- Diametro $D = 35.7$ mm;
- Area base cono $A=10$ cm²;
- Rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.



La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari affinché essa affondi per un determinato spessore (fig. 17).

Le prove DL-30 eseguite, PP1, PP2 e PP3 (fig. 18) hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo fino ad una profondità massima di 7.30 m a partire dal piano di indagine, discretizzandolo in una serie di strati a differente comportamento in funzione del numero di colpi misurati durante le fasi di avanzamento con un passo di 0.10 m.

Figura 17 - Realizzazione della prova penetrometrica PPI

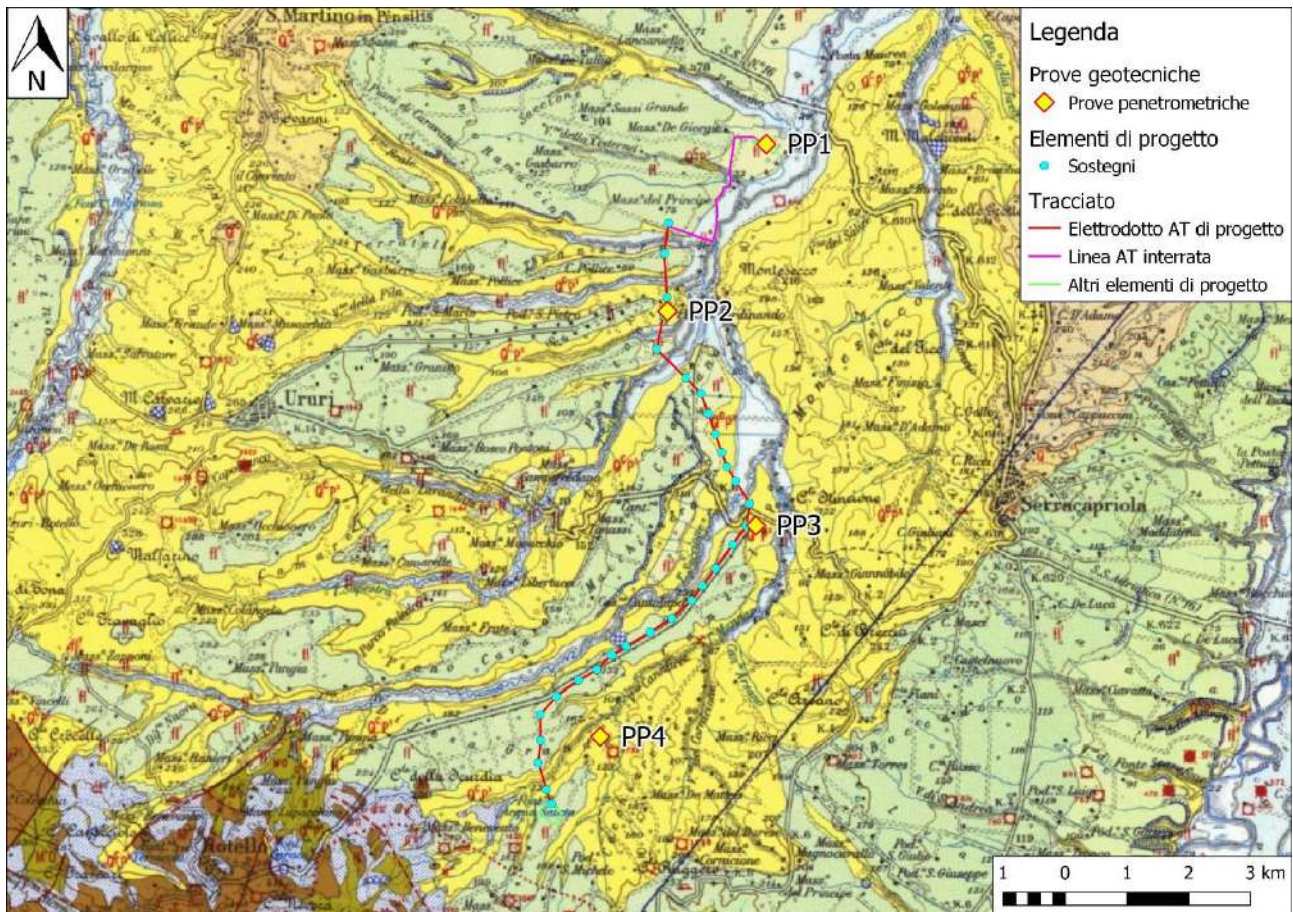


Figura 18 - Ubicazione prove penetrometriche su Carta Geologica

La prova **PP1**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 4.3 m, ha evidenziato 3 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 0.8 m corrispondente alla copertura vegetale sabbioso limosa, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 1.5 m correlabile ad un deposito di limo argilloso, il terzo strato con uno spessore di almeno 2 m ed è correlabile ad una argilla limosa. Durante la prova non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale.

La prova **PP2**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 4.3 m, ha evidenziato 3 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 1.1 m corrispondente alla copertura vegetale sabbioso limosa, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 2 m correlabile ad un deposito di limo argilloso, il terzo ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 1.2 m è correlabile ad un'argilla limosa. Durante la prova non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale.

La prova **PP3**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 5.2 m, ha evidenziato 3 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 1.4 m corrispondente alla copertura vegetale sabbioso limosa, a seguire il secondo strato, avente spessore pari a 1.7 m correlabile ad un deposito di limo argilloso, il terzo ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 2.1 m è correlabile ad un'argilla limosa. Durante la prova non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale.

La prova **PP4**, che ha raggiunto la massima profondità di investigazione a 4.9 m, ha evidenziato 3 strati con diverse caratteristiche. Un primo strato avente spessore pari a 0.7 m corrispondente alla copertura vegetale sabbioso limosa, il secondo strato avente spessore pari a 1.5 m è correlabile ad un deposito di limo argilloso, il terzo ed ultimo strato, con uno spessore di almeno 2.7 m è correlabile ad un'argilla limosa. Durante la prova non è stata rilevata la presenza di una falda superficiale.

I metodi utilizzati per la realizzazione delle prove e le ricostruzioni grafiche delle stratigrafie incontrate sono contenute all'interno dell'allegato "Prove penetrometriche dinamiche continue - Report San Martino e Rotello (CB)".

Nelle seguenti tabelle (non numerate) sono riportati i valori dei parametri geotecnici stimati attraverso le prove penetrometriche appena descritte e le correlazioni utilizzate. Per la copertura vegetale sono state utilizzate le correlazioni tipiche dei terreni incoerenti, per i restanti strati quelle dei terreni coesivi.

6.2. Prova penetrometrica PP1

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	5.38	17.95	Incoerente - coesivo	1.71	1.87	0.76	4.09	Sabbia
2.3	15.47	48.01	Incoerente - coesivo	2.01	2.21	0.76	11.77	Limo argilloso
4.3	28.05	80.37	Incoerente - coesivo	2.09	2.31	0.76	21.35	Argilla limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vanneli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Sabbia	4.09	0.80	0.26	0.51	0.00	0.17	0.40	0.54	0.37	0.74	0.21	0.63	0.51
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	0.79	1.47	0.00	0.47	1.16	1.44	1.03	1.35	0.59	1.77	1.47
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	1.44	2.67	0.00	0.82	2.11	2.41	1.80	2.21	1.07	3.81	2.67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Robertson (1983)	8.18
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Robertson (1983)	23.54
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Robertson (1983)	42.70

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia	4.09	0.80	18.77	61.35	43.51	51.13
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	54.00	--	121.84	117.70
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	97.95	--	219.55	213.50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia	4.09	0.80	26.64	40.90
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	114.96	117.70
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	225.13	213.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia	4.09	0.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Meyerhof	1.71
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Meyerhof	2.01
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Meyerhof	1.87
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Meyerhof	2.21
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Meyerhof	2.13

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Ohta & Goto (1978) Limi	73.14
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Ohta & Goto (1978) Limi	114.05
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Ohta & Goto (1978) Limi	146.28

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	21.81	48.45	67.77
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	38.52	72.5	77.1
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	49.26	90.95	91.77

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	28.17	21.17	29.15	33.11	31.28	0	<30	22.83	28.23	31.04
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	30.36	23.36	31.3	31.7	34.33	38.15	<30	28.29	30.53	39.43
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	33.1	26.1	33.98	31.75	37.47	40.73	30-32	32.9	33.4	44.06

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	---	32.72	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	244.88	94.16	139.59	268.27	133.85
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	329.81	170.80	252.63	340.12	181.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	---	35.87	29.04	56.24
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	70.62	51.64	83.57	90.49
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	128.10	71.32	151.59	133.22

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Terzaghi-Peck 1948	1.50
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Terzaghi-Peck 1948	1.61

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Terzaghi-Peck 1948	1.93
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Terzaghi-Peck 1948	2.00

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Ohta & Goto (1978) Limi	73.14
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Ohta & Goto (1978) Limi	114.05
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Ohta & Goto (1978) Limi	146.28

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Navfac 1971-1982	0.77
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Navfac 1971-1982	2.48
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Navfac 1971-1982	4.28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Robertson 1983	8.18
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Robertson 1983	23.54
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Robertson 1983	42.70

6.3. Prova penetrometrica PP2

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.1	6.73	27.45	Incoerente - coesivo	1.77	1.88	0.78	5.27	Sabbia debolmente limosa
3.1	15.3	57.4	Incoerente - coesivo	2.02	2.22	0.78	11.98	Limo argilloso
4.3	30.67	106.71	Incoerente - coesivo	2.11	2.32	0.78	24.01	Argilla limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	0.33	0.66	0.00	0.21	0.51	0.82	0.48	0.83	0.26	0.80	0.66
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	0.81	1.50	0.00	0.48	1.18	1.72	1.05	1.36	0.60	1.69	1.50
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	1.62	3.00	0.00	0.92	2.38	3.20	2.00	2.47	1.20	4.29	3.00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Robertson (1983)	10.54
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Robertson (1983)	23.96
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Robertson (1983)	48.02

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia debol. limosa	5.27	1.10	24.18	79.05	55.54	65.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	54.96	--	123.98	119.80
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	110.16	--	246.68	240.10

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	40.21	52.70
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	117.37	119.80
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	255.72	240.10

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Meyerhof	1.77
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Meyerhof	2.02
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Meyerhof	2.11

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Meyerhof	1.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Meyerhof	2.22
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Meyerhof	2.20

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	Ohta & Goto (1978) Limi	81.26
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Ohta & Goto (1978) Limi	121.31
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Ohta & Goto (1978) Limi	152.61

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	25.94	53.99	69.74
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	36.84	69.41	71.47
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	49.14	90.29	89.45

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	28.51	21.51	29.48	32.75	31.78	0	<30	23.89	28.58	33.14
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	30.42	23.42	31.35	31.03	34.41	37.72	<30	28.41	30.59	39.17
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	33.86	26.86	34.72	31.26	38.21	40.64	30-32	33.98	34.2	44.47

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	---	42.16	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	247.06	95.84	142.06	269.85	134.90
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	349.76	192.08	284.02	360.08	195.05

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	---	38.29	37.42	61.50
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	71.88	52.07	85.06	91.43
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	144.06	76.78	170.47	145.08

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	5.27	Terzaghi-Peck 1948	1.42
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Terzaghi-Peck 1948	1.50
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Terzaghi-Peck 1948	1.64

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	5.27	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Terzaghi-Peck 1948	2.02

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Ohta & Goto (1978) Limi	81.26
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Ohta & Goto (1978) Limi	121.31
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Ohta & Goto (1978) Limi	152.61

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Navfac 1971-1982	1.05
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Navfac 1971-1982	2.52
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Navfac 1971-1982	4.72

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Robertson 1983	10.54
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Robertson 1983	23.96
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Robertson 1983	48.02

6.4.Prova penetrometrica PP3

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.4	5.07	20.32	Incoerente - coesivo	1.7	1.87	0.12	0.78	3.97
3.1	14.35	53.51	Incoerente - coesivo	2.00	2.20	0.41	0.78	11.24
5.2	28.76	98.12	Incoerente - coesivo	2.06	2.26	0.58	0.78	22.52

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	0.25	0.50	0.00	0.16	0.39	0.61	0.36	0.73	0.20	0.54	0.50
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	0.76	1.41	0.00	0.45	1.11	1.61	0.99	1.30	0.56	1.56	1.41
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	1.52	2.82	0.00	0.87	2.23	2.94	1.89	2.32	1.13	4.02	2.82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Robertson (1983)	7.94
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Robertson (1983)	22.48
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Robertson (1983)	45.04

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	18.21	59.55	42.28	49.63
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	51.57	--	116.43	112.40
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	103.32	--	231.48	225.20

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	25.26	39.70
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	108.86	112.40
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	238.58	225.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Meyerhof	1.70
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Meyerhof	2.00
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Meyerhof	2.11

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Meyerhof	1.87
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Meyerhof	2.20
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Meyerhof	2.16

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	Ohta & Goto (1978) Limi	81.06
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Ohta & Goto (1978) Limi	121.58
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Ohta & Goto (1978) Limi	154.31

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	20.29	46.24	57.79
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	35.28	66.89	68.81
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	47.96	88.15	87.56

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	3.97	28.13	21.13	29.11	31.86	31.23	0	<30	22.72	28.19	30.58
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	30.21	23.21	31.15	30.87	34.14	37.36	<30	27.98	30.37	38.57
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	33.43	26.43	34.31	31.24	37.8	40.34	30-32	33.38	33.76	43.99

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	---	31.76	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	239.31	89.92	133.33	264.30	131.20
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	338.73	180.16	266.44	348.90	187.60

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	---	35.62	28.19	55.71
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	67.44	50.55	79.80	88.13
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	135.12	73.72	159.89	138.44

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Terzaghi-Peck 1948	1.49
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Terzaghi-Peck 1948	1.62

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	3.97	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Terzaghi-Peck 1948	1.93
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Terzaghi-Peck 1948	2.01

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Ohta & Goto (1978) Limi	81.06
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Ohta & Goto (1978) Limi	121.58
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Ohta & Goto (1978) Limi	154.31

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Navfac 1971-1982	0.75
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Navfac 1971-1982	2.36
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Navfac 1971-1982	4.48

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Robertson 1983	7.94
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Robertson 1983	22.48
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Robertson 1983	45.04

6.5. Prova penetrometrica PP4

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.7	1	3.34	Incoerente - coesivo	1.46	1.84	0.05	0.76	0.76
2.2	16.87	52.84	Incoerente - coesivo	2.03	2.23	0.25	0.76	12.84
4.9	26.41	74.93	Incoerente - coesivo	2.10	2.34	0.41	0.76	20.1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.05	0.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.07	0.50	0.04	0.06	0.10
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	0.87	1.61	0.00	0.51	1.26	1.59	1.12	1.44	0.64	1.97	1.61
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	1.36	2.51	0.00	0.78	1.99	2.25	1.70	2.09	1.01	3.59	2.51

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Robertson (1983)	1.52
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Robertson (1983)	25.68
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Robertson (1983)	40.20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia	0.76	0.70	3.49	11.40	9.54	9.50
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	58.91	--	132.75	128.40
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	92.22	--	206.80	201.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia	0.76	0.70	-11.66	7.60
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	127.26	128.40
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	210.75	201.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia	0.76	0.70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Meyerhof	1.46
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Meyerhof	2.03
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Meyerhof	1.84
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Meyerhof	2.23
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Meyerhof	2.31

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Ohta & Goto (1978) Limi	53.27
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Ohta & Goto (1978) Limi	114.3
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Ohta & Goto (1978) Limi	146.81

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0	21.12	32.72
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	41.12	77.02	82.99
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	48.43	89.5	90.93

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof of (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	27.22	20.22	28.21	31.01	29.82	0	<30	18.38	27.23	16.41
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	30.67	23.67	31.6	32.11	34.72	38.78	30-32	28.88	30.85	40.32
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	32.74	25.74	33.63	31.81	37.1	40.53	30-32	32.36	33.03	43.65

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	---	6.08	---	---	---
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	255.77	102.72	152.21	276.30	139.20
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	320.01	160.80	237.88	330.75	175.50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	---	29.03	5.40	41.39
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	77.04	53.84	91.16	95.27
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	120.60	68.75	142.71	127.65

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Terzaghi-Peck 1948	1.35
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Terzaghi-Peck 1948	1.51
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Terzaghi-Peck 1948	1.60

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Ohta & Goto (1978) Limi	53.27
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Ohta & Goto (1978) Limi	114.3
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Ohta & Goto (1978) Limi	146.81

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Navfac 1971-1982	-0.04
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Navfac 1971-1982	2.69
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Navfac 1971-1982	4.07

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Robertson 1983	1.52
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Robertson 1983	25.68
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Robertson 1983	40.20

7. AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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

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

In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d’uso significativi;

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

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la

costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali. Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di PVR forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento che di seguito si riporta:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria Descrizione

A *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

B *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) NSPT₃₀ (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle presenti norme D.M. 17/01/2018.

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

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

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Descrizione del moto sismico in superficie e sul piano di fondazione

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Salvo quanto specificato nel § 7.11 del D.M. per le opere e i sistemi geotecnici la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato (v. Cap. 7) e purché il sito nel quale la costruzione sorge non sia in Zone 3 e 4.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento; in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico. La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale. In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Spettro di risposta elastico in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi ovvero l'azione sismica deve essere descritta mediante accelerogrammi.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Quale che sia la probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale. Nelle formuli precedentemente descritte inoltre S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$\mathbf{S} = \mathbf{SS} \cdot \mathbf{ST}, \quad (3.2.5)$$

essendo \mathbf{SS} il coefficiente di amplificazione stratigrafica e \mathbf{ST} il coefficiente di amplificazione topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55,$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T^*C = CC \cdot T_C, \quad (3.2.7)$$

dove *

T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e CC è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.V);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante,

$$T_B = T_C / 3, \quad (3.2.8)$$

TD è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2 del D.M., la forma spettrale su sottosuolo di categoria **A** è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico ST e il coefficiente CC che modifica il valore del periodo T_C .

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e CC valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di O_F e T^*C relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_C

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali T e S_{ve} sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{ng}}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_0 , S , \cdot sono definiti nel § 3.2.3.2.1 del D.M. per le componenti orizzontali; i valori di S_S , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VII.

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tab. 3.2.VI.

Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali $S_{De}(T)$ si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione $S_e(T)$ mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \times \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

purché il periodo di vibrazione T non ecceda i valori T_E indicati in Tab. 3.2.VIII.

Tabella 3.2.VIII – Valori dei parametri T_E e T_F

Categoria sottosuolo	T_E [s]	T_F [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

Per periodi di vibrazione eccedenti T_E , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle formule seguenti:

per $T_E < T < T_F$

$$S_{De}(T) = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D \cdot \left[F_0 \cdot \eta + (1 - F_0 \cdot \eta) \cdot \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right]$$

per $T > T_F$

$$S_{De}(T) = d_g$$

dove tutti i simboli sono già stati definiti, ad eccezione di d_g , definito nel paragrafo successivo.

Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0,025 \cdot a_g \cdot S \cdot TC \cdot TD$$

$$v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot TC$$

dove a_g , S , TC , TD assumono i valori già utilizzati al § 3.2.3.2.1 del D.M..

Spettri di progetto per gli stati limite di esercizio

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata.

Spettri di progetto per gli stati limite ultimi

Qualora le verifiche agli stati limite ultimi non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovreresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule \cdot con $1/q$, dove q è il fattore di struttura si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

Impiego di accelerogrammi

Gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di accelerogrammi, o artificiali o simulati o naturali. Ciascun accelerogramma descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali ed una verticale) costituisce un gruppo di accelerogrammi.

La durata degli accelerogrammi artificiali deve essere stabilita sulla base della magnitudo e degli altri parametri fisici che determinano la scelta del valore di a_g e di SS . In assenza di studi specifici la durata della parte pseudo-stazionaria degli accelerogrammi deve essere almeno pari a 10 s; la parte pseudo-stazionaria deve essere preceduta e seguita da tratti di ampiezza crescente da zero e decrescente a zero, di modo che la durata complessiva dell'accelerogramma sia non inferiore a 25 s. Gli accelerogrammi artificiali devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno

scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15s \div 1,5T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. Nel caso di costruzioni con isolamento sismico, il limite superiore dell'intervallo di coerenza è assunto pari a $1,2 T_s$, essendo T_s il periodo equivalente della struttura isolata, valutato per gli spostamenti del sistema d'isolamento prodotti dallo stato limite in esame. L'uso di accelerogrammi artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici. L'uso di accelerogrammi generati mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione. L'uso di accelerogrammi registrati è ammesso, a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito. Gli accelerogrammi registrati devono essere selezionati e scalati in modo da approssimare gli spettri di risposta nel campo di periodi di interesse per il problema in esame.

PERICOLOSITA' SISMICA

Ai fini di una valutazione dell'azione sismica indotta da un terremoto su strutture esistenti o in fase progettuale per il controllo del grado di danneggiamento che potrebbe verificarsi, è utile definire, per l'area di interesse, il livello di "pericolosità sismica di base", riferita ad un suolo rigido con superficie topografica orizzontale e derivante da studi condotti a scala nazionale con procedure e metodologie validate. Detta pericolosità sismica va descritta in modo tale da renderla compatibile con le norme tecniche vigenti ed occorre dotarla di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici sia temporali, fornendo, i valori di accelerazione orizzontale massima a_g e i parametri che consentono di fornire gli spettri di risposta per diverse probabilità di superamento in 50 anni. Quest'ultima informazione consente di adottare, sia nella progettazione sia nella verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della struttura e all'uso cui essa è destinata, permettendo in tal modo, soluzioni più agevoli del problema progettuale con significative economie. Allo stato attuale, la pericolosità sismica sul reticolo e nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in cui, i valori di a_g riportati sono quelli calcolati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) che ha redatto la carta di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali le quali vengono definite in funzione di tre parametri:

a_g – accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T^*c – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

. **ag** - il valore previsto dalla pericolosità sismica,

. **F₀** e **T*c** – i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine, per individuare a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche, occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione

- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PvR associate a ciascuno degli stati limite considerati. Detta operazione deve essere possibile per tutte le vie di riferimento e per tutti gli stati limite considerati dalle NTC, utilizzando, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR espresso in anni.

Fissata, quindi, la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PvR sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$TR = VR / [\ln (1 - PvR)]$$

Criteri generali di classificazione

Al fine di trattare i problemi tecnico-amministrativi tipici della gestione del territorio, ogni Regione ha definito l'appartenenza di ciascun Comune o parte di esso, ad una determinata zona sismica, sulla base del valore massimo di un parametro di pericolosità sismica opportunamente valutato, all'interno dell'area considerata.

In particolare è stato utilizzato il valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo **ag₄₇₅**, ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni ed una probabilità di superamento del 10%.

In tal modo, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche così definite, con una tolleranza di 0,025 g che permetta di rendere più continua la classificazione sul territorio:

zona 1 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $ag_{475} \geq 0,25g$.

zona 2 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $0,25 > ag_{475} \geq 0,15g$.

zona 3 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $0,15 > ag_{475} \leq 0,05g$.

zona 4 - ricadono in questa zona i comuni o parti di essi per i quali $ag_{475} < 0,05g$.

8. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

I riferimenti legislativi in materia di costruzioni in zona sismica e classificazione sismica del territorio nazionale, in tema di “Microzonazione sismica”, hanno suddiviso il territorio nazionale in quattro “Zone sismiche” caratterizzate da differenti valori di “accelerazione orizzontale massima” su suolo di categoria A. Sulla base dell’O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03, i comuni di San Martino in Pensilis e Rotello risultano essere classificati in **Zona 2**. Tale Ordinanza, ripresa dal DM del 17 gennaio 2018, contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media delle onde di taglio ($V_{s,eq}$) non più necessariamente fino alla profondità di 30 m (come era nelle NTC precedenti a quella del 2018), ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800m/s, pertanto la profondità del bedrock varierà di volta in volta a seconda dell’assetto geologico del sottosuolo.

La classificazione è effettuata principalmente sulla base della seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$. Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

9. SISMICITÀ DELLA ZONA E DETERMINAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

9.1. Inquadramento Sismico

Per valutare la sismicità storica dei comuni di San Martino in Pensilis e Rotello sono stati estratti dal catalogo parametrico prodotto dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia i terremoti che hanno interessato le aree comunali dall'anno 1000 al 2012 (fig. 19).

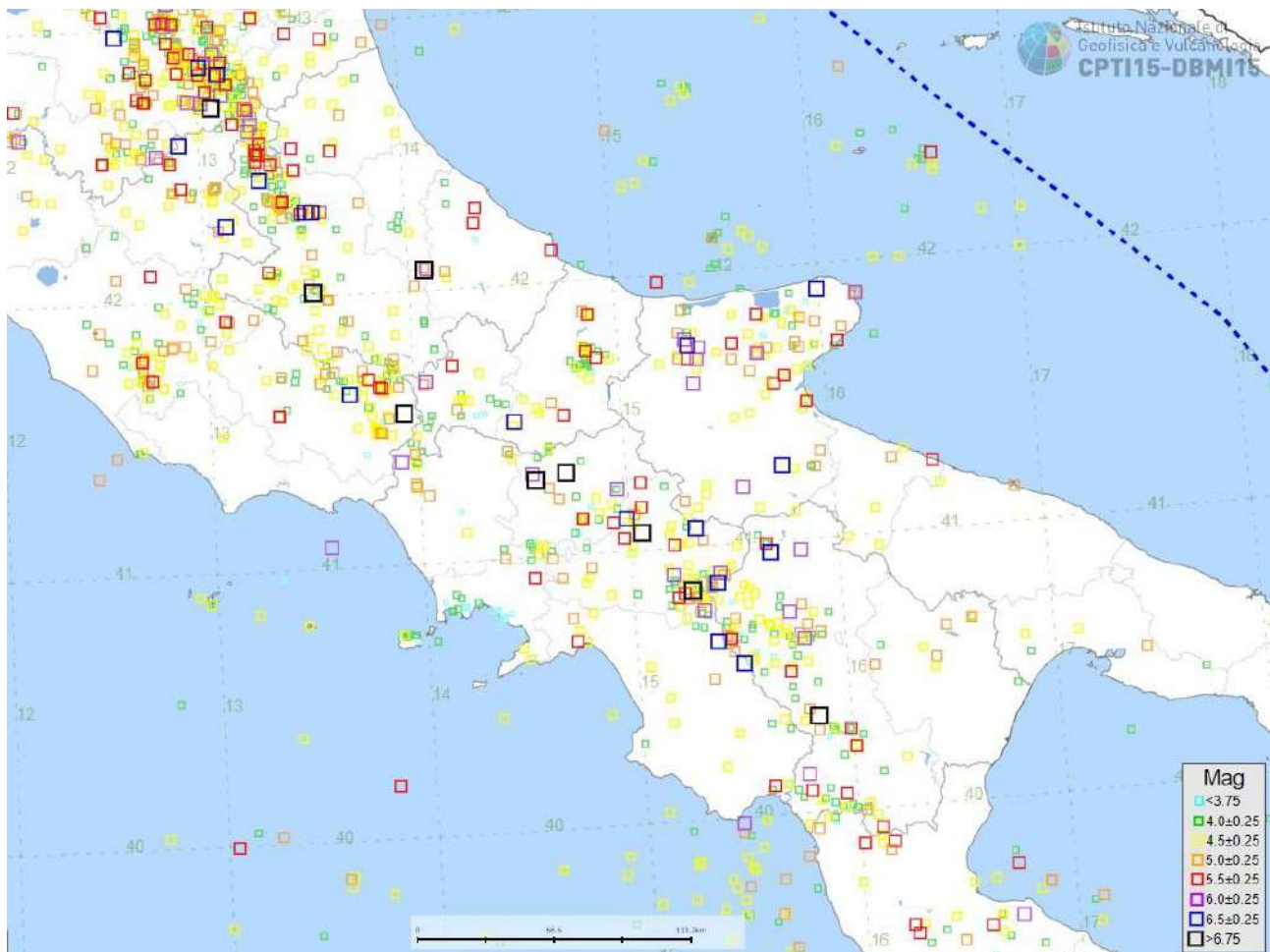


Figura 19 - Ubicazione epicentri terremoti

Come è ben visibile nella figura gli epicentri dei terremoti sono concentrati principalmente nella zona Appenninica, la quale risulta essere un'area altamente sismica. Di questi, alcuni, che hanno presentato magnitudo elevate, sono stati avvertiti nei territori comunali: il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 con magnitudo di 6.8, che corrisponde all'incirca al X-XI grado della scala MCS (Mercalli, Cancani, Sieberg) è stato avvertito distintamente. Il sisma dell'Irpinia interessò un'area di circa 3.500 Km².

Oltre questo, sono stati sentiti distintamente nei territori comunali, elencati in ordine cronologico, i terremoti dell'Isernino nel 1882, del Gargano nel 1889, del Tavoliere delle Puglie nel 1905, dell'Irpinia-Basilicata nel 1910, dell'Irpinia nel 1962, e del Molise del 2002.

Come è possibile notare in figura 19, nelle vicinanze della zona di studio vi sono alcuni epicentri di terremoti che hanno superato il valore di magnitudo di 5.5.

In riferimento all' OPCM n° 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche che hanno definito i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (GU n. 105 del 8-5-2003- Suppl. Ordinario n.72), il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche omogenee (fig. 20).

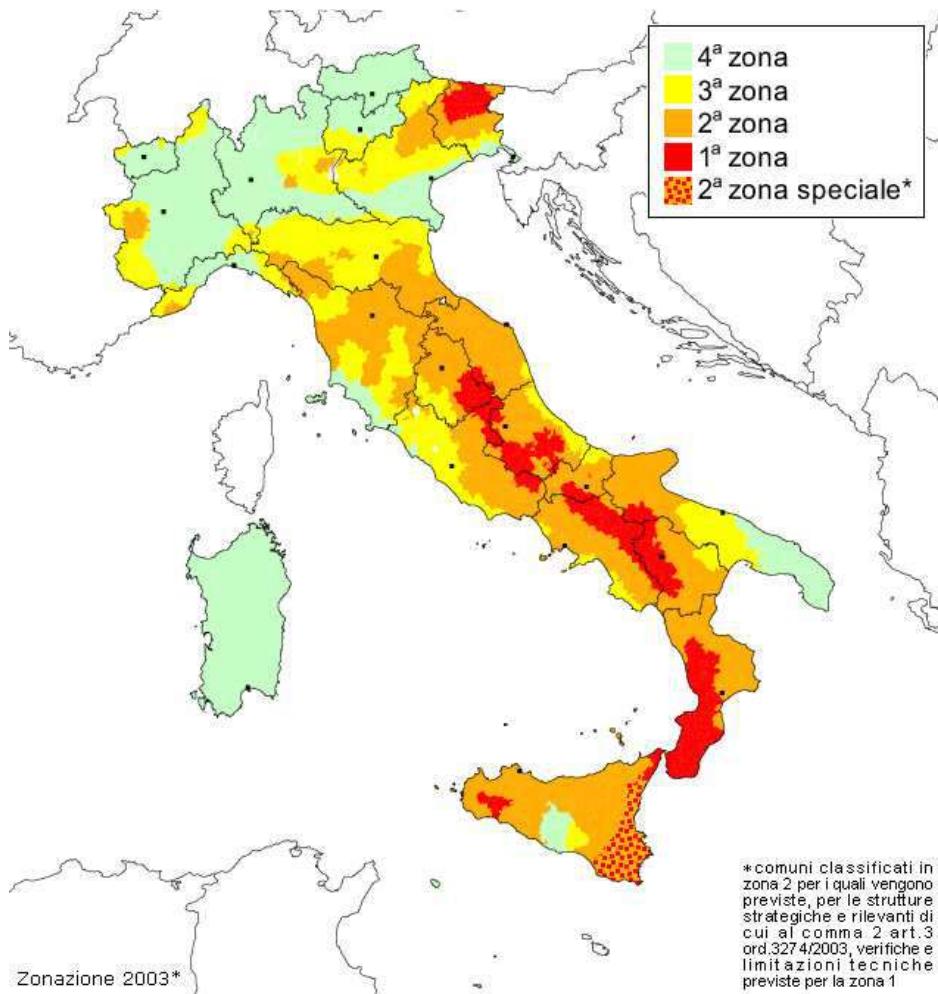


TABELLA 1		
CATEGORIE	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI AG/G	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) AG/G
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie Zone

Figura 20 - Distribuzione delle categorie sismiche sul territorio nazionale (OPCM n°3274 /03)

Ai comuni di San Martino in Pensilis e Rotello è stata attribuita la Categoria 2^a, ad **alto rischio sismico**. Ad ognuna di queste zone corrisponde un'accelerazione (ag) di riferimento variabile da 0.35 g nella prima zona, fino a 0.05 g nella quarta zona. Nelle figure sottostanti sono riportate le accelerazioni per ogni zona omogenea di riferimento (fig. 21, 22 e 23).

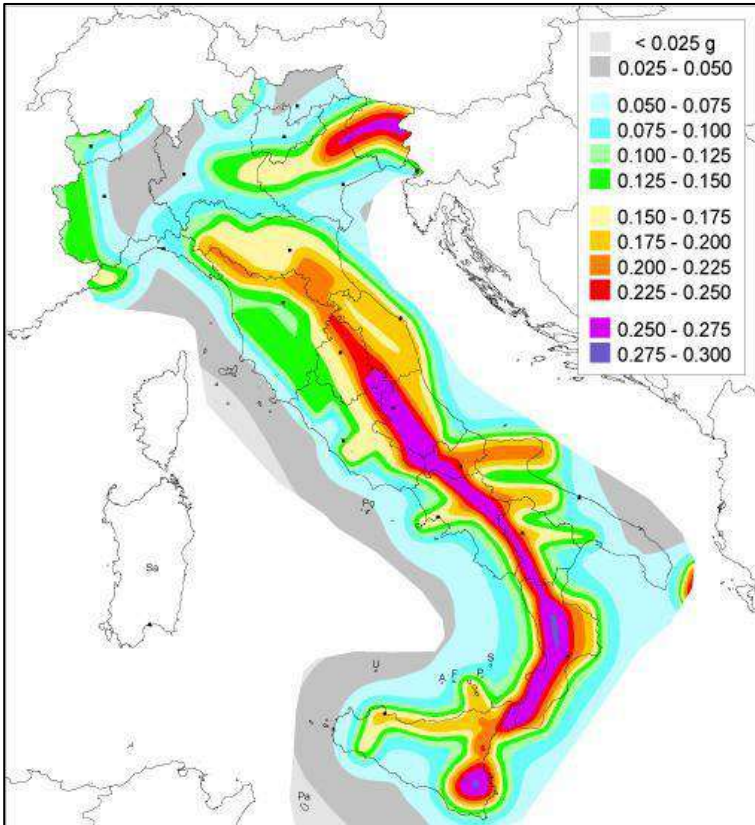


Figura 21 - Distribuzione delle accelerazioni ag per ogni zona omogenea di riferimento (OPCM n°3519 /06) Italia

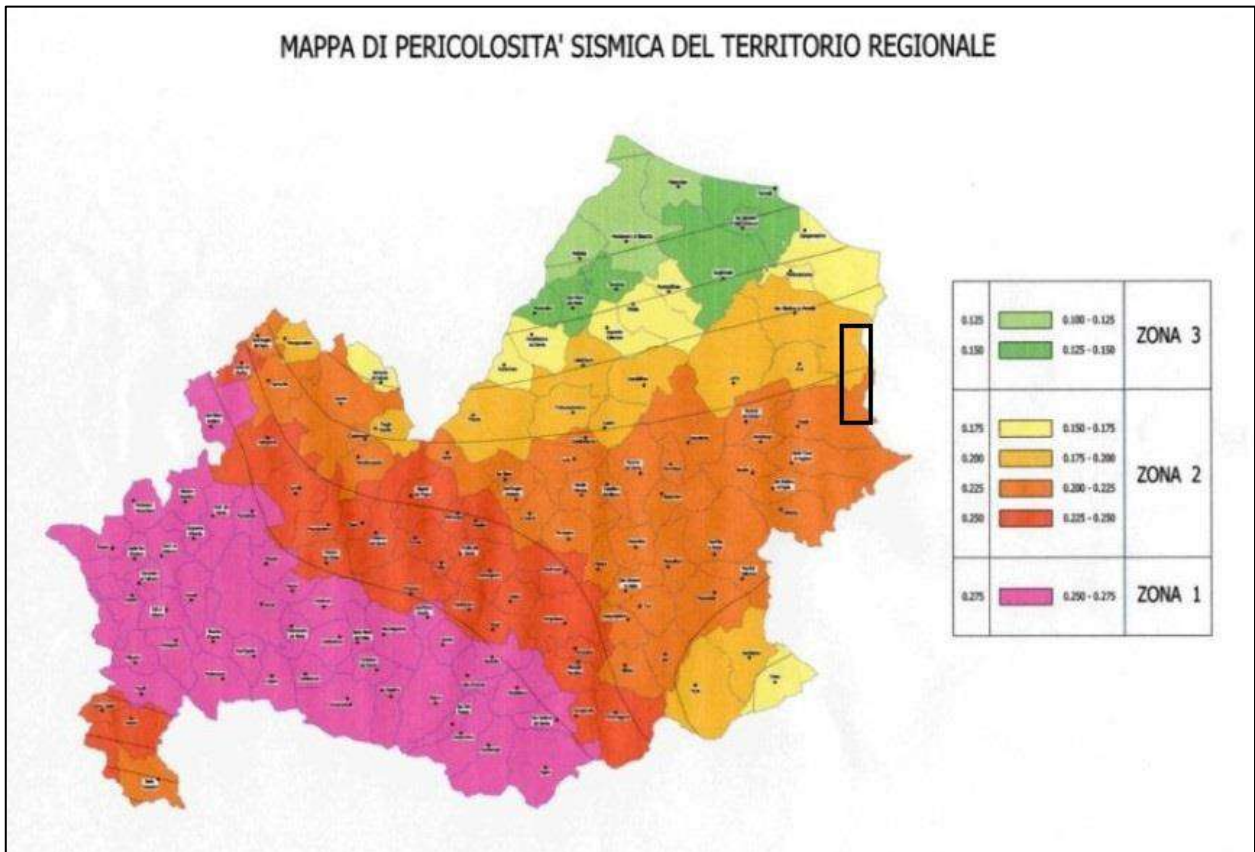


Figura 22 - Distribuzione delle accelerazioni ag per ogni zona omogenea di riferimento - Molise

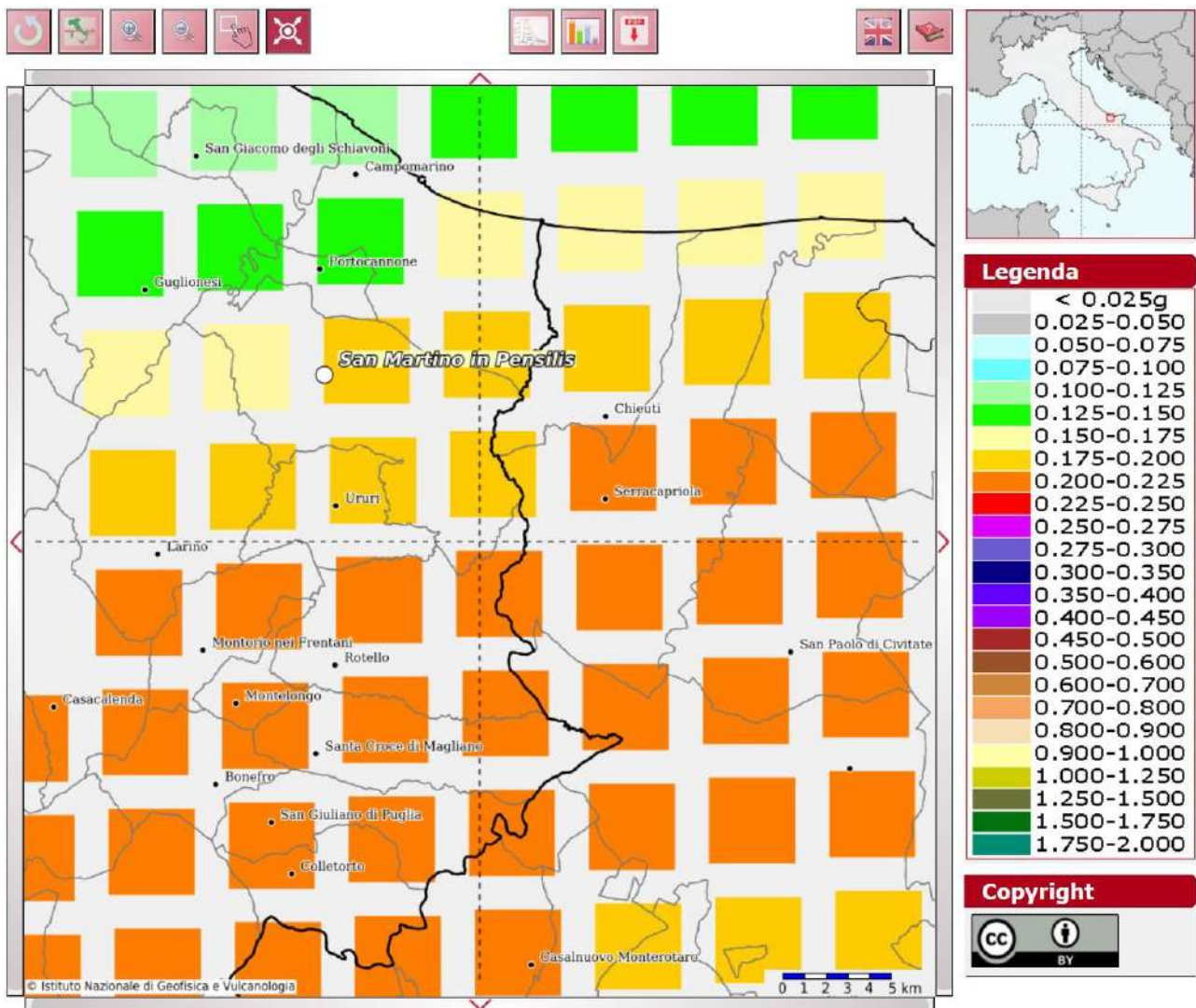


Figura 23 - Modello di pericolosità sismica

I valori riportati nella figura 20 sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato sia costituito da formazioni litoidi o rigide, definite quali suoli di Categoria A ($VS_{30} \geq 800$ m/s). Nella prima colonna della tabella (fig. 20) è riportato il valore di picco orizzontale del suolo (ag/g) espresso in percentuale di “g” (accelerazione di gravità), mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni. I comuni in studio sono stati classificati come zona sismica di 2^a categoria a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0,15 g e 0,25 g che si traduce in un’accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a: 0.25 (ag/g). A chiarimento di questo paragrafo si riportano (Fonte **CPTI15 v2.0 - DBMI15** “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” consultati per località, a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)) i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall’anno 1000. Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna “effetti” riporta, in termini di intensità (Int.) (Scala Mercalli – MCS), mentre la colonna “in occasione del terremoto del” riporta, oltre al toponimo dell’area epicentrale, quanto “forte” è stato il terremoto sia in termini di intensità (Io) che di magnitudo (Mw) (Scala Richter).

Di seguito si riportano le osservazioni sismiche disponibili per i comuni di San Martino in Pensilis e Rotello (tab. 1 e 2, fig. 24 e 25).

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v3.0														
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano														
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)														
Seismic history of	San Martino in Pensilis													
PlaceID	IT_58804													
Coordinates (lat, lon)	41.869, 15.011													
Municipality (ISTAT 2015)	San Martino in Pensilis													
Province	Campobasso													
Region	Molise													
No. of reported earthquakes	28													
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	
5	1465	1882	6	6	5	40		Isernino	41,557	14,202		7	5,2	
5	1558	1889	12	8				Gargano	41,83	15,688		7	5,47	
3	1591	1892	6	6				Isole Tremiti	42,12	15,503		6	4,88	
4-5	1620	1894	3	25				Gargano	41,866	15,323		6-7	4,9	
F	1663	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	42,54	15,015		6	5,11	
3	1779	1900	12	23	22	30		Gargano	41,815	15,727		5	4,37	
3	1852	1904	4	8	8	22		Gargano	41,706	15,728		6	4,75	
5	1881	1905	8	18	4	7		Tavoliere delle Puglie	41,649	15,379		5	4,61	
3	1885	1905	11	26				Irpinia	41,134	15,028		7-8	5,18	
5	2015	1910	6	7	2	4		Irpinia-Basilicata	40,898	15,421		8	5,76	
2	2062	1912	7	2	7	34		Tavoliere delle Puglie	41,476	15,88		5	4,55	
NF	2079	1913	6	28	8	53	2	Calabria settentrionale	39,531	16,239		8	5,64	
4-5	2087	1913	10	4	18	26		Molise	41,513	14,716		7-8	5,35	
4	2110	1915	1	13	6	52	43	Marsica	42,014	13,53		11	7,08	
6-7	2848	1962	8	21	18	19		Irpinia	41,23	14,953		9	6,15	
5	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81	
4	3395	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	41,667	14,057		8	5,86	
3	3401	1984	5	11	10	41	49,2 7	Monti della Meta	41,651	13,843	10	7	5,47	
3	3583	1989	3	11	21	5		Gargano	41,762	15,642		5	4,34	
NF	3613	1990	2	1	6	24	14,1 5	Isole Tremiti	42,14	15,649	0,1		4,43	
3-4	3625	1990	5	5	7	21	29,6 1	Potentino	40,738	15,741	10		5,77	
4	3775	1995	9	30	10	14	33,8 6	Gargano	41,79	15,971	27,5	6	5,15	

4-5	3823	1996	11	10	23	23	10,7 7	Tavoliere delle Puglie	41,675	15,198	7,7	5-6	4,35
NF	3830	1997	3	19	23	10	50,0 2	Sannio-Matese	41,392	14,63	7,1	6	4,52
5	4165	2002	10	31	10	32	59,0 5	Molise	41,716	14,893	25,1	7-8	5,74
4-5	4296	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903	31,2		4,64
3-4	4301	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	42,074	15,746	36,8	4-5	4,3
2	4308	2006	12	10	11	3	41,5 7	Adriatico centrale	42,008	16,281	33,2		4,48

Tabella 1 - Elenco degli eventi sismici registrati nel territorio di San Martino in Pensilis

Legenda delle intensità non convenzionali o descrittive

NF: Non percepito (Not Felt), in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a I = 1

F: Percepito (Felt), in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a I = 3.9

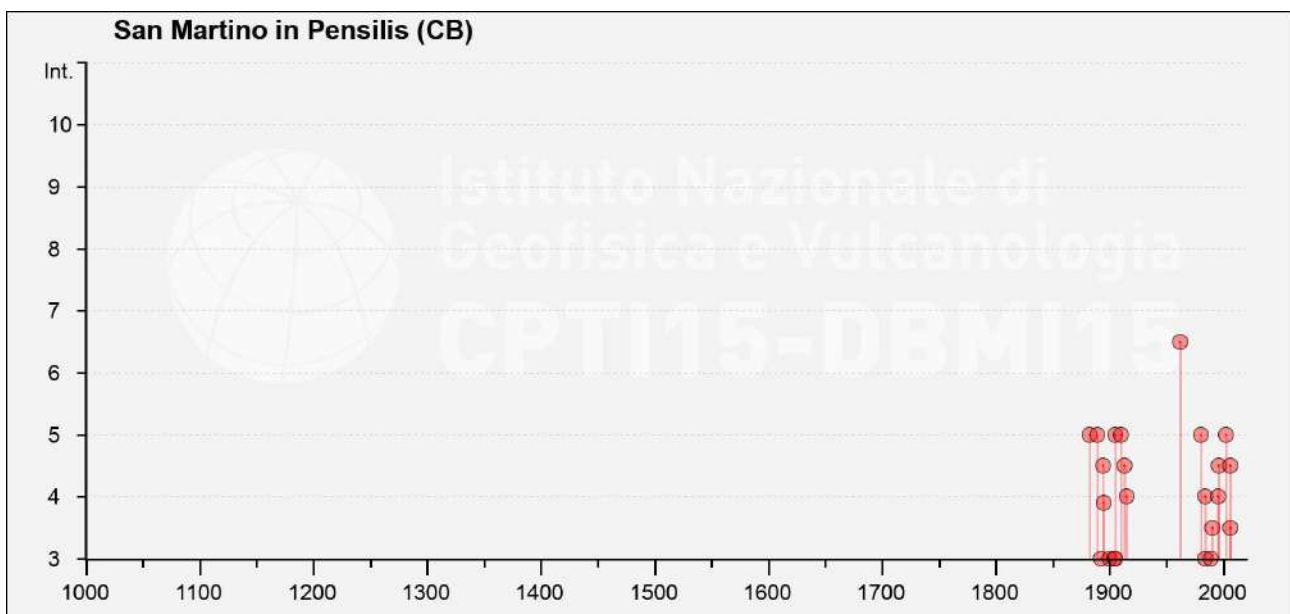


Figura 24 - Eventi sismici rilevati nel territorio di San Martino in Pensilis su grafico anno-intensità

File downloaded from CPTI15-DBMI15 v3.0													
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano													
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)													
Seismic history of	Rotello												
PlacelD	IT_58790												
Coordinates (lat, lon)	41.749, 15.004												
Municipality (ISTAT 2015)	Rotello												
Province	Campobasso												

Region	Molise												
No. of reported earthquakes	21												
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef
NF	2757	1956	9	22	3	19	39	Gargano	41,584	15,721		6	4,64
6	2848	1962	8	21	18	19		Irpinia	41,23	14,953		9	6,15
5	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81
4	3395	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	41,667	14,057		8	5,86
3	3583	1989	3	11	21	5		Gargano	41,762	15,642		5	4,34
3	3625	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino	40,738	15,741	10		5,77
NF	3657	1991	5	26	12	25	59,42	Potentino	40,689	15,821	0,1	7	5,08
3	3775	1995	9	30	10	14	33,86	Gargano	41,79	15,971	27,5	6	5,15
4-5	3823	1996	11	10	23	23	10,77	Tavoliere delle Puglie	41,675	15,198	7,7	5-6	4,35
NF	3830	1997	3	19	23	10	50,02	Sannio-Matese	41,392	14,63	7,1	6	4,52
3-4	4074	2001	7	2	10	4	43,18	Tavoliere delle Puglie	41,783	15,372	22,8	5	4,26
6	4165	2002	10	31	10	32	59,05	Molise	41,716	14,893	25,1	7-8	5,74
5-6	4185	2002	11	12	9	27	48,57	Molise	41,689	14,786	28,9	5-6	4,57
3-4	4200	2003	1	27	4	3	46,57	Molise	41,71	14,766	5	5	3,84
3-4	4213	2003	4	28	20	12	36,29	Molise	41,691	14,847	9,9	4-5	3,64
4-5	4218	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	41,661	14,821	11,8	5	4,44
4	4229	2003	12	30	5	31	38,26	Molise	41,64	14,849	5	4-5	4,53
3-4	4262	2005	3	1	5	41	37,38	Molise	41,666	14,867	9,9	4	3,68
4	4296	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903	31,2		4,64
NF	4301	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	42,074	15,746	36,8	4-5	4,3
3-4	4308	2006	12	10	11	3	41,57	Adriatico centrale	42,008	16,281	33,2		4,48

Tabella 2 - Elenco degli eventi sismici registrati nel territorio di San Rotello

Legenda delle intensità non convenzionali o descrittive

NF: Non percepito (Not Felt), in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a I = 1

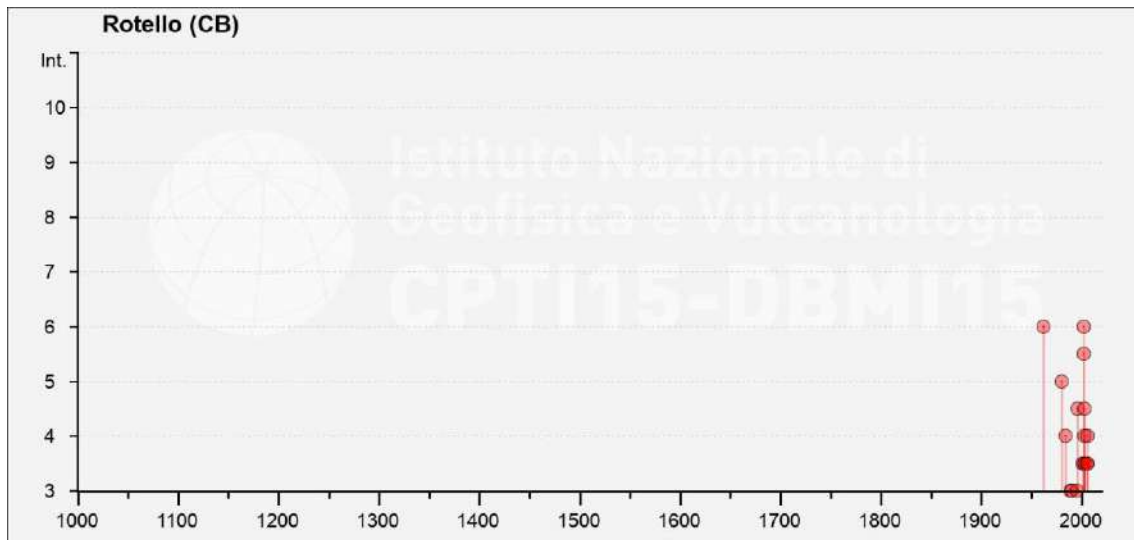


Figura 25 - Eventi sismici rilevati nel territorio di Rotello su grafico anno-intensità

9.2. Verifica dell'azione sismica

Con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni – D.M. 17.01.18, vengono stabiliti nuovi e precisi criteri prestazionali di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle categorie di sottosuolo e della definizione della pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento costruito per l'intero territorio nazionale. La vita nominale di progetto VN di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tab. 3.

TIPI DI COSTRUZIONI		Vita nominale VN (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 3 - Vita nominale VN per diversi tipi di opera (NTC 2018)

In presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B, importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe annesse al funzionamento di acquedotti e ad impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento **VR** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale **VN** per il coefficiente d'uso **CU**:

$$VR = VN \cdot CU$$

Il valore del coefficiente d'uso **CU** è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tab. 4:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE CU	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 4 - Valori del coefficiente d'uso CU (NTC 2018)

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti:

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (**SLO**);
- Stato Limite di Danno (**SLD**).

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**);
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (**SLC**).

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento **PVR**, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tab. 5:

Stati Limite	PVR: Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 5 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite (NTC 2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. In alternativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (VS). I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove, oppure sono valutati opportunamente in funzione di relazioni empiriche.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in tab. 6.

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

E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>
----------	--

Tabella 6 - Categorie di sottosuolo (NTC 2018)

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche le condizioni stratigrafiche locali e il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione (tab. 7):

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

Tabella 7 - Classificazione dei terreni in funzione delle condizioni topografiche del sito

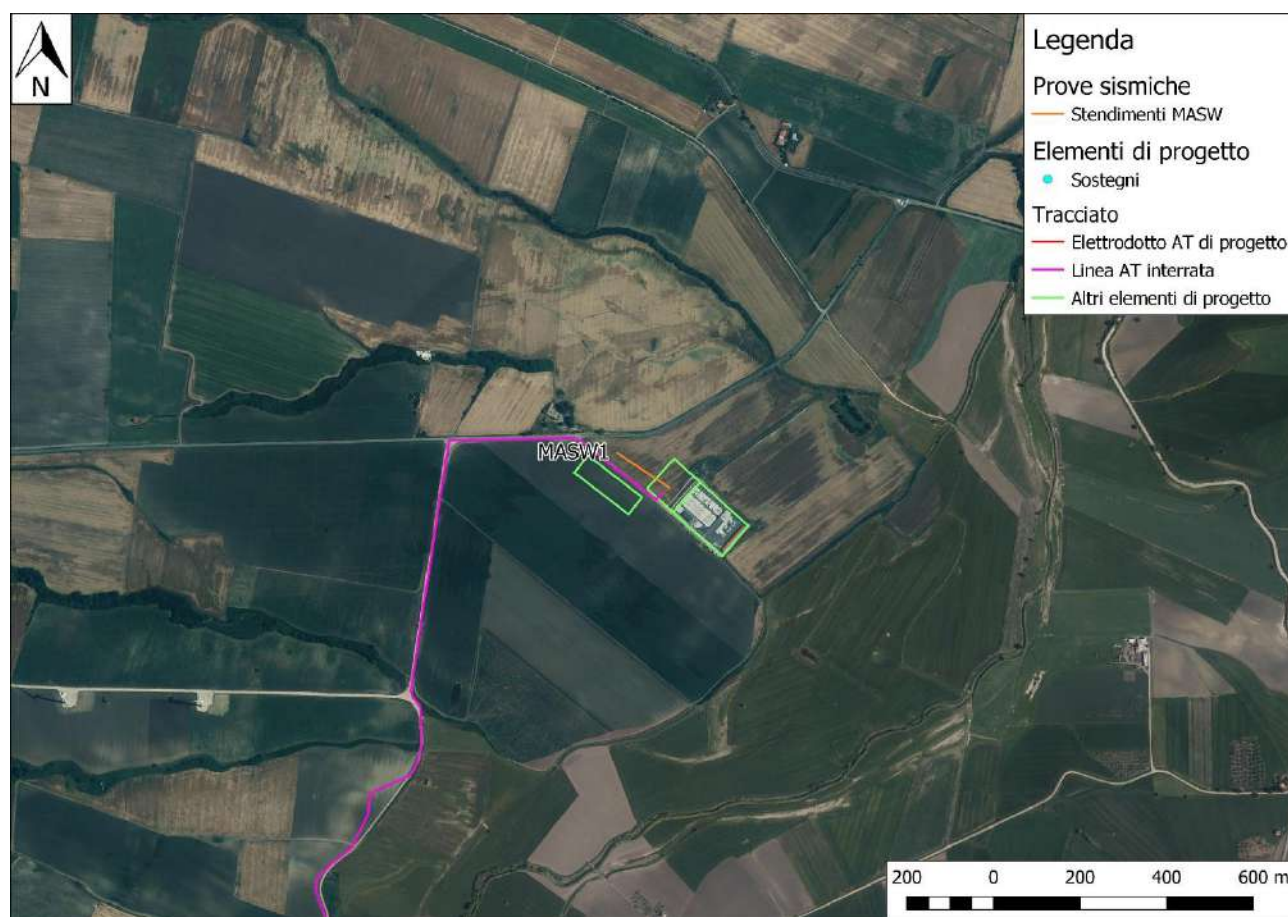
9.3. Prospezione sismica in onde S e stima del VS eq

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità a cui staziona il bedrock roccioso o un suolo molto rigido (VS,eq) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/1/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), sono stati eseguiti due stendimenti di tipo MASW chiamati **MASW1** e **MASW2** (fig. 26 e 27). Il tempo di acquisizione è stato impostato a 1 secondo, come energizzatore è stato adoperato un martello (Hammer blow) di massa 8.00 Kg.

Gli stendimenti sismici MASW realizzati, hanno avuto una lunghezza massima di 56.00 m, così suddivisa:

- 46.00 m stendimento geofonico;
- energizzazioni eseguite a 2.0 m, 5.0 m e 10.0 m dal primo geofono.

Per migliorare la qualità del segnale per ogni offset si è proceduto con la tecnica di stacking, sommando cioè algebricamente i segnali di successive energizzazioni. Per uno sguardo approfondito su metodi e tecniche utilizzate si rimanda all'Allegato "Relazione MASW San Martino e Rotello (CB)"



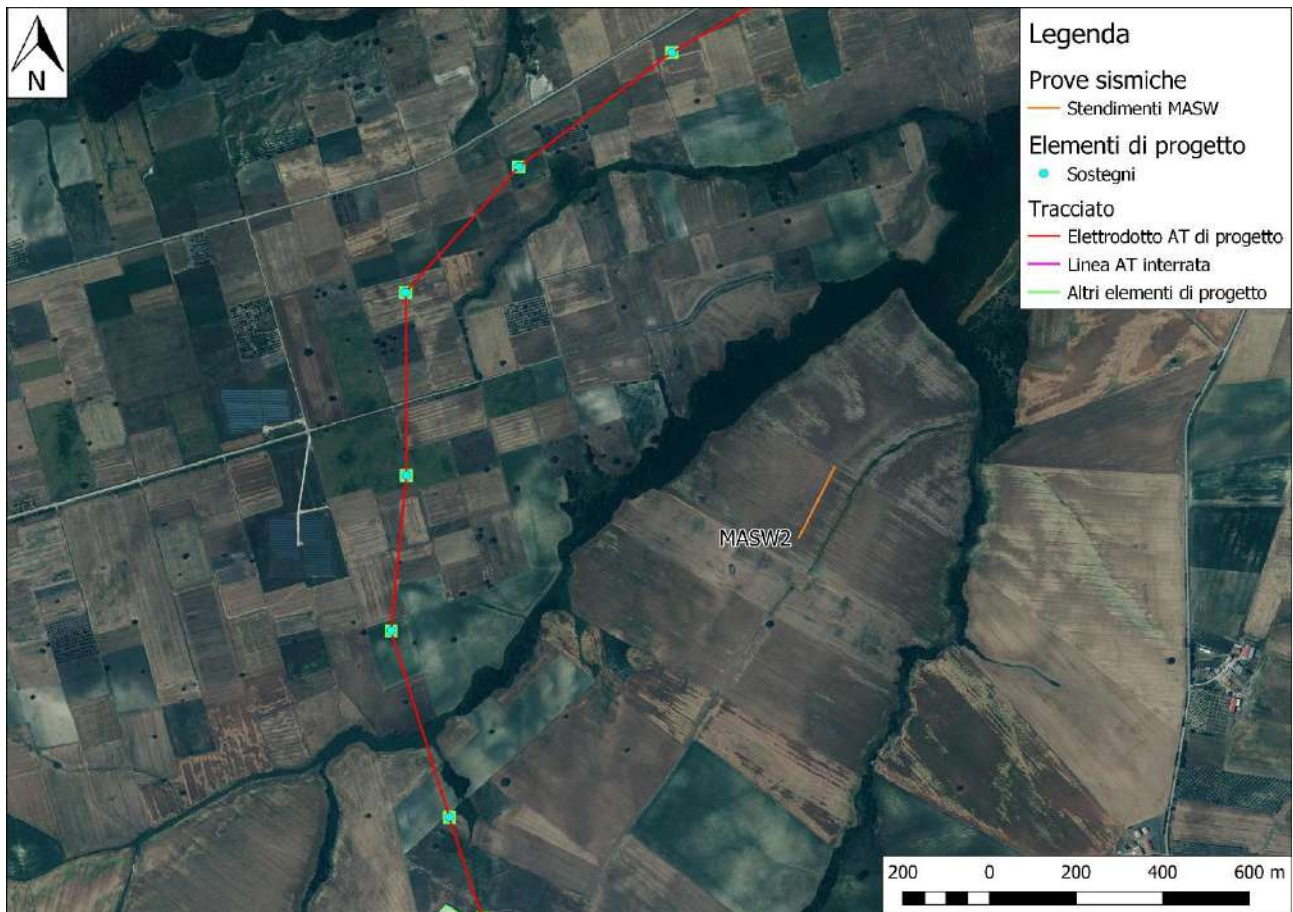


Figura 27 - Ubicazione stendimento MASW2

Qui di seguito vengono riportati i valori di velocità delle onde S e le caratteristiche degli strati individuati, calcolati attraverso il metodo appena descritto (tab. 8 e 9).

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm ³)	Poisson	Modulo di Young (MPa)
244	510	11.9	1.89	0.35	114
319	664	19.2	1.95	0.35	199
532	1107	semispazio	2.08	0.35	588

Tabella 8 - Valori di velocità delle onde S e caratteristiche individuate lungo lo stendimento MASW1

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm ³)	Poisson	Modulo di Young (MPa)
217	452	9.6	1.86	0.35	88
322	679	22.0	1.96	0.35	203
686	1428	semispazio	2.14	0.35	1007

Tabella 9 - Valori di velocità delle onde S e caratteristiche individuate lungo lo stendimento MASW2

L'indagine effettuata lungo lo stendimento MASW1 ha raggiunto la profondità di circa 35 m, ha discretizzato il sottosuolo in 3 strati a diversa velocità di propagazione delle onde S ma non ha raggiunto il bedrock ($V_s > 800\text{m/s}$). Per questo motivo la velocità equivalente $V_{s_{eq}}$ delle onde di taglio è stata definita dal parametro $V_{s_{30}}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella espressione presentata nel capitolo 8 e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Di conseguenza il valore calcolato della $V_{s_{eq}}$ è pari a 285 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di fondazione di tipo C (tab. 10).

L'indagine effettuata lungo lo stendimento MASW2 ha raggiunto la profondità di circa 35 m, ha discretizzato il sottosuolo in 3 strati a diversa velocità di propagazione delle onde S ma non ha raggiunto il bedrock ($V_s > 800\text{m/s}$). Per questo motivo la velocità equivalente V_{Seq} delle onde di taglio è stata definita, come per lo stendimento MASW1, dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30\text{ m}$ nella espressione presentata nel capitolo 8 e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Di conseguenza il valore calcolato della V_{Seq} è pari a 279 m/s, a cui corrisponde, come per lo stendimento MASW1, una categoria di suolo di fondazione di tipo C (tab. 10).

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

Tabella 10 - Categorie di suolo NTC 2018 (approccio semplificato) con evidenziata la categoria di suolo a cui appartengono i terreni di fondazione (categoria C)

10. LINEA AEREA

Il tracciato della linea aerea in progetto si sviluppa seguendo una direzione circa nord-sud per 11.5 km, attraversando le aree comunali di Rotello e San Martino in Pensilis. Una volta toccata terra, il tracciato prosegue attraverso una linea AT interrata lunga circa 3.2 km, anche essa con una direzione circa nord-sud.

I sostegni verticali che faranno da punti di elevazione della linea aerea saranno 30 e poggeranno su depositi principalmente limoso-sabbiosi e argilloso-limosi con discrete qualità geotecniche. Essi fanno parte delle formazioni delle argille di Montesecco, delle coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi, delle coperture fluviali del II ordine di terrazzi e delle alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi. La copertura di terreno vegetale presente in tutta l'area di studio dovrà essere interamente oltrepassata per andare a posizionare le fondazioni delle opere in progetto.

Nonostante la linea aerea sorvoli varie aree a pericolosità geomorfologica da frana e a pericolosità idraulica da inondazione, solamente uno dei sostegni verticali per l'elevazione della linea aerea, precisamente il secondo partendo da sud, ricade all'interno di un'area delimitata come a pericolosità geomorfologica da frana, per l'esattezza una zona PF1 a pericolosità moderata (fig. 28). Oltre a questo, il terzo sostegno partendo da sud cade pochi metri al di fuori di questa stessa zona perimetrata come pericolosa, per questo si consiglia di adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari per collocare entrambi i sostegni in condizioni di sicurezza.

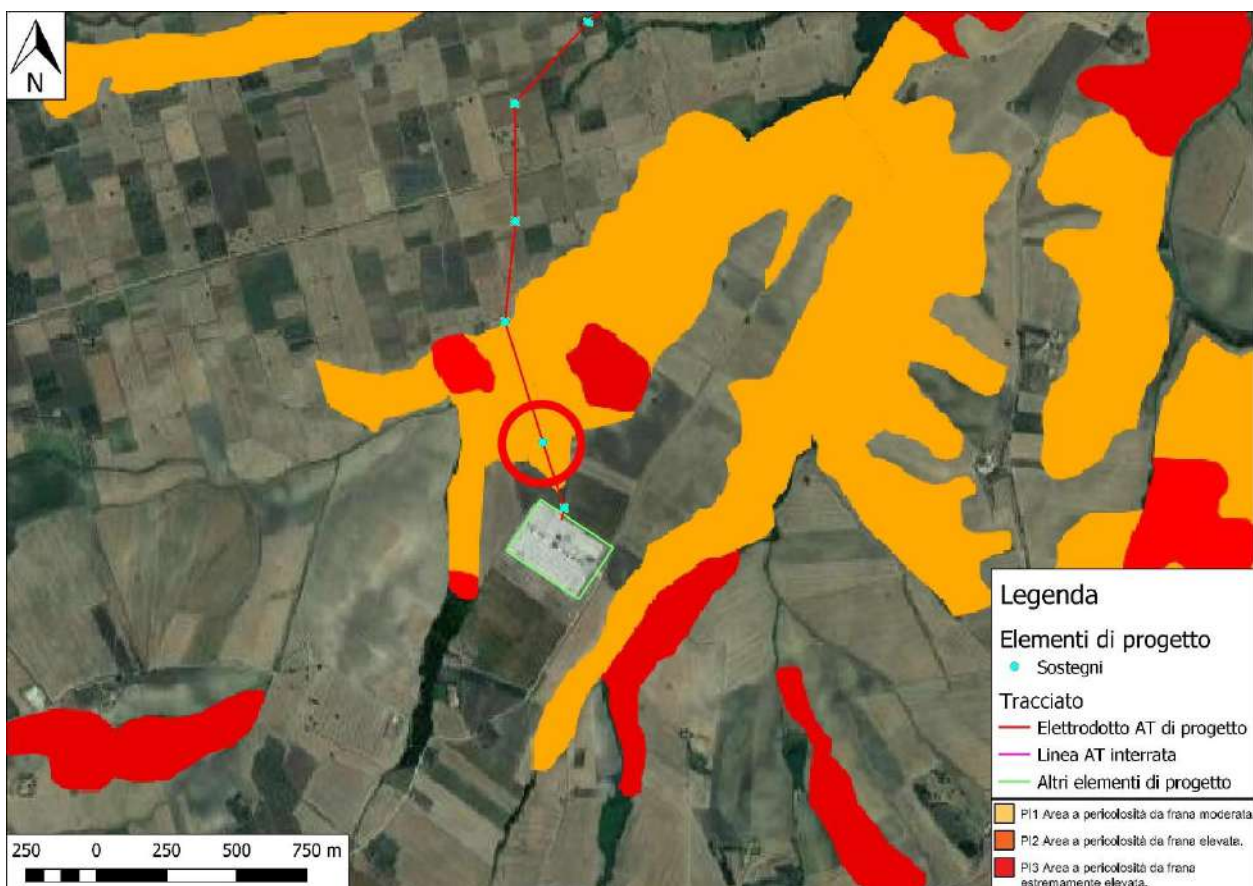


Figura 28 - Dettaglio del quinto sostegno della linea aerea partendo da sud ricadente all'interno di un'area perimetrata come a pericolosità geomorfologica da frana moderata (PF1)

Per quanto riguarda il tracciato AT interrato, esso ricade per circa 1.5 km all'interno di un'area perimetrata come pericolosa, con categoria da PI1 a PI3 (fig. 29).

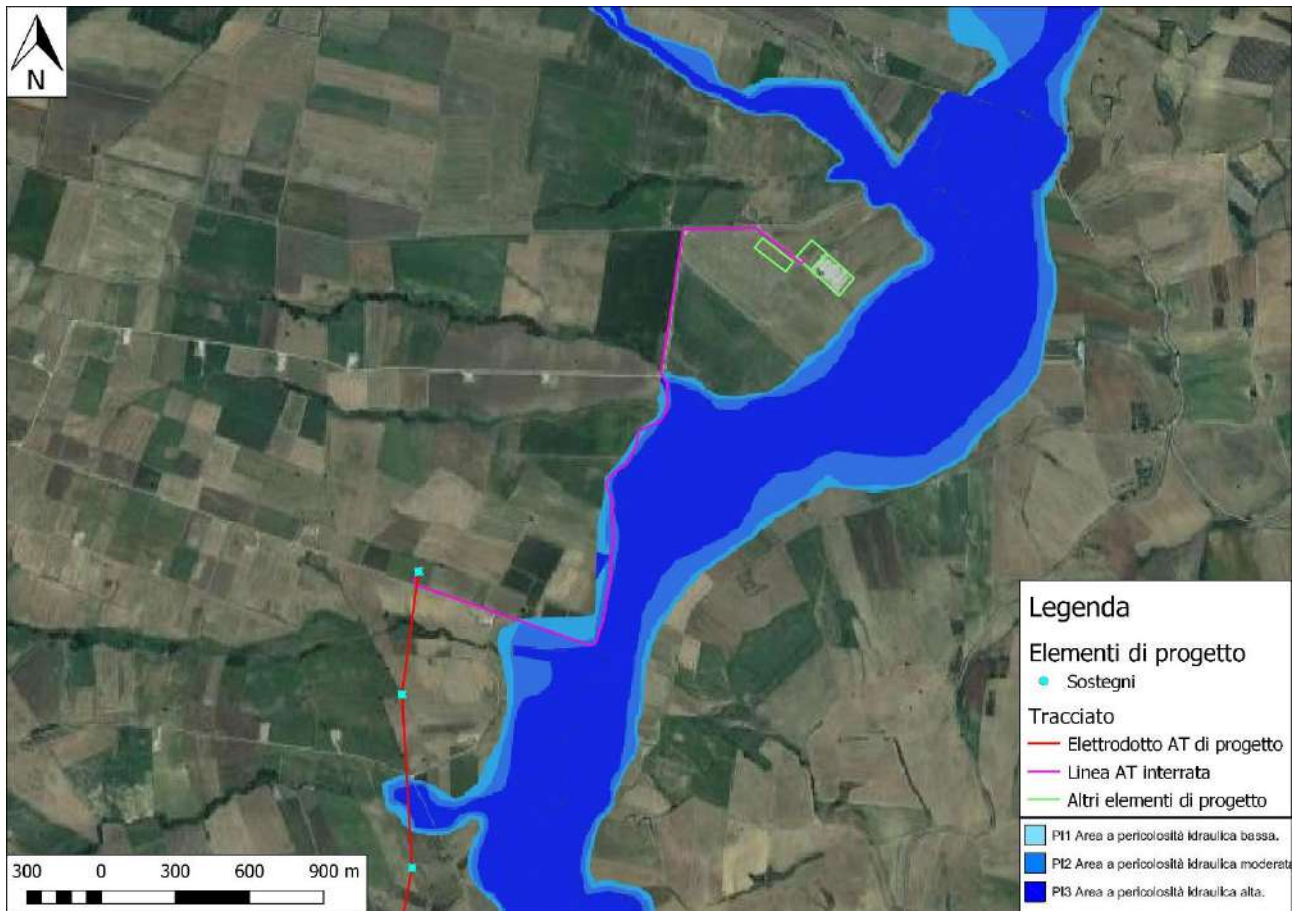


Figura 29 - Dettaglio del tratto di linea AT interrata ricadente all'interno di un'area perimetrata come a pericolosità idraulica

Si consiglia dunque di effettuare i lavori secondo le vigenti norme di sicurezza e di adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari per collocare la linea AT interrata in condizioni di sicurezza.

Il tracciato della linea aerea, per quanto riguarda la caratterizzazione sismica, si trova interamente all'interno di un'area di categoria 2, ad alto rischio sismico.

Per la determinazione della classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/1/2018 (G.U. 20 febbraio 2018, n.42 – s.o. n.8), l'intera area attraversata dalla linea aerea poggerà su un suolo di fondazione di tipo C.

11. COCLUSIONI

L'indagine geologica, con applicazioni geotecniche e geofisiche, eseguita sui terreni fondali, ha mostrato che il sito d'intervento ricade su una serie di depositi terrazzati relativamente recenti, sicuramente post pleistocenici, organizzati in vari ordini, dei quali, nell'area di interesse, sono presenti il I, il II e il IV. Le formazioni terrazzate hanno spessori modesti, che difficilmente superano alcune decine di metri. Questi depositi terrazzati poggiano in discordanza erosiva sui depositi pleistocenici delle argille di Montesecco, una formazione che in alcune aree può raggiungere alcune centinaia di metri di spessore. Al di sopra sia delle argille che dei depositi terrazzati è presente una copertura di spessore medio pari a 1 m, costituita da depositi di terreno vegetale sabbioso-limoso. Nella zona non è stata individuata nessuna falda superficiale.

Secondo la nuova classificazione sismica, i comuni di San Martino in Pensilis e Rotello ricadono in zona 2, ad **alto rischio sismico**.

La categoria di suolo di fondazione associato alla nostra zona è di tipo:

- categoria "C" per la le argille pleistoceniche, la serie di depositi terrazzati e la copertura di terreno vegetale.

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche delle formazioni presenti nell'area di intervento:

Deposito di copertura vegetale

Coesione: 0.05 – 0.33 kg/cm²

Angolo di resistenza al taglio: 20.22 – 21.51

Modulo di Poisson: 0.35

Coperture fluviali del II ordine di terrazzi

Coesione: 0.79 – 0.81 kg/cm²

Angolo di resistenza al taglio: 23.36 – 23.42

Modulo di Poisson: 0.33

Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi

Coesione: 0.76 – 0.87 kg/cm²

Angolo di resistenza al taglio: 23.21 – 23.67

Modulo di Poisson: 0.33

Unità delle argille di Montesecco

Coesione: 1.36 – 1.62 kg/cm²

Angolo di resistenza al taglio: 25.74 – 26.1

Modulo di Poisson: 0.31

Sulla scorta di quanto detto in precedenza si è potuto definire il modello geologico e geologico-tecnico che caratterizza l'area di intervento sita a est dei centri abitati di Ruotolo e San Martino in Pensilis:

- il sottosuolo dell'area di intervento risulta costituito da una serie di depositi terrazzati e da una potente unità di argille pleistoceniche con discrete qualità geotecniche;
- al di sopra di depositi terrazzati e argille, sono presenti i depositi di copertura vegetale, essi hanno uno spessore medio di 1 m, e presentano scarse qualità geotecniche;
- nell'area d'intervento non sono presenti forme geomorfologiche particolari e/o pericolose;
- non è stata individuata una falda superficiale, pertanto non sussistono problemi d'interazione con le opere o manufatti da realizzare;
- ai sensi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale il secondo sostegno per l'elevazione della linea aerea (partendo da sud) ricade all'interno di un'area delimitata come a pericolosità geomorfologica da frana, per l'esattezza una zona PF1 a pericolosità moderata, ed il terzo sostegno (partendo da sud) ricade pochi metri al di fuori della stessa area; si dovranno dunque adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari per collocare i sostegni in condizioni di sicurezza;
- ai sensi del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, il tracciato AT interrato ricade per circa 1.5 km all'interno di un'area perimetrata come pericolosa, con categoria di pericolosità idraulica da PI1 a PI3; si consiglia dunque di effettuare i lavori secondo le vigenti norme di sicurezza e di adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari per collocare la linea AT interrata in condizioni di sicurezza.

Atteso tutto ciò, considerati i carichi trasmessi al terreno, l'intervento proposto, dal punto di vista geologico, idrogeologico, morfologico e sismico, si ritiene ammissibile.

Altamura, ottobre 2021

il geologo



ALLEGATI

Individuazione dell'area di intervento su ortofoto

Individuazione dell'area di intervento su IGM

Carta Geologica

Legenda Carta Geologica

Carta Geologica con ubicazione log stratigrafici e sezioni geotematiche

Log stratigrafici

Sezioni Geotematiche AB e CD

Carta della pericolosità geomorfologica

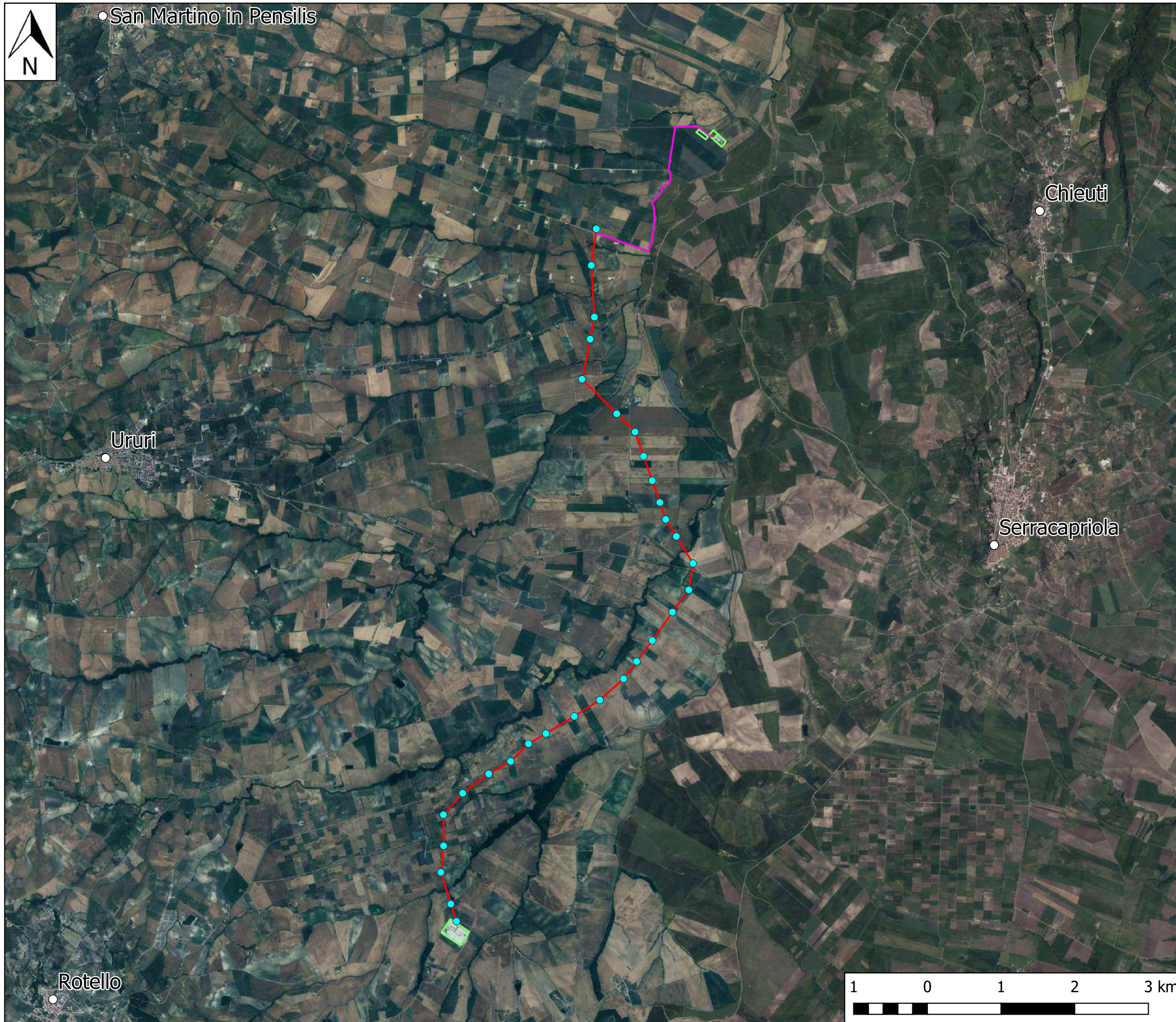
Carta della pericolosità idraulica

Ubicazione prove penetrometriche

Prove penetrometriche dinamiche continue - Report San Msrtino e Rotello (CB)

Ubicazione stendimenti MASW1 e MASW2

Relazione MASW San Martino e Rotello



INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO SU ORTOFOTO

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

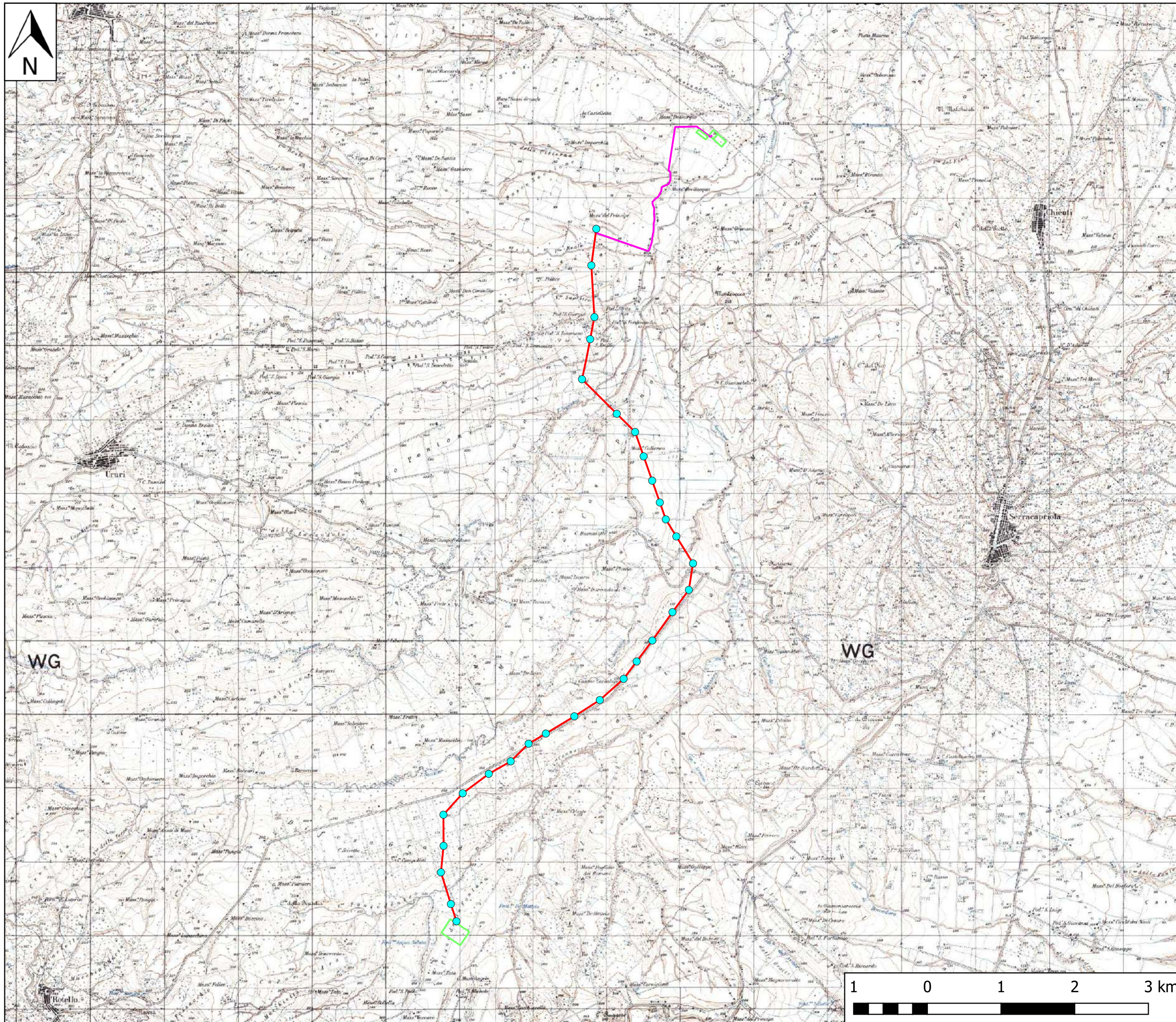
● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto



INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO SU CARTOGRAFIA DI BASE IGM 1:25000

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

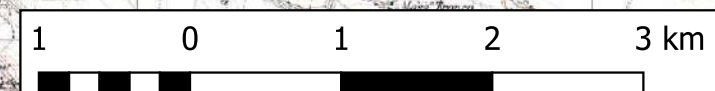
● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto





STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100000 FOGLIO 155 "SAN SEVERO"

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

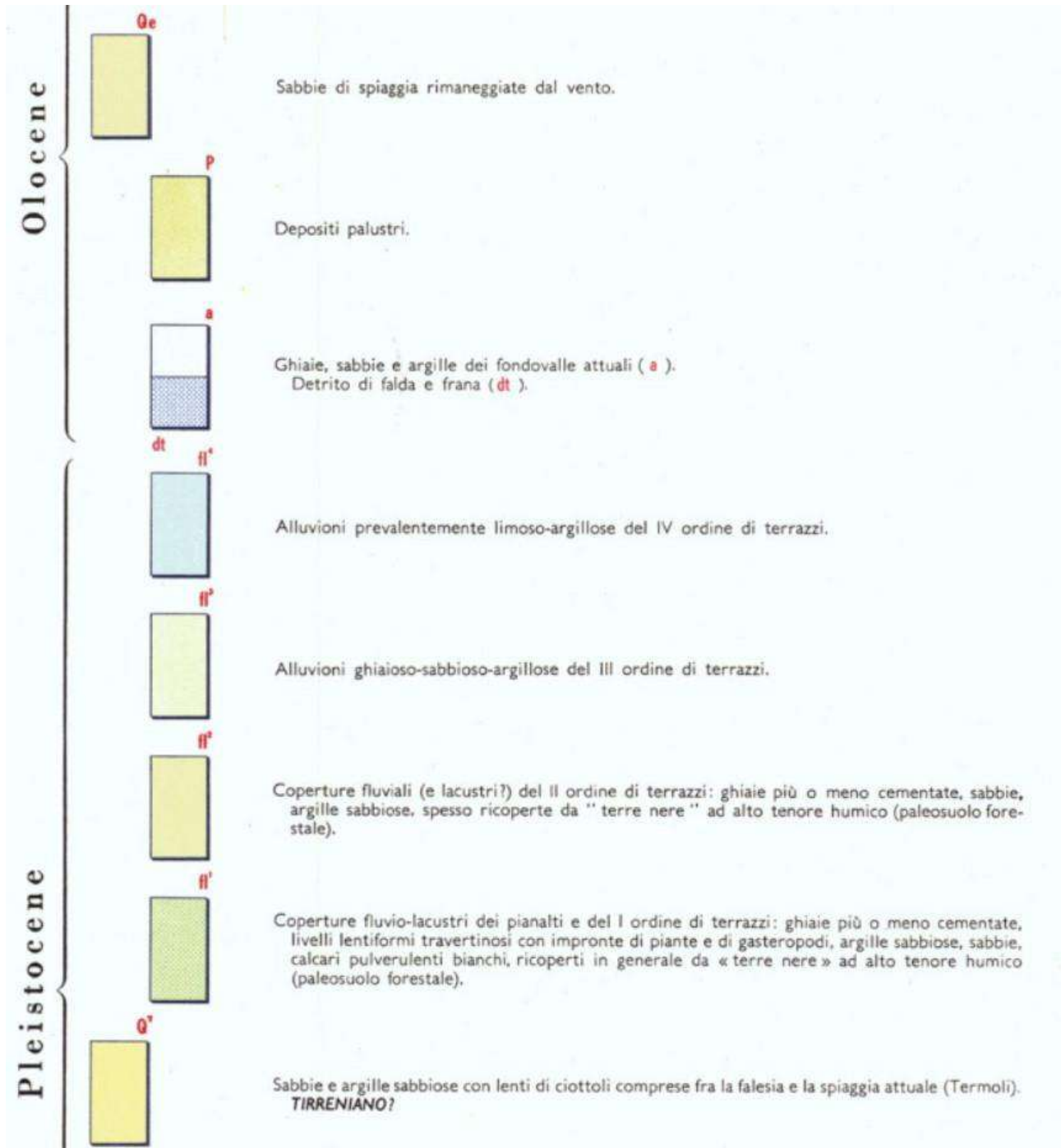
— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

Continua nell'allegato successivo

LEGENDA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA IN SCALA 1:100000 FOGLIO 155 "SAN SEVERO"



Pliocene



Calcareniti organogene fortemente cementate, spesso vacuolari (panchina); abbondanti resti di molluschi (*Glycymeris*, *Ostrea*, *Spondylus* ecc.) e coralli. **TIRRENIANO.**



CONGLOMERATI DI CAMPOMARINO – Ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale; non sempre chiaramente delimitabili da (H). **POSTCALABRIANO-CALABRIANO TERMINALE.**



SABBIE DI SERRACAPRIOLA – Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (*Ostrea*, *Pecten* ecc.); microfauna a *Bulimina marginata* d'ORB., *B. fusiformis* WILL., *Eponides frigidus granulatus* DI NAPOLI, *Ammonia beccarii* L., **CALABRIANO - PLIOCENE SUP. ?**



ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi (*Chlamys opercularis* L., *C. flexuosa* POLI, *Glycymeris*, ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a *Valvulineria bradyana* (FORN.), *Bolivina superba* EM., *B. catanensis* SEG. e *Bulimina elegans* D'ORB., nella parte inferiore, a *Globorotalia crassaformis* (GALL. e WISS.) e *G. scitula* (BRADY). **CALABRIANO ? - PLIOCENE MEDIO.**



FORMAZIONE DEL TONA – Argille siltose grigio-azzurrine, molasse gialle e giallo-brunastre, in grossi banchi, con livelli fortemente cementati e rare intercalazioni di argille verdastre; molasse brunastre con intercalazioni di argille sabbiose; fauna a *Panopaea*, *Pecten*, *Mactra* e foraminiferi: *Bolivina leonardii* ACC. e SELL., *Globorotalia puncticulata* (d'ORB.), *G. hirsuta* (d'ORB.), *Sphaeroidinella seminulina* (SCHW.); localmente gessi, diatomi, argille bituminose nerastre, calcari listati grigi, molasse con intercalazioni argillose; microfauna a *Globigerinoides obliqua* BOLL., *Bolivina dilatata* REUSS, *Bulimina elongata* d'ORB.. **PLIOCENE INF. - MESSINIANO.**



MARNE DI TOPPO CAPUANA – Marne grigie con rare intercalazioni, verso la base, di calcari arenacei; microfauna a *Bolivina scalprata miocenica* MACFADYEN, *Robulus ariminensis* (D'ORB.) e *Globorotalia menardii* (D'ORB.). **TORTONIANO.**

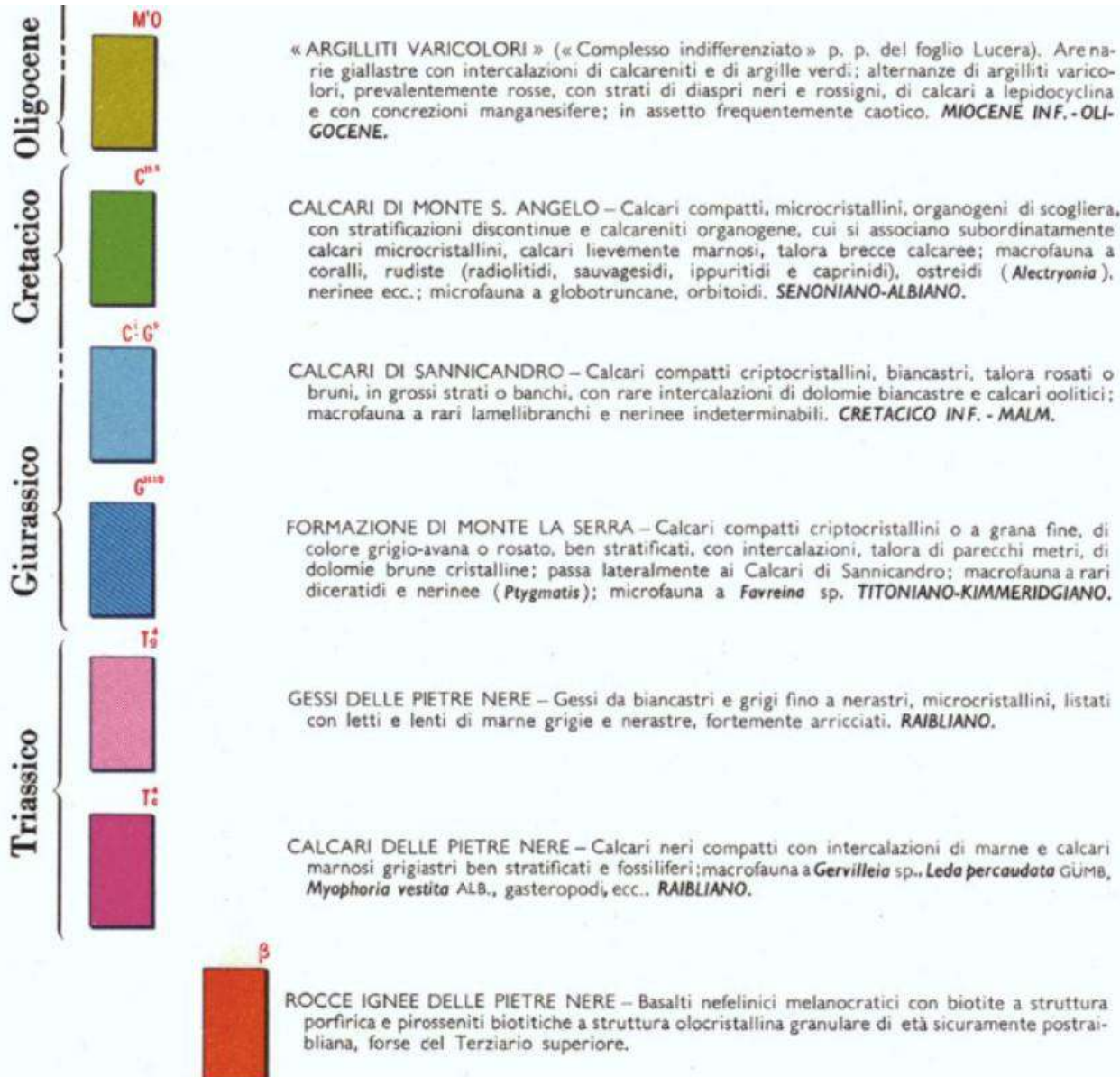



CALCARENITI DI APRICENA – Calcareniti biancastre e giallastre, organogene, a stratificazione non sempre netta (M^1); alla base è frequente un orizzonte di breccie a cemento calcareo rossastro (M^2); trasgressive sul Mesozoico del Gargano; microfauna a: *Orbulina suturalis* BRÖNNI-MANN, *O. universa* D'ORB., *Globorotalia mayeri* CUSH. & ELL., *Globigerinoides triloba* (REUSS). **SERRAVALLIANO.**



FORMAZIONE DELLA DAUNIA – Superiormente calcari organogeni bianchi litoidi, con intercalazioni di calcare bianco pulverulento e straterelli di calcareniti compatte o fogliettate a briozoi, corallinacee, echinodermi, pettinidi, miogypsine, amistegine e microfauna a *Globigerinoides triloba* (REUSS), *G. bispherica* TODD, *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR. e COLL.); nella parte media, marne calcaree bigie con lenti e solette di selce bruna alternanti con argille siltose grigiastre e qualche livello di tripoli a radiolari; nella parte inferiore, arenarie quarzose giallastre con intercalazioni di calcareniti alternanti con marne argillose verdine, che si rinven-gono anche come intercalazioni tra gli strati di calcare arenaceo o marnoso della parte alta delle « Argilliti varicolori ». **SERRAVALLIANO - LANGHIANO - AQUITANIANO ?**

Miocene



	0° - 10°	} Immersione ed inclinazione degli strati.
	11° - 45°	
	46° - 80°	
	81° - 90°	
	Strati contorti.	
	Strati rovesciati.	
	Limite stratigrafico.	
	Limite stratigrafico incerto	
	Limite di probabile natura tettonica (faglie probabili ecc.).	
	Limite tettonico (faglie ecc.).	
	Località fossilifera.	
	Giacimento preistorico.	
	Orlo di terrazzo fluviale.	
	Orlo di terrazzo marino.	
	Dolina.	
	Frana.	
	Sorgente rilevante.	
	Pozzo per ricerca di idrocarburi (profondità in metri).	
	Pozzo produttivo di idrocarburi gassosi (profondità in metri).	
	Pozzo produttivo di idrocarburi liquidi (profondità in metri).	
	Campo petrolifero e gassifero del T. Tona.	
	Cava.	
	Traccia di sezione.	



**UBICAZIONE LOG
STRATIGRAFICI E
SEZIONI
GEOTEMATICHE
SU STRALCIO
CARTA
GEOLOGICA
D'ITALIA IN
SCALA 1:100000**

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

Altri elementi



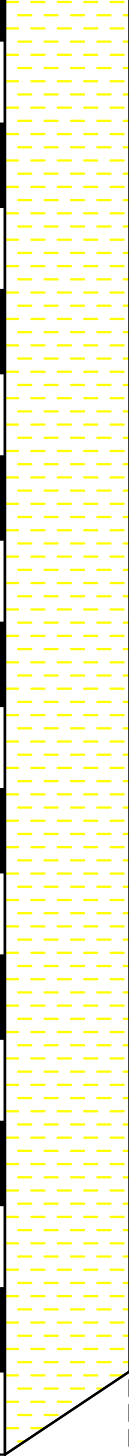
● Log stratigrafici

— Sezioni stratigrafiche

Stratigrafia LOG 1

Comune di San Martino in Pensilis

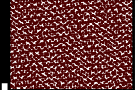

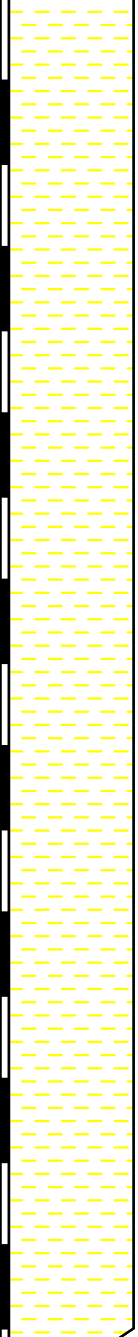
Quota 41 m slm
 Coordinate WGS 84 33N 509 150.81 E
 4 633 691.71 N
 Rilievo Luglio 2021

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda
1		0.8	Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.	
2		1.5	Deposito limoso-argilloso superficiale, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata; in questa area fa parte dei depositi terrazzati di II ordine.	
3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20		17.7+	Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.	

Stratigrafia LOG 2

Comune di San Martino in Pensilis

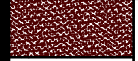
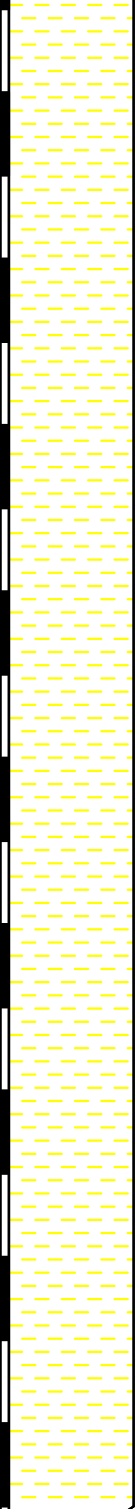
Quota 58 m slm
 Coordinate WGS 84 33N 507676.95 E
 4 630672.57 N
 Rilievo Luglio 2021

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda
1		1.1	Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.	
2		1.9	Deposito limoso-argilloso e leggermente sabbioso superficiale, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata; in questa zona fa parte dei depositi terrazzati di IV ordine.	
3		17+	Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Stratigrafia LOG 3

Comune di Rotello

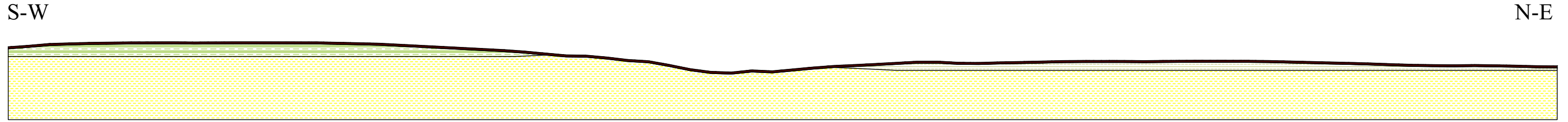
Quota 160 m slm
Coordinate WGS 84 33N 506615.68 E
4 623999.38 N
Rilievo Luglio 2021

Profondità (metri)	Litologia	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Falda
1		0.7	Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.	
2		19.3+	Deposito limoso argilloso nei primi metri, argilloso e argilloso-limoso in profondità, di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.	
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Sezione AB San Martino in Pensilis

Scala 1:2500

SEZIONE GEOLOGICA



A

B

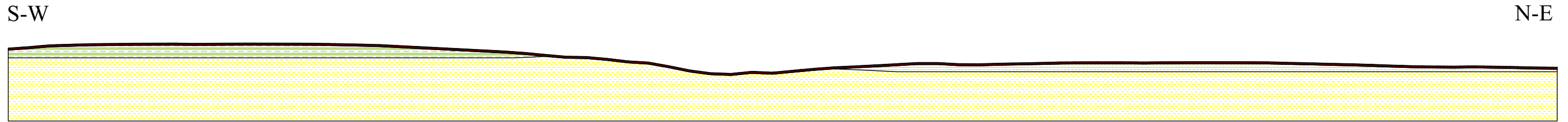
Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.

Deposito ghiaioso e limoso-argilloso a tratti, ritrovato al di sotto della copertura vegetale. Esso varia di composizione e caratteristiche geomeccaniche a seconda dell'area considerata; in questa area fa parte dei depositi terrazzati del II ordine.

Depositi ghiaiosi più o meno cementati, con lenti di argille sabbiose, sabbie e calcari pulverolenti, il tutto ricoperto da "terre nere" con alto tenore humico - Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi

Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.

SEZIONE IDROGEOLOGICA



A

B

Unità sabbioso-limoso recente con permeabilità alta per porosità (copertura vegetale)

Unità ghiaiosa ed a tratti limoso-argillosa con permeabilità alta per porosità (II ordine di terrazzi)

Unità prevalentemente ghiaiosa, con livelli limoso-argillosi e sabbiosi con permeabilità alta per porosità (I ordine di terrazzi)

Unità argillosa e argilloso-limoso con permeabilità molto bassa per porosità (Argille di Montesecco)

SEZIONE GEOTECNICA



A

B

Unità sabbioso-limoso recente
 Peso unità di volume: 1.71 t/m³
 Coesione non drenata: 0.26 kg/cm²
 Coefficiente di Poisson: 0.35
 Angolo di resistenza al taglio: 21.17

Unità fluviali del II ordine di terrazzi
 Peso unità di volume: 2.01 t/m³
 Coesione non drenata: 0.79 kg/cm²
 Coefficiente di Poisson: 0.33
 Angolo di resistenza al taglio: 23.36

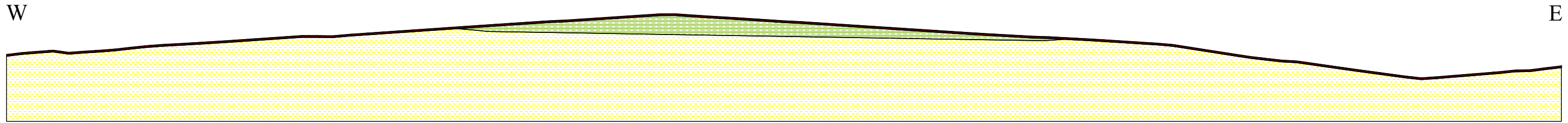
Unità fluvio-lacustri del I ordine di terrazzi
 Peso unità di volume: 2.03 t/m³
 Coesione non drenata: 0.87 kg/cm²
 Coefficiente di Poisson: 0.33
 Angolo di resistenza al taglio: 23.67

Unità argillosa e argilloso-limoso plio-pleistocenica
 Peso unità di volume: 2.09 t/m³
 Coesione non drenata: 1.44 kg/cm²
 Coefficiente di Poisson: 0.31
 Angolo di resistenza al taglio: 26.01

Sezione CD Rotello

Scala 1:2500

SEZIONE GEOLOGICA



C

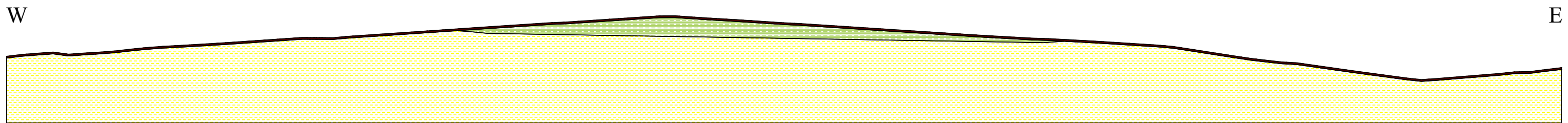
D

Deposito di copertura vegetale, con prevalente componente sabbiosa debolmente limosa, di colore bruno, con ciottoli di varia origine e composizione.

Depositi ghiaiosi più o meno cementati, con lenti di argille sabbiose, sabbie e calcari pulverolenti, il tutto ricoperto da "terre nere" con alto tenore humico - Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi

Deposito argilloso e argilloso-limoso di colore grigio-azzurro o giallastro in superficie per alterazione. Sono presenti livelli interamente siltosi e rare intercalazioni interamente sabbiose.

SEZIONE IDROGEOLOGICA



C

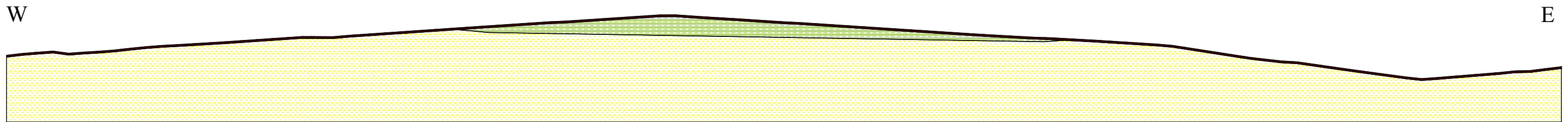
D

Unità sabbioso-limoso recente con permeabilità alta per porosità (copertura vegetale)

Unità prevalentemente ghiaiosa, con livelli limoso-argillosi e sabbiosi con permeabilità alta per porosità (I ordine di terrazzi)

Unità argillosa e argilloso-limoso con permeabilità molto bassa per porosità (Argille di Montesecco)

SEZIONE GEOTECNICA



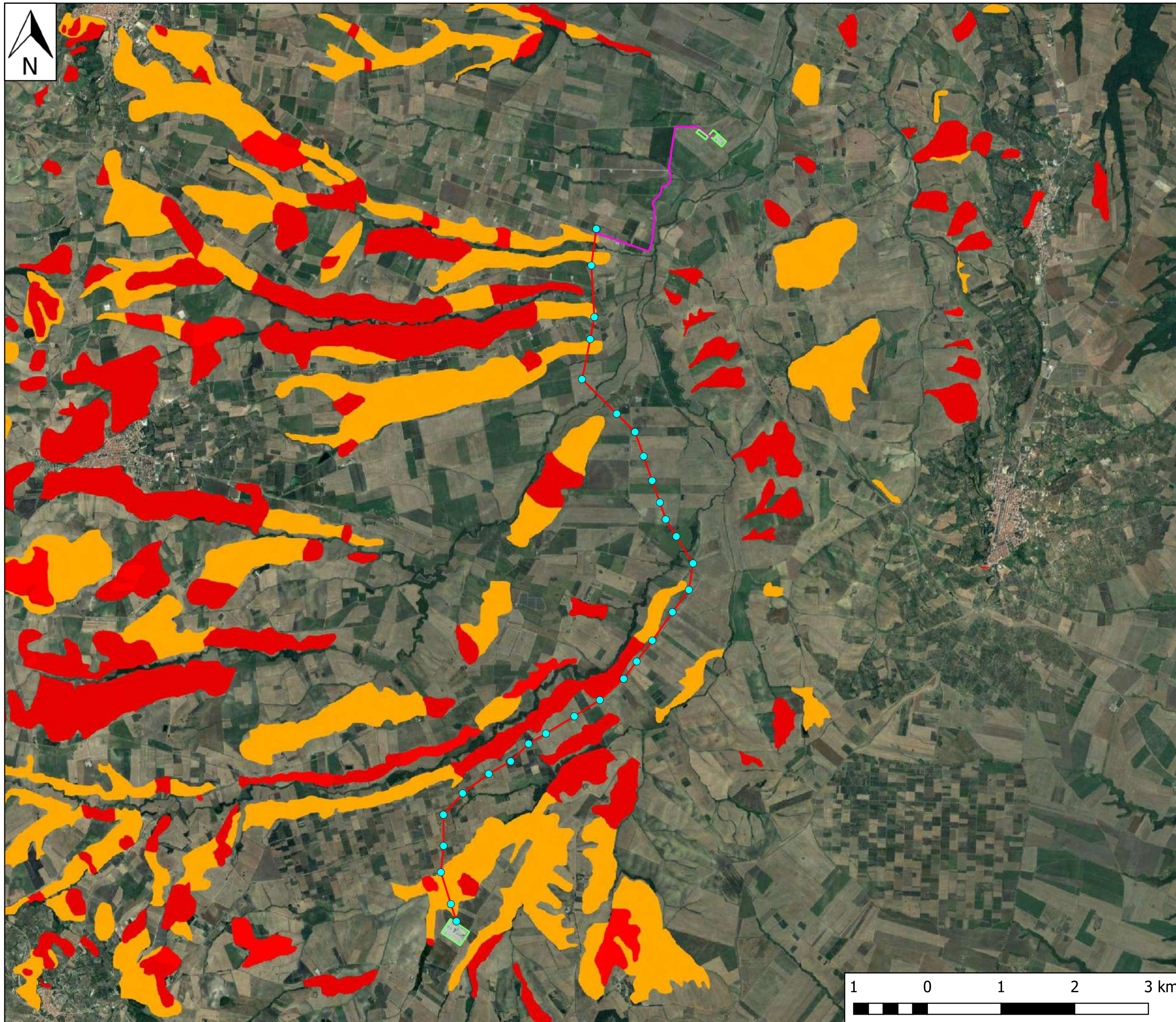
C

D

Unità sabbioso-limoso recente — Peso unità di volume: 1.46 t/m³
Coefficiente di Poisson: 0.35
Angolo di resistenza al taglio: 20.22

Unità fluvio-lacustri del I ordine di terrazzi — Peso unità di volume: 2.03 t/m³
Coesione non drenata: 0.87 kg/cm²
Coefficiente di Poisson: 0.33
Angolo di resistenza al taglio: 23.67

Unità argillosa e argilloso-limoso plio-pleistocenica — Peso unità di volume: 2.10 t/m³
Coesione non drenata: 1.36 kg/cm²
Coefficiente di Poisson: 0.31
Angolo di resistenza al taglio: 25.74



INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO SU CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

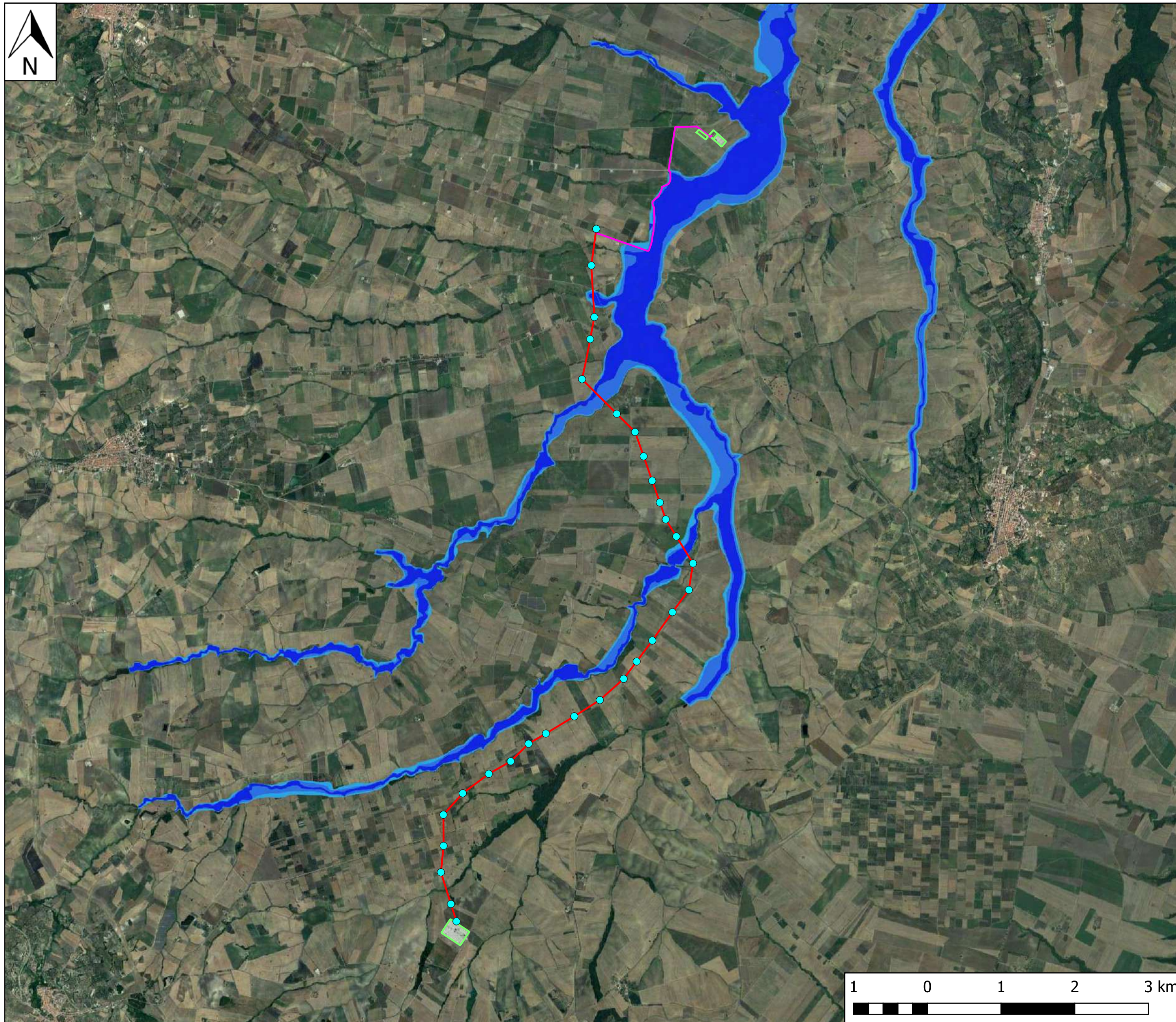
— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

■ PI1 Area a pericolosità da frana moderata.

■ PI2 Area a pericolosità da frana elevata.

■ PI3 Area a pericolosità da frana estremamente elevata.



INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO SU CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

Scala 1:50000

Legenda

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

■ P11 Area a pericolosità idraulica bassa.

■ P12 Area a pericolosità idraulica moderata.

■ P13 Area a pericolosità idraulica alta.



**UBICAZIONE PROVE
PENETROMETRICHE
SU STRALCIO CARTA
GEOLOGICA
D'ITALIA IN SCALA
1:100000**

Scala 1:50000

Legenda

Prove geotecniche

◆ Prove penetrometriche

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE – Report San Martino e Rotello (CB)
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.

δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo (δ/N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA PP.1



Strumento utilizzato: DL-30 (60°)

Prova eseguita in data: 21.07.21

Profondità prova: 4.30 m

Falda rilevata: assente

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	7	0.857	20.02	23.38	1.00	1.17
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	2	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	5	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	5	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	7	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	7	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	14	0.792	35.12	44.37	1.76	2.22
1.00	11	0.840	29.27	34.86	1.46	1.74
1.10	11	0.838	29.21	34.86	1.46	1.74
1.20	10	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	11	0.835	29.09	34.86	1.45	1.74
1.40	13	0.783	32.25	41.20	1.61	2.06
1.50	13	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	21	0.730	48.55	66.55	2.43	3.33
1.70	17	0.778	41.91	53.87	2.10	2.69
1.80	13	0.776	31.98	41.20	1.60	2.06
1.90	18	0.775	42.05	54.27	2.10	2.71
2.00	21	0.723	45.79	63.32	2.29	3.17
2.10	21	0.722	45.69	63.32	2.28	3.17
2.20	19	0.770	44.12	57.29	2.21	2.86
2.30	19	0.769	44.03	57.29	2.20	2.86
2.40	26	0.717	56.22	78.39	2.81	3.92
2.50	24	0.716	51.79	72.36	2.59	3.62
2.60	24	0.714	51.68	72.36	2.58	3.62
2.70	20	0.763	46.00	60.30	2.30	3.02
2.80	23	0.711	49.33	69.35	2.47	3.47
2.90	26	0.710	53.08	74.76	2.65	3.74
3.00	26	0.709	52.98	74.76	2.65	3.74
3.10	22	0.707	44.74	63.26	2.24	3.16

3.20	24	0.706	48.72	69.01	2.44	3.45
3.30	21	0.705	42.55	60.38	2.13	3.02
3.40	27	0.703	54.61	77.64	2.73	3.88
3.50	27	0.702	54.51	77.64	2.73	3.88
3.60	31	0.651	58.02	89.14	2.90	4.46
3.70	35	0.650	65.38	100.64	3.27	5.03
3.80	32	0.648	59.66	92.01	2.98	4.60
3.90	33	0.647	58.69	90.69	2.93	4.53
4.00	31	0.646	55.04	85.19	2.75	4.26
4.10	35	0.645	62.02	96.18	3.10	4.81
4.20	34	0.644	60.14	93.44	3.01	4.67
4.30	40	0.593	65.14	109.92	3.26	5.50

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.8	5.38	17.95	Incoerente - coesivo	1.71	1.87	0.76	4.09	Sabbia
2.3	15.47	48.01	Incoerente - coesivo	2.01	2.21	0.76	11.77	Limo argilloso
4.3	28.05	80.37	Incoerente - coesivo	2.09	2.31	0.76	21.35	Argilla limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Sabbia	4.09	0.80	0.26	0.51	0.00	0.17	0.40	0.54	0.37	0.74	0.21	0.63	0.51
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	0.79	1.47	0.00	0.47	1.16	1.44	1.03	1.35	0.59	1.77	1.47
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	1.44	2.67	0.00	0.82	2.11	2.41	1.80	2.21	1.07	3.81	2.67

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Robertson (1983)	8.18
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Robertson (1983)	23.54
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Robertson (1983)	42.70

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia	4.09	0.80	18.77	61.35	43.51	51.13
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	54.00	--	121.84	117.70
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	97.95	--	219.55	213.50

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia	4.09	0.80	26.64	40.90
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	114.96	117.70
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	225.13	213.50

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia	4.09	0.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Meyerhof	1.71
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Meyerhof	2.01
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Meyerhof	1.87
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Meyerhof	2.21
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Meyerhof	2.13

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	Ohta & Goto (1978) Limi	73.14
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	Ohta & Goto (1978) Limi	114.05
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	Ohta & Goto (1978) Limi	146.28

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	21.81	48.45	67.77
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	38.52	72.5	77.1
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	49.26	90.95	91.77

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	28.17	21.17	29.15	33.11	31.28	0	<30	22.83	28.23	31.04
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	30.36	23.36	31.3	31.7	34.33	38.15	<30	28.29	30.53	39.43
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	33.1	26.1	33.98	31.75	37.47	40.73	30-32	32.9	33.4	44.06

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	---	32.72	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	244.88	94.16	139.59	268.27	133.85
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	329.81	170.80	252.63	340.12	181.75

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	---	35.87	29.04	56.24
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	70.62	51.64	83.57	90.49
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	128.10	71.32	151.59	133.22

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Terzaghi-Peck 1948	1.50
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Terzaghi-Peck 1948	1.61

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Terzaghi-Peck 1948	1.93
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Terzaghi-Peck 1948	2.00

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

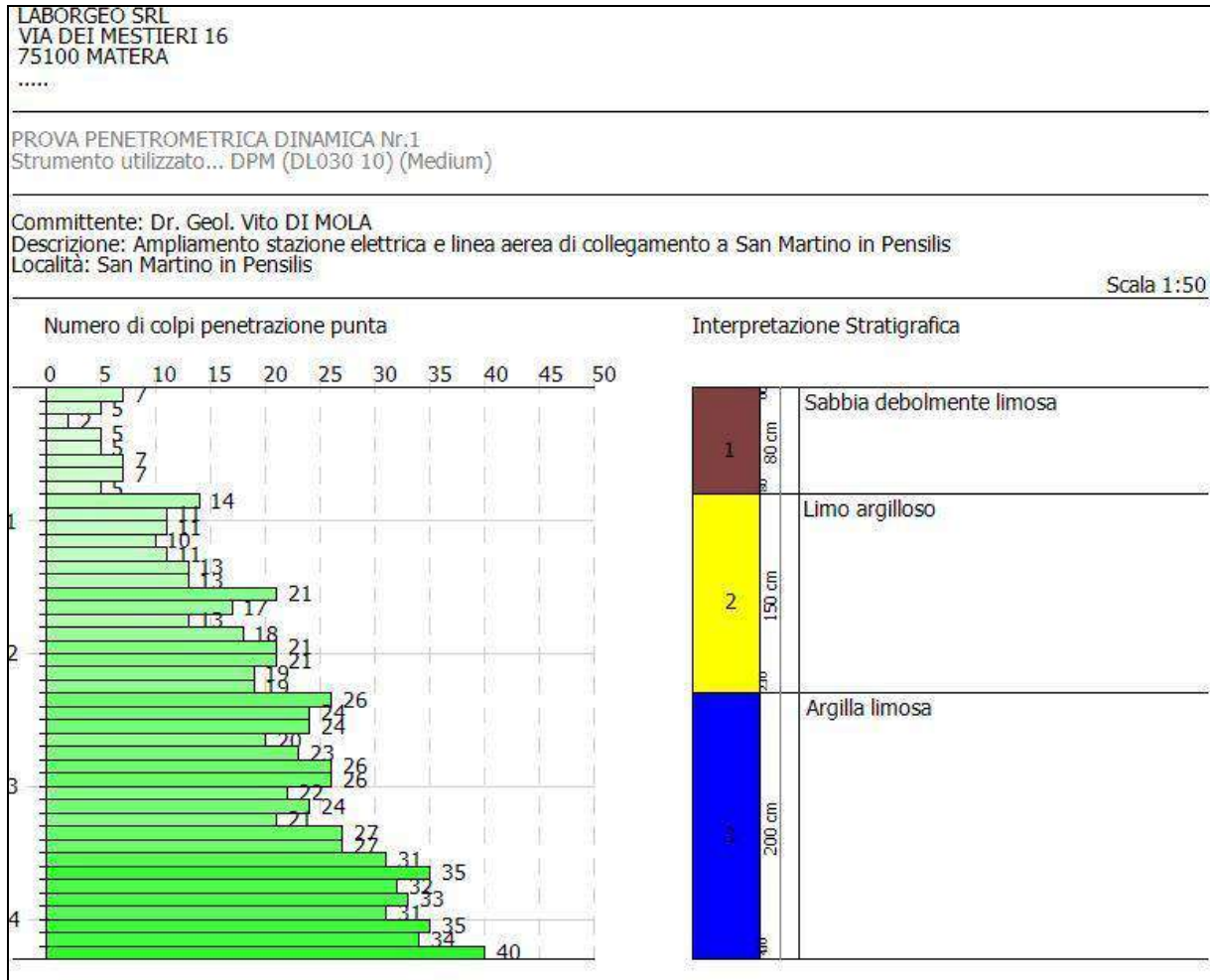
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Ohta & Goto (1978) Limi	73.14
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Ohta & Goto (1978) Limi	114.05
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Ohta & Goto (1978) Limi	146.28

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Navfac 1971-1982	0.77
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Navfac 1971-1982	2.48
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Navfac 1971-1982	4.28

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	4.09	0.80	4.09	Robertson 1983	8.18
[2] - Limo argilloso	11.77	2.30	11.77	Robertson 1983	23.54
[3] - Argilla limosa	21.35	4.30	21.35	Robertson 1983	42.70



Matera, 26.07.21

**Il Responsabile delle indagini geologiche
Dr. Geol. Angelo Capodilupo**

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

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.

δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo (δ/N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA PP.2



Strumento utilizzato: DL-30 (60°)

Prova eseguita in data: 21.07.21

Profondità prova: 4.30 m

Falda rilevata: assente

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	5	0.857	17.76	20.74	0.89	1.04
0.20	5	0.855	17.72	20.74	0.89	1.04
0.30	4	0.853	14.15	16.59	0.71	0.83
0.40	10	0.851	35.29	41.47	1.76	2.07
0.50	10	0.849	35.21	41.47	1.76	2.07
0.60	7	0.847	24.59	29.03	1.23	1.45
0.70	5	0.845	17.53	20.74	0.88	1.04
0.80	5	0.843	17.49	20.74	0.87	1.04
0.90	7	0.842	23.15	27.51	1.16	1.38
1.00	7	0.840	23.10	27.51	1.16	1.38
1.10	9	0.838	29.64	35.37	1.48	1.77
1.20	12	0.836	39.44	47.16	1.97	2.36
1.30	11	0.835	36.08	43.23	1.80	2.16
1.40	12	0.833	39.28	47.16	1.96	2.36
1.50	12	0.831	39.20	47.16	1.96	2.36
1.60	15	0.780	45.96	58.95	2.30	2.95
1.70	11	0.828	35.79	43.23	1.79	2.16
1.80	11	0.826	35.72	43.23	1.79	2.16
1.90	14	0.775	40.51	52.28	2.03	2.61
2.00	16	0.773	46.20	59.75	2.31	2.99
2.10	16	0.772	46.11	59.75	2.31	2.99
2.20	16	0.770	46.02	59.75	2.30	2.99
2.30	17	0.769	48.80	63.49	2.44	3.17
2.40	16	0.767	45.84	59.75	2.29	2.99
2.50	14	0.766	40.03	52.28	2.00	2.61
2.60	15	0.764	42.81	56.02	2.14	2.80
2.70	16	0.763	45.58	59.75	2.28	2.99
2.80	19	0.761	54.03	70.95	2.70	3.55
2.90	21	0.710	53.04	74.70	2.65	3.74
3.00	21	0.709	52.94	74.70	2.65	3.74
3.10	21	0.707	52.84	74.70	2.64	3.74
3.20	25	0.706	62.79	88.93	3.14	4.45

3.30	30	0.705	75.20	106.72	3.76	5.34
3.40	29	0.703	72.56	103.16	3.63	5.16
3.50	29	0.702	72.43	103.16	3.62	5.16
3.60	21	0.701	52.36	74.70	2.62	3.74
3.70	27	0.700	67.20	96.05	3.36	4.80
3.80	30	0.698	74.53	106.72	3.73	5.34
3.90	35	0.647	76.93	118.87	3.85	5.94
4.00	35	0.646	76.79	118.87	3.84	5.94
4.10	32	0.645	70.08	108.68	3.50	5.43
4.20	35	0.644	76.51	118.87	3.83	5.94
4.30	40	0.593	80.50	135.85	4.02	6.79

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.1	6.73	27.45	Incoerente - coesivo	1.77	1.88	0.78	5.27	Sabbia debolmente limosa
3.1	15.3	57.4	Incoerente - coesivo	2.02	2.22	0.78	11.98	Limo argilloso
4.3	30.67	106.71	Incoerente - coesivo	2.11	2.32	0.78	24.01	Argilla limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	0.33	0.66	0.00	0.21	0.51	0.82	0.48	0.83	0.26	0.80	0.66
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	0.81	1.50	0.00	0.48	1.18	1.72	1.05	1.36	0.60	1.69	1.50
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	1.62	3.00	0.00	0.92	2.38	3.20	2.00	2.47	1.20	4.29	3.00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Robertson (1983)	10.54
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Robertson (1983)	23.96
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Robertson (1983)	48.02

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia debol. limosa	5.27	1.10	24.18	79.05	55.54	65.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	54.96	--	123.98	119.80
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	110.16	--	246.68	240.10

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	40.21	52.70
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	117.37	119.80
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	255.72	240.10

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Meyerhof	1.77
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Meyerhof	2.02
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Meyerhof	2.11

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	Meyerhof	1.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Meyerhof	2.22
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Meyerhof	2.20

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	Ohta & Goto (1978) Limi	81.26
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	Ohta & Goto (1978) Limi	121.31
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	Ohta & Goto (1978) Limi	152.61

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	25.94	53.99	69.74
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	36.84	69.41	71.47
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	49.14	90.29	89.45

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	28.51	21.51	29.48	32.75	31.78	0	<30	23.89	28.58	33.14
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	30.42	23.42	31.35	31.03	34.41	37.72	<30	28.41	30.59	39.17
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	33.86	26.86	34.72	31.26	38.21	40.64	30-32	33.98	34.2	44.47

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	---	42.16	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	247.06	95.84	142.06	269.85	134.90
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	349.76	192.08	284.02	360.08	195.05

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	---	38.29	37.42	61.50
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	71.88	52.07	85.06	91.43
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	144.06	76.78	170.47	145.08

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	5.27	Terzaghi-Peck 1948	1.42
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Terzaghi-Peck 1948	1.50
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Terzaghi-Peck 1948	1.64

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	5.27	1.10	5.27	Terzaghi-Peck 1948	1.88
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Terzaghi-Peck 1948	2.02

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	(A.G.I.)	0.34
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

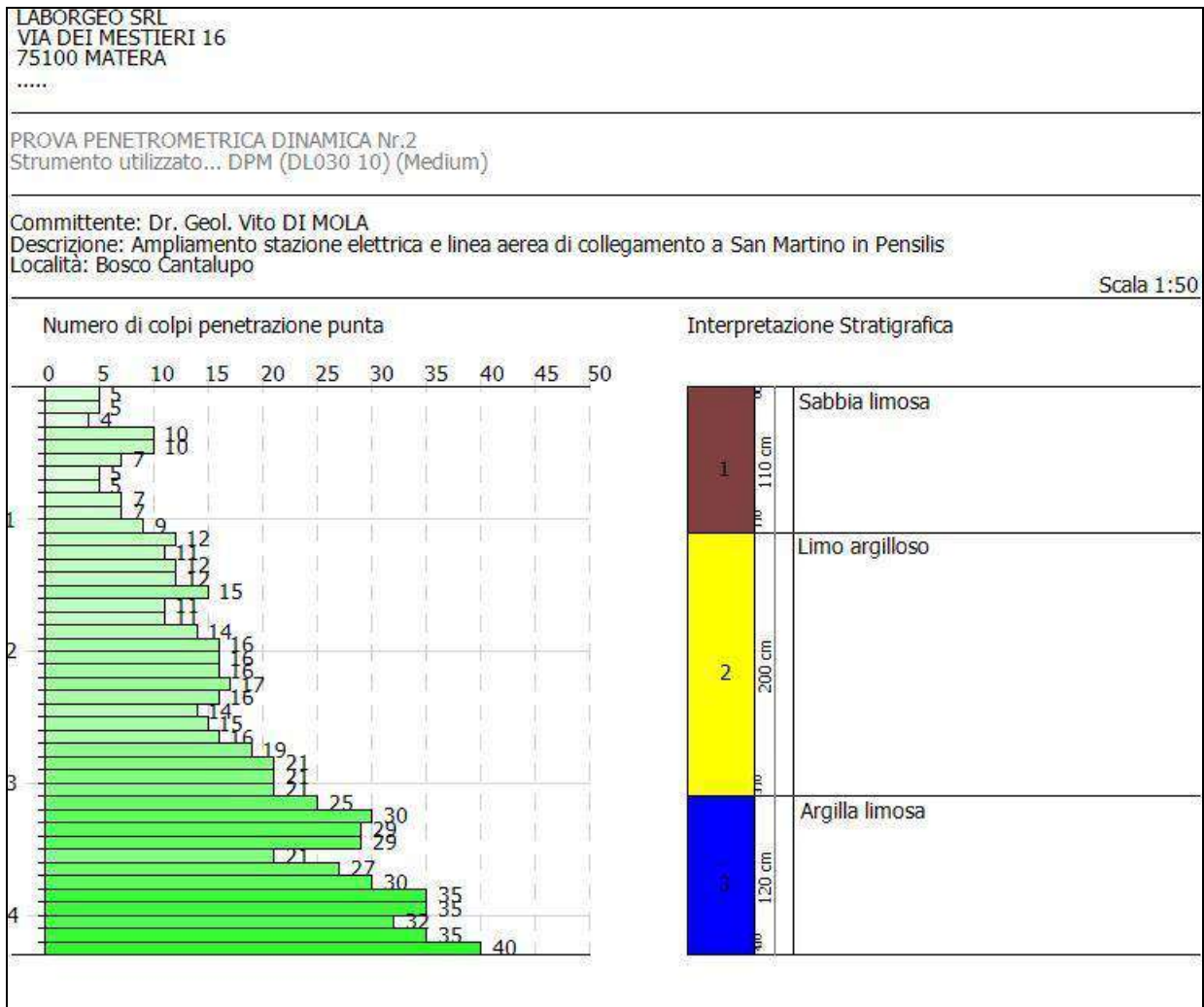
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Ohta & Goto (1978) Limi	81.26
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Ohta & Goto (1978) Limi	121.31
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Ohta & Goto (1978) Limi	152.61

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Navfac 1971-1982	1.05
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Navfac 1971-1982	2.52
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Navfac 1971-1982	4.72

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	5.27	1.10	5.27	Robertson 1983	10.54
[2] - Limo argilloso	11.98	3.10	11.98	Robertson 1983	23.96
[3] - Argilla limosa	24.01	4.30	24.01	Robertson 1983	48.02



Matera, 26.07.21

**Il Responsabile delle indagini geologiche
Dr. Geol. Angelo Capodilupo**

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

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.

δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo (δ/N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA PP.3



Strumento utilizzato: DL-30 (60°)

Prova eseguita in data: 21.07.21

Profondità prova: 5.20 m

Falda rilevata: assente

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	4	0.857	14.21	16.59	0.71	0.83
0.20	2	0.855	7.09	8.29	0.35	0.41
0.30	2	0.853	7.07	8.29	0.35	0.41
0.40	2	0.851	7.06	8.29	0.35	0.41
0.50	3	0.849	10.56	12.44	0.53	0.62
0.60	5	0.847	17.56	20.74	0.88	1.04
0.70	2	0.845	7.01	8.29	0.35	0.41
0.80	5	0.843	17.49	20.74	0.87	1.04
0.90	7	0.842	23.15	27.51	1.16	1.38
1.00	7	0.840	23.10	27.51	1.16	1.38
1.10	7	0.838	23.05	27.51	1.15	1.38
1.20	9	0.836	29.58	35.37	1.48	1.77
1.30	7	0.835	22.96	27.51	1.15	1.38
1.40	9	0.833	29.46	35.37	1.47	1.77
1.50	10	0.831	32.67	39.30	1.63	1.97
1.60	9	0.830	29.34	35.37	1.47	1.77
1.70	10	0.828	32.54	39.30	1.63	1.97
1.80	16	0.776	48.82	62.88	2.44	3.14
1.90	16	0.775	46.29	59.75	2.31	2.99
2.00	17	0.773	49.09	63.49	2.45	3.17
2.10	12	0.822	36.82	44.81	1.84	2.24
2.20	10	0.820	30.63	37.34	1.53	1.87
2.30	10	0.819	30.57	37.34	1.53	1.87
2.40	12	0.817	36.62	44.81	1.83	2.24
2.50	15	0.766	42.89	56.02	2.14	2.80
2.60	15	0.764	42.81	56.02	2.14	2.80
2.70	15	0.763	42.73	56.02	2.14	2.80
2.80	19	0.761	54.03	70.95	2.70	3.55
2.90	18	0.760	48.67	64.03	2.43	3.20
3.00	19	0.759	51.28	67.59	2.56	3.38
3.10	21	0.707	52.84	74.70	2.64	3.74
3.20	24	0.706	60.28	85.38	3.01	4.27
3.30	24	0.705	60.16	85.38	3.01	4.27

3.40	25	0.703	62.56	88.93	3.13	4.45
3.50	24	0.702	59.94	85.38	3.00	4.27
3.60	25	0.701	62.33	88.93	3.12	4.45
3.70	31	0.650	71.64	110.28	3.58	5.51
3.80	25	0.698	62.11	88.93	3.11	4.45
3.90	24	0.697	56.83	81.51	2.84	4.08
4.00	26	0.696	61.46	88.30	3.07	4.42
4.10	26	0.695	61.36	88.30	3.07	4.42
4.20	24	0.694	56.54	81.51	2.83	4.08
4.30	28	0.693	65.86	95.09	3.29	4.75

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.4	5.07	20.32	Incoerente - coesivo	1.7	1.87	0.12	0.78	3.97
3.1	14.35	53.51	Incoerente - coesivo	2.00	2.20	0.41	0.78	11.24
5.2	28.76	98.12	Incoerente - coesivo	2.06	2.26	0.58	0.78	22.52

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	0.25	0.50	0.00	0.16	0.39	0.61	0.36	0.73	0.20	0.54	0.50
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	0.76	1.41	0.00	0.45	1.11	1.61	0.99	1.30	0.56	1.56	1.41
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	1.52	2.82	0.00	0.87	2.23	2.94	1.89	2.32	1.13	4.02	2.82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Robertson (1983)	7.94
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Robertson (1983)	22.48
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Robertson (1983)	45.04

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	18.21	59.55	42.28	49.63
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	51.57	--	116.43	112.40
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	103.32	--	231.48	225.20

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	25.26	39.70
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	108.86	112.40
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	238.58	225.20

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Meyerhof	1.70
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Meyerhof	2.00
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Meyerhof	2.11

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	Meyerhof	1.87
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Meyerhof	2.20
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Meyerhof	2.16

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	Ohta & Goto (1978) Limi	81.06
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	Ohta & Goto (1978) Limi	121.58
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	Ohta & Goto (1978) Limi	154.31

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	20.29	46.24	57.79
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	35.28	66.89	68.81
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	47.96	88.15	87.56

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	3.97	28.13	21.13	29.11	31.86	31.23	0	<30	22.72	28.19	30.58
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	30.21	23.21	31.15	30.87	34.14	37.36	<30	27.98	30.37	38.57
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	33.43	26.43	34.31	31.24	37.8	40.34	30-32	33.38	33.76	43.99

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	---	31.76	---	---	---
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	239.31	89.92	133.33	264.30	131.20
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	338.73	180.16	266.44	348.90	187.60

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	---	35.62	28.19	55.71
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	67.44	50.55	79.80	88.13
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	135.12	73.72	159.89	138.44

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Terzaghi-Peck 1948	1.40
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Terzaghi-Peck 1948	1.49
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Terzaghi-Peck 1948	1.62

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia debolmente limosa	3.97	1.40	3.97	Terzaghi-Peck 1948	1.87
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Terzaghi-Peck 1948	1.93
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Terzaghi-Peck 1948	2.01

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

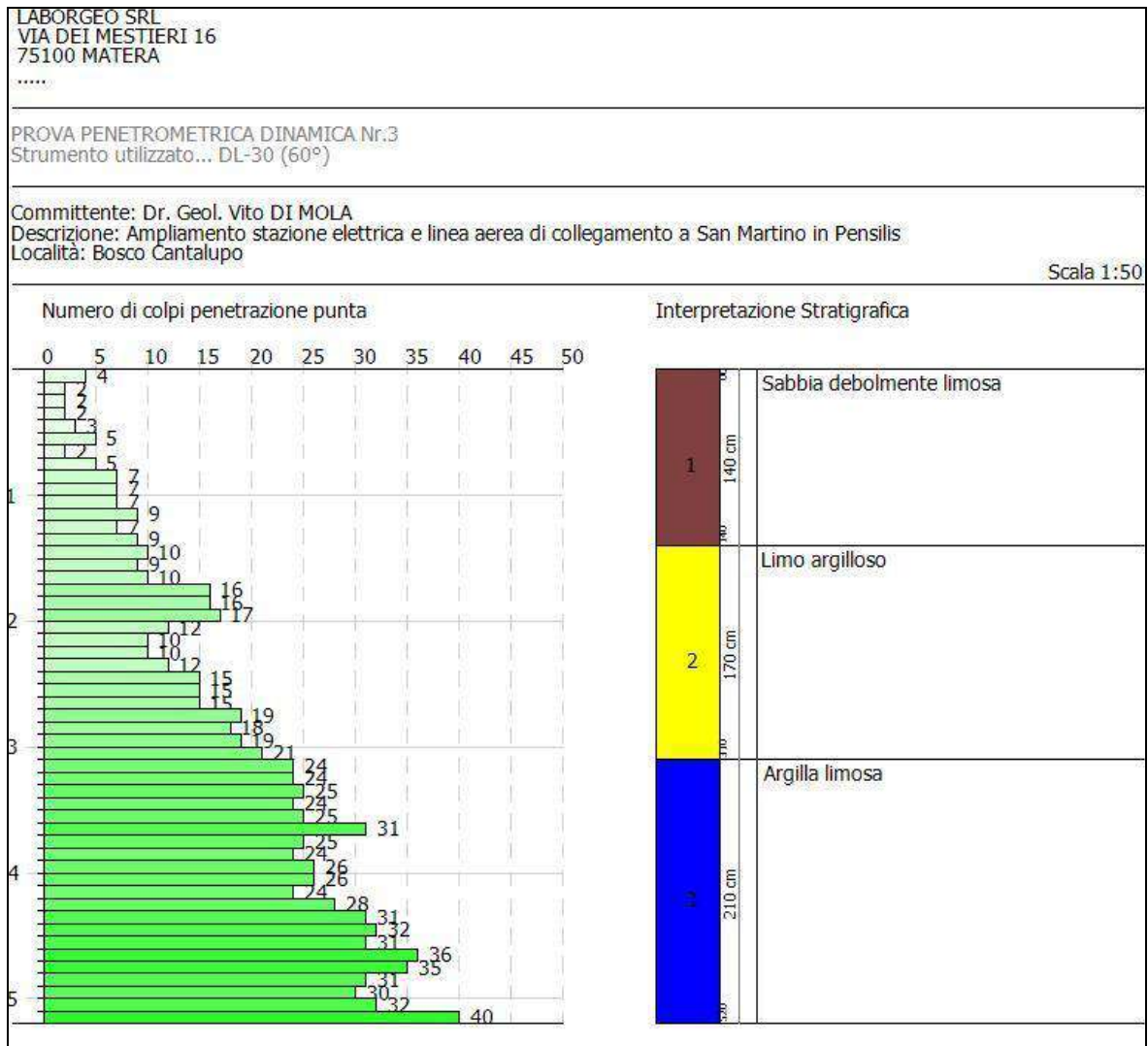
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Ohta & Goto (1978) Limi	81.06
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Ohta & Goto (1978) Limi	121.58
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Ohta & Goto (1978) Limi	154.31

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Navfac 1971-1982	0.75
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Navfac 1971-1982	2.36
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Navfac 1971-1982	4.48

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia deb. limosa	3.97	1.40	3.97	Robertson 1983	7.94
[2] - Limo argilloso	11.24	3.10	11.24	Robertson 1983	22.48
[3] - Argilla limosa	22.52	5.20	22.52	Robertson 1983	45.04



Matera, 26.07.21

Il Responsabile delle indagini geologiche
 Dr. Geol. Angelo Capodilupo

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

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

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

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

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

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

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

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

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

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

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

penetrometri in uso in Italia

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

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

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

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.

δ passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd resistenza dinamica punta (area A).
 e infissione media per colpo (δ/N).
 M peso massa battente (altezza caduta H).
 P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_s parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

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

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

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

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

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,

- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

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

Media

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

Media minima

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

Massimo

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

Minimo

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

Scarto quadratico medio

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

Media deviata

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

Media (+ s)

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

Media (- s)

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

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

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

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

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

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

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).

- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da D_r %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

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

Velocità onde di taglio V_s (m/s)

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

Modulo di deformazione di taglio (G)

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

Modulo di reazione (K_0)

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

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

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

Modulo Di Young (E_y)

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

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

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

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA PENETROMETRICA PP.4



Strumento utilizzato: DL-30 (60°)
 Prova eseguita in data: 21.07.21
 Profondità prova: 4.90 m
 Falda rilevata: assente

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	1	0.853	2.85	3.34	0.14	0.17
0.40	1	0.851	2.84	3.34	0.14	0.17
0.50	1	0.849	2.83	3.34	0.14	0.17
0.60	1	0.847	2.83	3.34	0.14	0.17
0.70	1	0.845	2.82	3.34	0.14	0.17
0.80	10	0.843	28.16	33.40	1.41	1.67
0.90	10	0.842	26.67	31.69	1.33	1.58
1.00	12	0.840	31.93	38.03	1.60	1.90
1.10	10	0.838	26.56	31.69	1.33	1.58
1.20	17	0.786	42.36	53.87	2.12	2.69
1.30	13	0.785	32.32	41.20	1.62	2.06
1.40	21	0.733	48.77	66.55	2.44	3.33
1.50	20	0.781	49.51	63.38	2.48	3.17
1.60	23	0.730	53.18	72.89	2.66	3.64
1.70	23	0.728	53.06	72.89	2.65	3.64
1.80	23	0.726	52.94	72.89	2.65	3.64
1.90	21	0.725	45.89	63.32	2.29	3.17
2.00	17	0.773	39.63	51.26	1.98	2.56
2.10	16	0.772	37.23	48.24	1.86	2.41
2.20	17	0.770	39.47	51.26	1.97	2.56
2.30	24	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	24	0.717	51.89	72.36	2.59	3.62
2.50	24	0.716	51.79	72.36	2.59	3.62
2.60	21	0.714	45.22	63.32	2.26	3.17
2.70	26	0.713	55.88	78.39	2.79	3.92
2.80	26	0.711	55.77	78.39	2.79	3.92
2.90	22	0.710	44.92	63.26	2.25	3.16
3.00	22	0.709	44.83	63.26	2.24	3.16
3.10	19	0.757	41.37	54.63	2.07	2.73
3.20	24	0.706	48.72	69.01	2.44	3.45
3.30	25	0.705	50.66	71.88	2.53	3.59
3.40	23	0.703	46.52	66.13	2.33	3.31

3.50	26	0.702	52.49	74.76	2.62	3.74
3.60	22	0.701	44.34	63.26	2.22	3.16
3.70	22	0.700	44.26	63.26	2.21	3.16
3.80	28	0.698	56.23	80.51	2.81	4.03
3.90	26	0.697	49.82	71.45	2.49	3.57
4.00	28	0.696	53.56	76.95	2.68	3.85
4.10	26	0.695	49.65	71.45	2.48	3.57
4.20	29	0.694	55.28	79.69	2.76	3.98
4.30	28	0.693	53.29	76.95	2.66	3.85
4.40	21	0.691	39.90	57.71	2.00	2.89
4.50	33	0.640	58.07	90.69	2.90	4.53
4.60	35	0.639	61.48	96.18	3.07	4.81
4.70	34	0.638	59.63	93.44	2.98	4.67
4.80	35	0.637	61.28	96.18	3.06	4.81
4.90	40	0.586	61.69	105.26	3.08	5.26

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.7	1	3.34	Incoerente - coesivo	1.46	1.84	0.05	0.76	0.76
2.2	16.87	52.84	Incoerente - coesivo	2.03	2.23	0.25	0.76	12.84
4.9	26.41	74.93	Incoerente - coesivo	2.10	2.34	0.41	0.76	20.1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA PP.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.05	0.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.07	0.50	0.04	0.06	0.10
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	0.87	1.61	0.00	0.51	1.26	1.59	1.12	1.44	0.64	1.97	1.61
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	1.36	2.51	0.00	0.78	1.99	2.25	1.70	2.09	1.01	3.59	2.51

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Robertson (1983)	1.52
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Robertson (1983)	25.68
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Robertson (1983)	40.20

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Sabbia	0.76	0.70	3.49	11.40	9.54	9.50
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	58.91	--	132.75	128.40
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	92.22	--	206.80	201.00

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Sabbia	0.76	0.70	-11.66	7.60
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	127.26	128.40
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	210.75	201.00

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Sabbia	0.76	0.70	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Meyerhof	1.46
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Meyerhof	2.03
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Meyerhof	2.10

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Meyerhof	1.84
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Meyerhof	2.23
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Meyerhof	2.31

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	Ohta & Goto (1978) Limi	53.27
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	Ohta & Goto (1978) Limi	114.3
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	Ohta & Goto (1978) Limi	146.81

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0	21.12	32.72
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	41.12	77.02	82.99
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	48.43	89.5	90.93

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corrett o per presen za falda	Peck- Hanso n- Thorn burn- Meyer hof 1956	Meyer hof (1956)	Sower s (1961)	Meyer hof (1965)	Schme rtmann (1977) Sabbie	Mitche ll & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROAD BRIDG E SPECIFI CATIO N)	Japanes e Nationa l Railwa y	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	27.22	20.22	28.21	31.01	29.82	0	<30	18.38	27.23	16.41
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	30.67	23.67	31.6	32.11	34.72	38.78	30-32	28.88	30.85	40.32
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	32.74	25.74	33.63	31.81	37.1	40.53	30-32	32.36	33.03	43.65

Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertm ann (1978) (Sabbie)	Schultze- Menzenb ach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appoll onia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	---	6.08	---	---	---
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	255.77	102.72	152.21	276.30	139.20
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	320.01	160.80	237.88	330.75	175.50

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	---	29.03	5.40	41.39
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	77.04	53.84	91.16	95.27
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	120.60	68.75	142.71	127.65

Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Classificazione A.G.I	MODERATA MENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Terzaghi-Peck 1948	1.35
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Terzaghi-Peck 1948	1.51
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Terzaghi-Peck 1948	1.60

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Terzaghi-Peck 1948	1.84
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Terzaghi-Peck 1948	1.94
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Terzaghi-Peck 1948	1.99

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	(A.G.I.)	0.35
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	(A.G.I.)	0.33
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

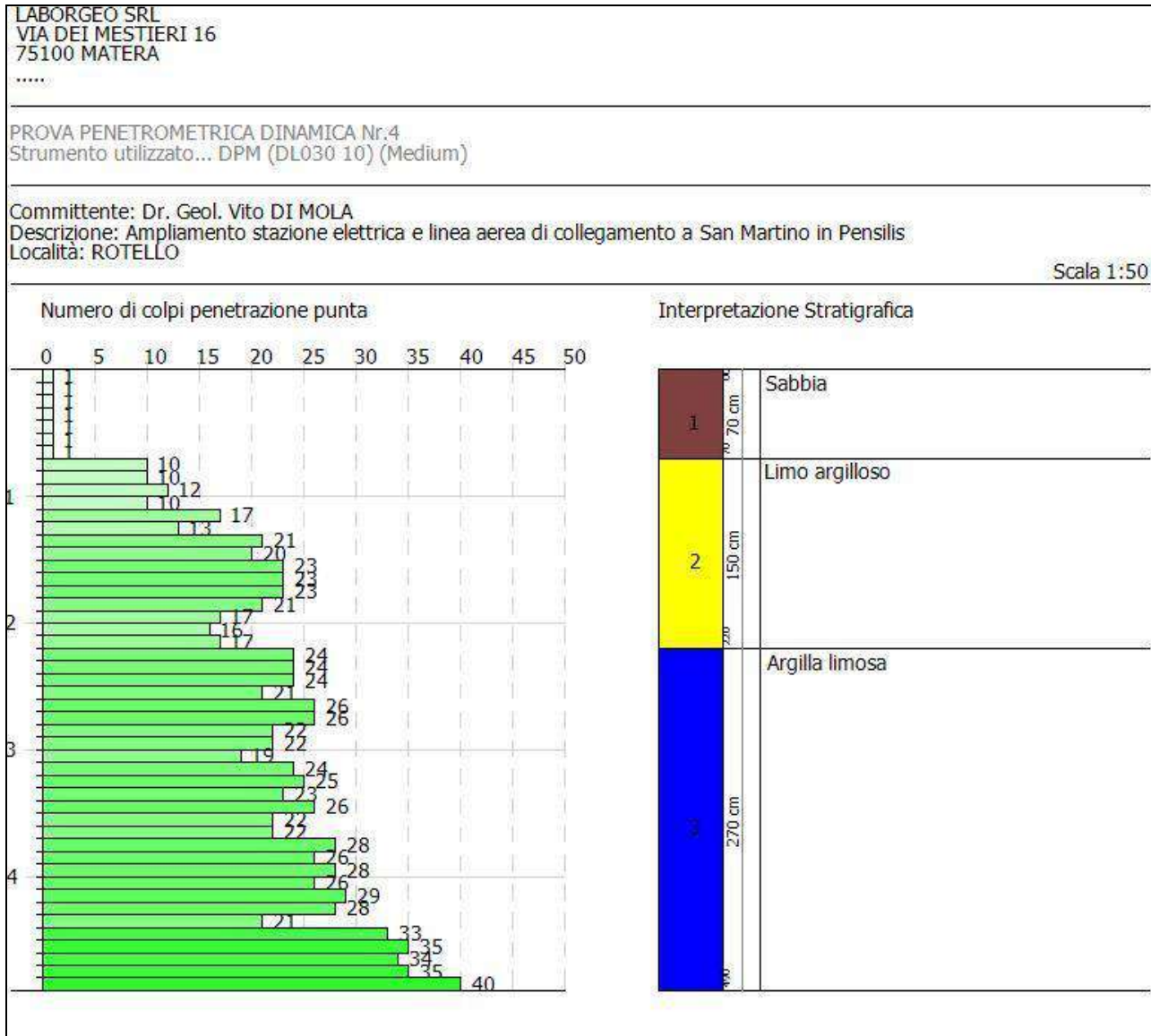
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Ohta & Goto (1978) Limi	53.27
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Ohta & Goto (1978) Limi	114.3
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Ohta & Goto (1978) Limi	146.81

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Navfac 1971-1982	-0.04
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Navfac 1971-1982	2.69
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Navfac 1971-1982	4.07

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - Sabbia	0.76	0.70	0.76	Robertson 1983	1.52
[2] - Limo argilloso	12.84	2.20	12.84	Robertson 1983	25.68
[3] - Argilla limosa	20.1	4.90	20.1	Robertson 1983	40.20



Matera, 26.07.21

**Il Responsabile delle indagini geologiche
Dr. Geol. Angelo Capodilupo**



INDIVIDUAZIONE STENDIMENTO MASW1 SU ORTOFOTO

Scala 1:5000

Legenda

Prove sismiche

— Stendimenti MASW

Elementi di progetto

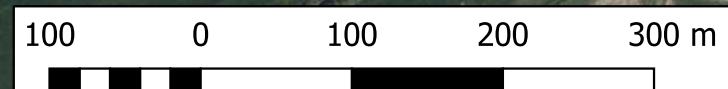
• Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto





INDIVIDUAZIONE STENDIMENTO MASW2 SU ORTOFOTO

Scala 1:5000

Legenda

Prove sismiche

— Stendimenti MASW

Elementi di progetto

● Sostegni

Tracciato

— Elettrodotto AT di progetto

— Linea AT interrata

— Altri elementi di progetto

1. PREMESSA – Relazione MASW San Martino e Rotello (CB)

Il presente studio geofisico riguarda il progetto di "Ampliamento stazione elettrica e linea aerea di collegamento a San Martino in Pensilis"; pertanto, si è reso necessario effettuare n° 1 un rilievo sismico di superficie tipo MASW, per la misura della velocità delle onde S nei vari strati di terreno, fino a circa 30 m di profondità, in modo da calcolare la categoria di suolo sismico ai sensi delle norme tecniche NTC 2018.



Foto n° 1 – Ubicazione indagine geofisica masw

1.1 Prospezione sismica masw e determinazione della VS,eq

La Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, il DM 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n. 29 del 04/02/2008 ed, infine, le

nuove Norme Tecniche "NTC 2018" entrate in vigore il 22 Marzo 2018 a seguito del D.M. 17.01.2018), impone che ai fini della definizione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3 del D.M. 17.01.2018. In alternativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . Nel caso in esame i valori di V_s sono stati ottenuti attraverso una prospezione sismica del tipo masw eseguita in loco; quindi, la classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), attraverso l'espressione:

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

Con

H_i = spessore dell' i -esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di ottenere un modello verticale delle VS, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

E' noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poichè sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie, si basano su modelli fisicomatematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s al suo interno; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per un determinato sito.

Quanto detto rappresenta il *problema diretto*: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno ci permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il *problema inverso*: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. **Acquisizione:** registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. **Elaborazione:** trattamento dei dati finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
3. **Inversione:** uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo

monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità. Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

La metodologia MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999).

L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica, insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW, di superare pienamente le limitazioni incontrate con precedenti metodi.

Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore VS, può essere paragonato alla metà della lunghezza d'onda λ_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento.

1.2 Acquisizione dati

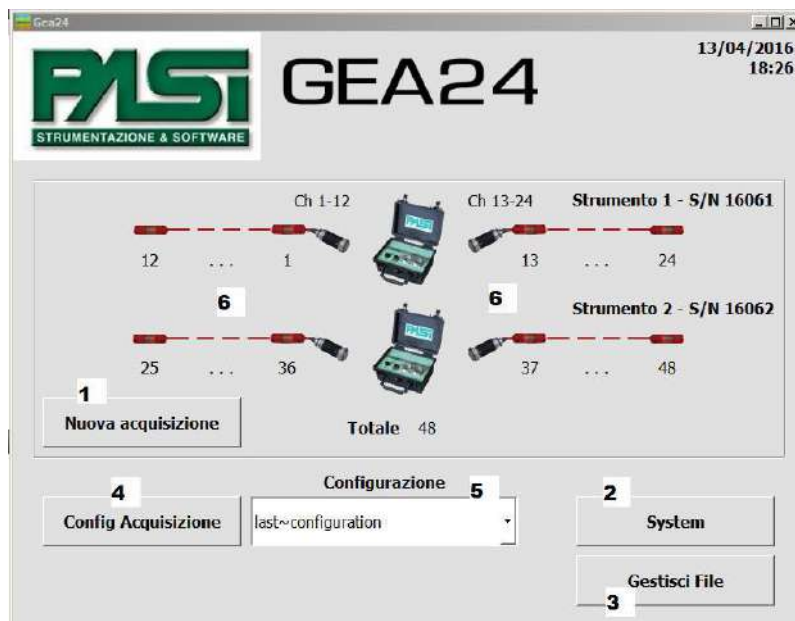
Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo marca PASI modello GEA 24, costituito da una centralina di controllo e da due cavi sismici a 12 canali, dotati di 12 takeout singoli e terminati con connettori standard Cannon NK2721C . La strumentazione si compone delle seguenti parti:

- Centralina Gea24
- Cavo USB per collegamento a PC

- Sistema di trigger (geofono o piezoelettrico)
- Chiavetta USB Gea24 contenente manuale e software
- Scheda di registrazione



Nel caso specifico sono stati impiegati 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz con distanza intergeofonica di 2.00 m.



Il tempo di acquisizione è stato impostato a 1 secondo.

Come energizzatore è stato adoperato un martello (Hammer blow) di massa 8.00 Kg.

Lo stendimento sismico masw realizzato, ha avuto lunghezza massima 56.00 m, così suddivisa:

- 46.00 m stendimento geofonico;
- energizzazioni eseguite a 2.0 m, 5.0 m e 10.0 m dal primo geofono.

Per migliorare la qualità del segnale per ogni offset si è proceduto con la tecnica di stacking, sommando cioè algebricamente i segnali di successive energizzazioni.

1.3 Elaborazione masw

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software winMASW 2018 Standard della Eliosoft.

Il software *winMASW* consente di analizzare dati sismici per ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite modellazione o inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh. Per quanto riguarda la determinazione del profilo verticale della VS la procedura *classica* si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione (Picking);
- 2) inversione o modellazione della/e curva/e di dispersione.

1.4 Risultati MASW

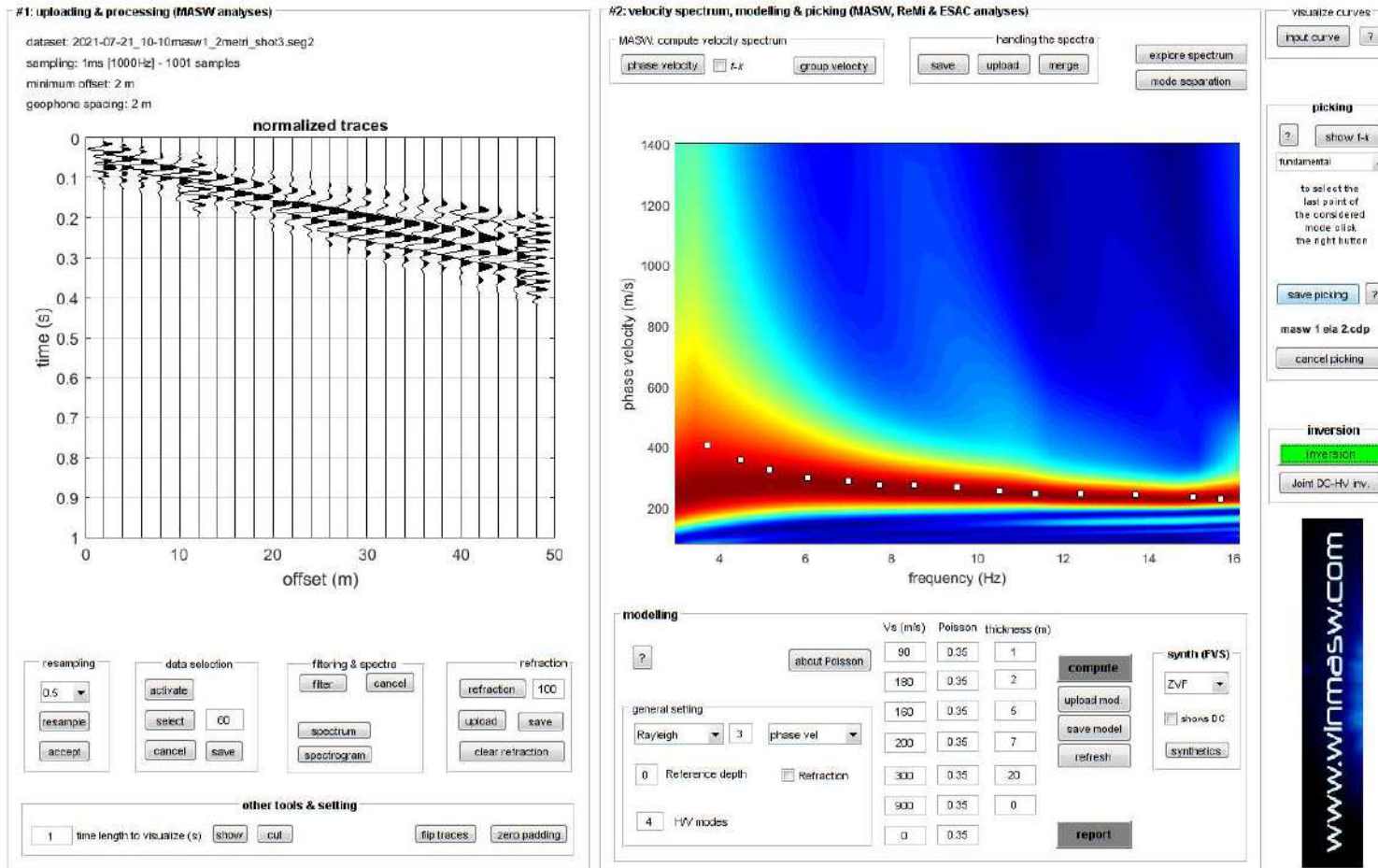


Fig. 1 – Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione

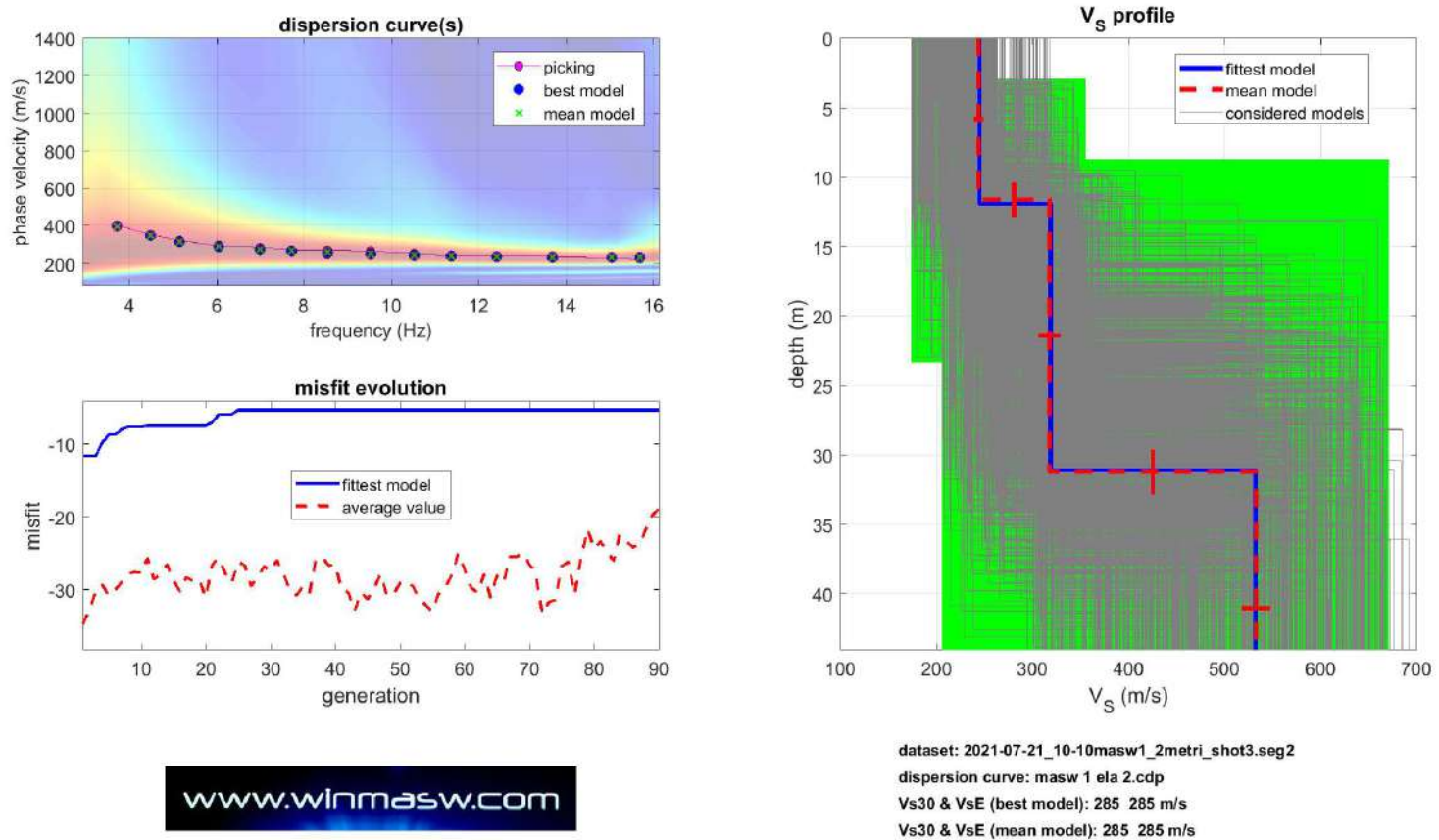


Fig. 2 - In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm ³)	Poisson	Modulo di Young (MPa)
244	510	11.9	1.89	0.35	114
319	664	19.2	1.95	0.35	199
532	1107	semispazio	2.08	0.35	588

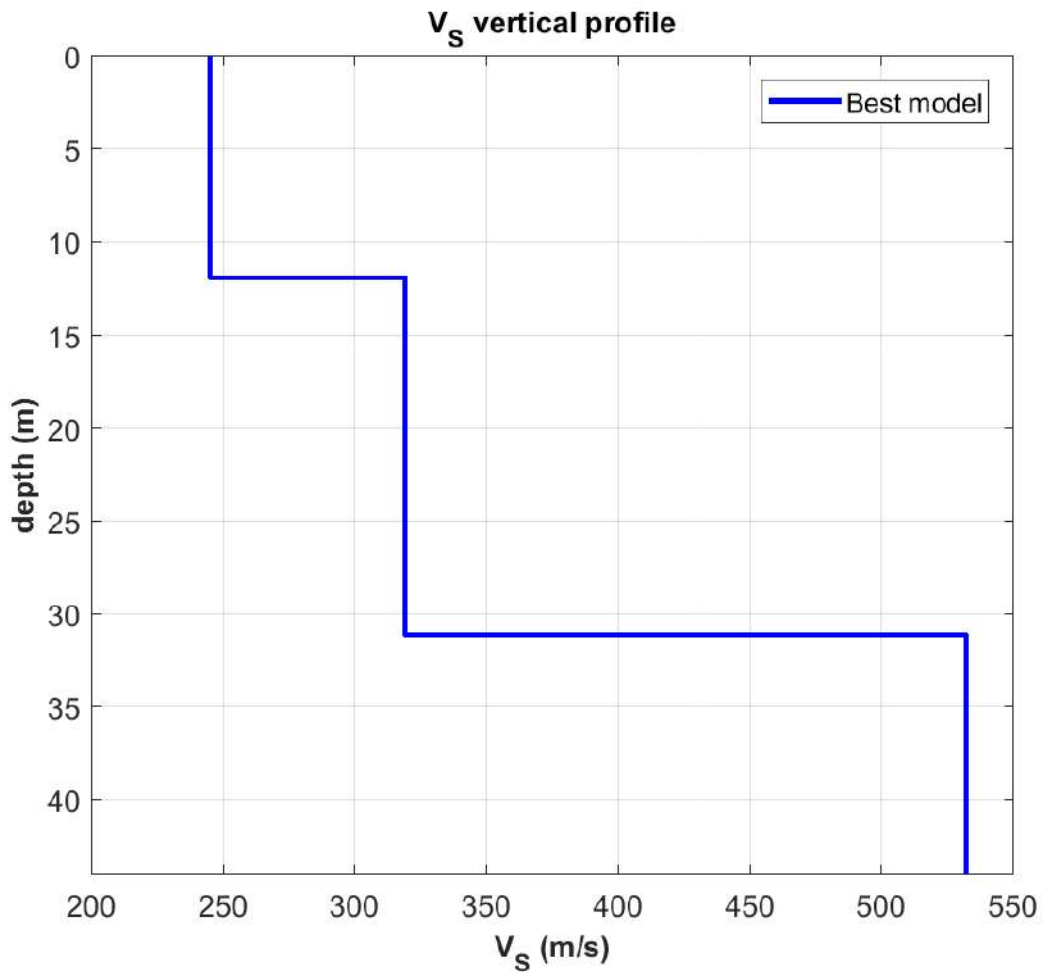


Fig. 3 Profilo verticale delle Vs

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore dello strato i esimo

V_i è la velocità dello strato i esimo

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

Il valore calcolato della V_{seq} è pari a 285 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

Tabella 3.2.II Categorie di sottosuolo NTC 2018 (approccio semplificato)

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

Matera, Luglio 2021

Dr. Geol. Angelo Capodilupo

1. PREMESSA

Il presente studio geofisico riguarda il progetto di "Ampliamento stazione elettrica e linea aerea di collegamento a San Martino in Pensilis"; pertanto, si è reso necessario effettuare n° 1 un rilievo sismico di superficie tipo MASW, per la misura della velocità delle onde S nei vari strati di terreno, fino a circa 30 m di profondità, in modo da calcolare la categoria di suolo sismico ai sensi delle norme tecniche NTC 2018.



Foto n° 1 – Ubicazione indagine geofisica masw

1.1 Prospezione sismica masw e determinazione della $V_{S,eq}$

La Normativa sismica nazionale (OPCM 3274 del 2003 e successive modifiche ed integrazioni, il DM 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n. 29 del 04/02/2008 ed, infine, le nuove Norme Tecniche "NTC 2018" entrate in vigore il 22 Marzo 2018 a seguito

del D.M. 17.01.2018), impone che ai fini della definizione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3 del D.M. 17.01.2018. In alternativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . Nel caso in esame i valori di V_s sono stati ottenuti attraverso una prospezione sismica del tipo masw eseguita in loco; quindi, la classificazione del sottosuolo è stata effettuata in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), attraverso l'espressione:

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

Con

H_i = spessore dell' i -esimo strato;

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

N = numero di strati;

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

Il metodo di prospezione sismica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) consente di ottenere un modello verticale delle VS, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh, e non attraverso quelle di volume come invece accade per i metodi propri della sismica più tradizionale.

In particolare osservando le caratteristiche dispersive del sito e applicando opportune tecniche di inversione è possibile stimare alcune proprietà meccaniche del sottosuolo in condizioni di sollecitazione sismica.

E' noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione, a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito *dispersione in frequenza* ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poichè sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie, si basano su modelli fisicomatematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari. Per ogni strato si devono definire quattro parametri: lo spessore, ad esclusione dell'ultimo considerato infinito; la densità; la velocità di propagazione delle onde di taglio V_s al suo interno; il coefficiente di Poisson.

A partire dai parametri del sottosuolo è quindi possibile ricavare le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh, per un determinato sito.

Quanto detto rappresenta il *problema diretto*: quello cioè che a partire dalla conoscenza delle caratteristiche del terreno ci permette di descrivere la dispersione delle onde di Rayleigh. Nella prospezione occorre invece affrontare il *problema inverso*: a partire dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

1. **Acquisizione:** registrazione e osservazione dei dati sismici contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
2. **Elaborazione:** trattamento dei dati finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
3. **Inversione:** uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo

monodimensionale della velocità delle onde S ed altri parametri in funzione della profondità. Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

La metodologia MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999).

L'acquisizione simultanea di molti canali, che aumentano la ridondanza statistica, insieme alla semplicità delle operazioni, permettono al MASW, di superare pienamente le limitazioni incontrate con precedenti metodi.

Normalmente si accetta l'approssimazione secondo cui la massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore VS, può essere paragonato alla metà della lunghezza d'onda λ_{max} misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), quest'ultima in generale è considerata circa pari alla lunghezza L dello stendimento.

1.2 Acquisizione dati

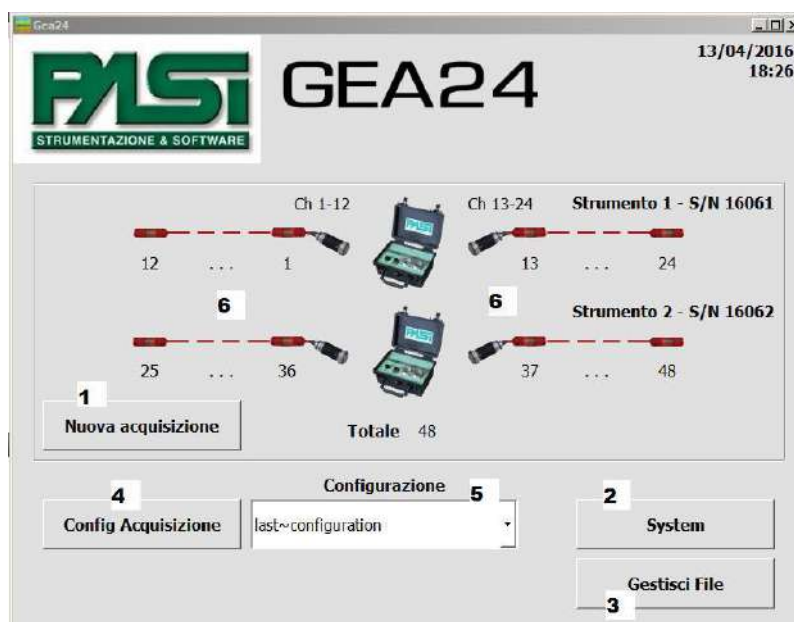
Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo marca PASI modello GEA 24, costituito da una centralina di controllo e da due cavi sismici a 12 canali, dotati di 12 takeout singoli e terminati con connettori standard Cannon NK2721C . La strumentazione si compone delle seguenti parti:

- Centralina Gea24
- Cavo USB per collegamento a PC

- Sistema di trigger (geofono o piezoelettrico)
- Chiavetta USB Gea24 contenente manuale e software
- Scheda di registrazione



Nel caso specifico sono stati impiegati 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz con distanza intergeofonica di 2.00 m.



Il tempo di acquisizione è stato impostato a 1 secondo.

Come energizzatore è stato adoperato un martello (Hammer blow) di massa 8.00 Kg.

Lo stendimento sismico masw realizzato, ha avuto lunghezza massima 56.00 m, così suddivisa:

- 46.00 m stendimento geofonico;
- energizzazioni eseguite a 2.0 m, 5.0 m e 10.0 m dal primo geofono.

Per migliorare la qualità del segnale per ogni offset si è proceduto con la tecnica di stacking, sommando cioè algebricamente i segnali di successive energizzazioni.

1.3 Elaborazione masw

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna è stata effettuata con il software winMASW 2018 Standard della Eliosoft.

Il software *winMASW* consente di analizzare dati sismici per ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite modellazione o inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh. Per quanto riguarda la determinazione del profilo verticale della VS la procedura *classica* si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione (Picking);
- 2) inversione o modellazione della/e curva/e di dispersione.

1.4 Risultati MASW

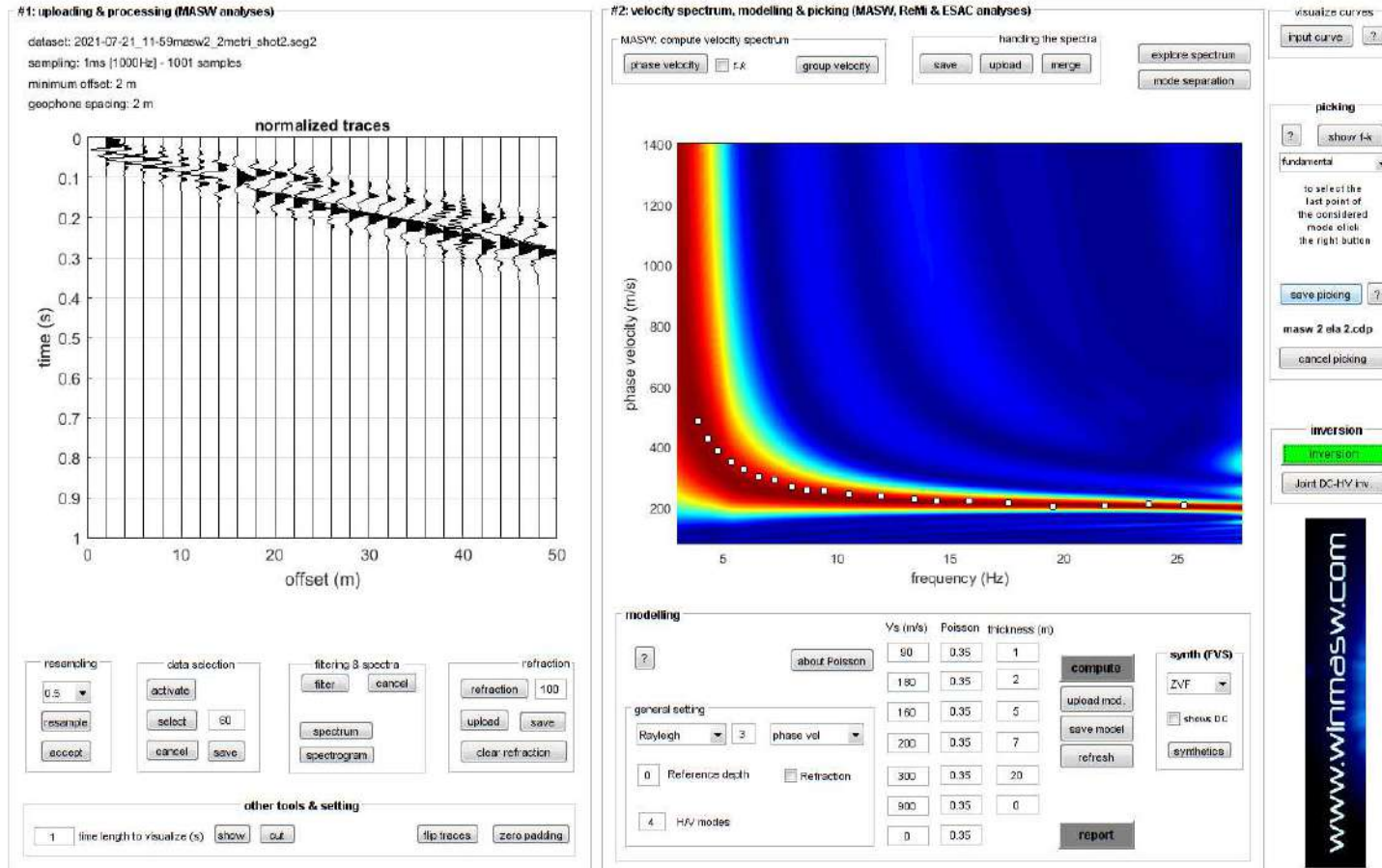


Fig. 1 – Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione

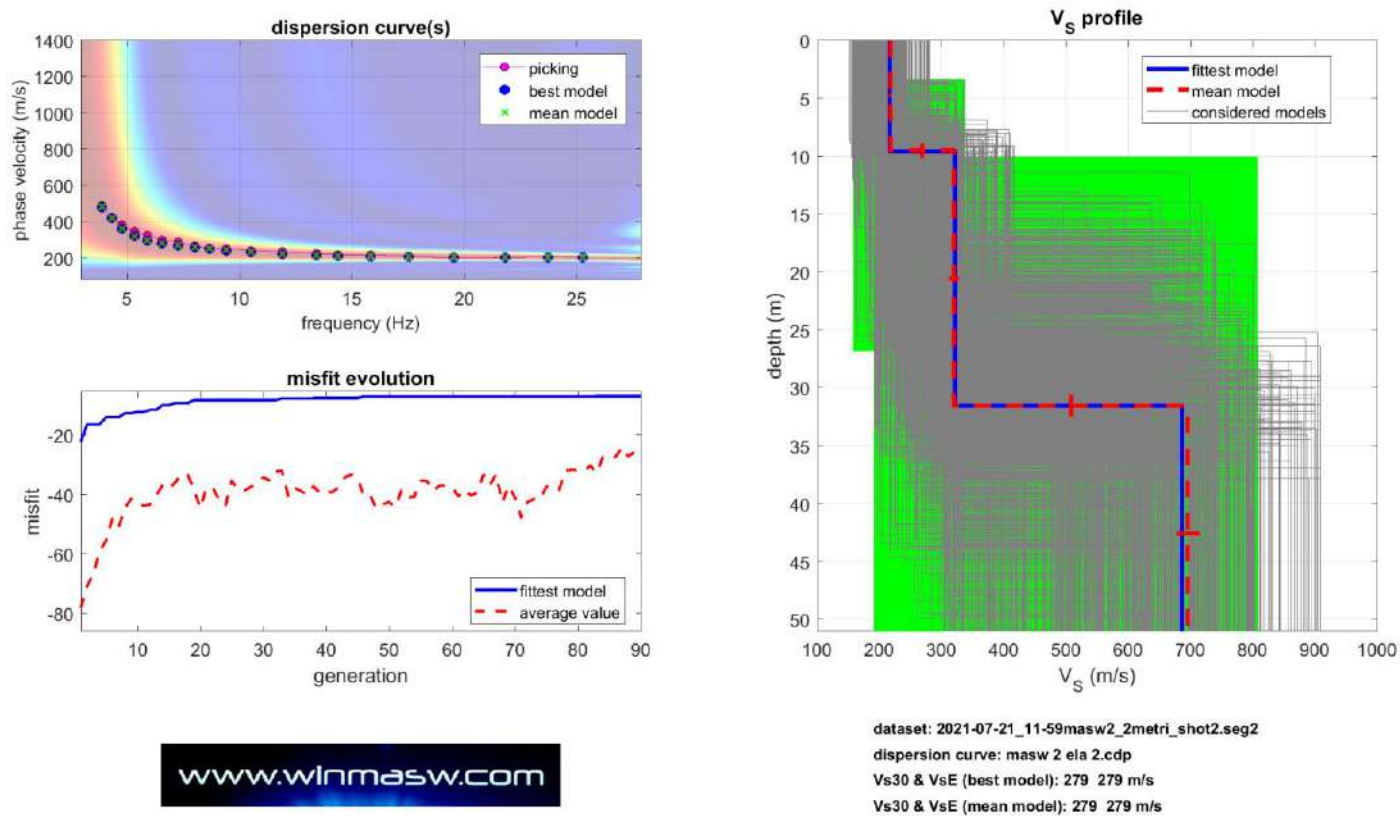


Fig. 2 - In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato

Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)	Densità (g/cm ³)	Poisson	Modulo di Young (MPa)
217	452	9.6	1.86	0.35	88
322	679	22.0	1.96	0.35	203
686	1428	semispazio	2.14	0.35	1007

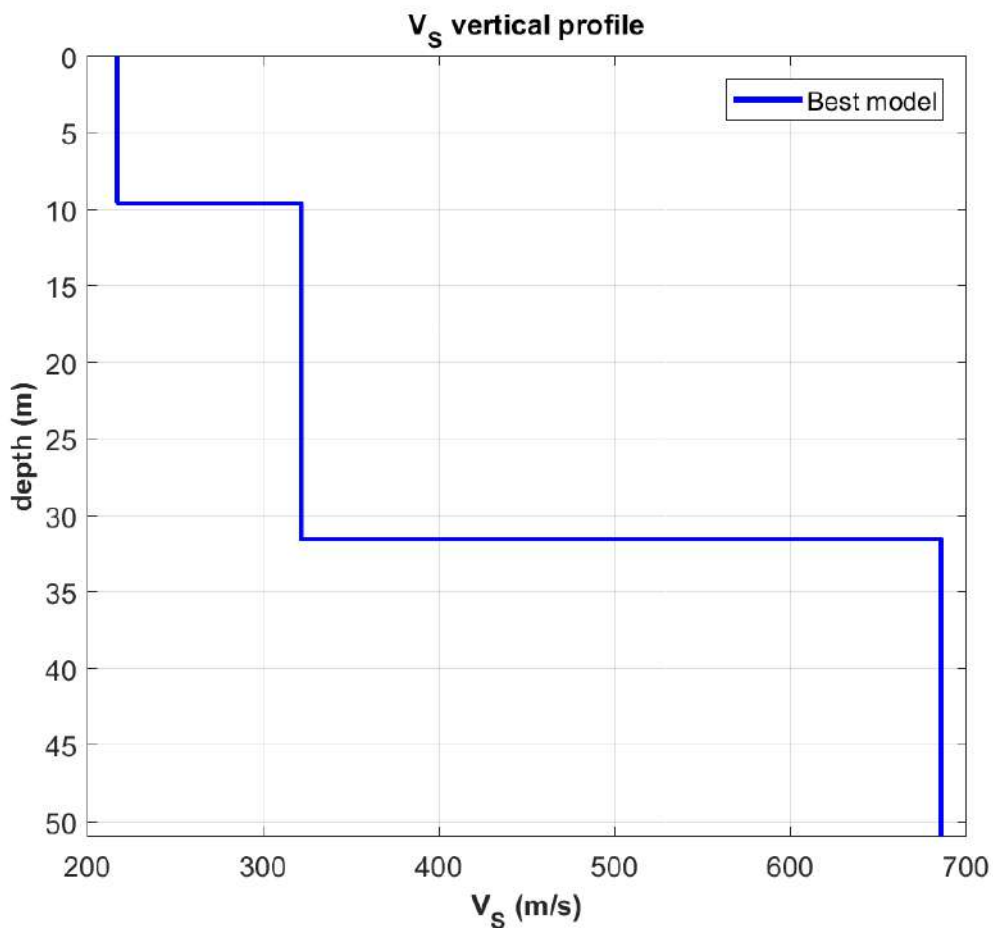


Fig. 3 Profilo verticale delle Vs

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore dello strato i esimo

V_i è la velocità dello strato i esimo

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

Il valore calcolato della V_{seq} è pari a 279 m/s, cui corrisponde una categoria di suolo di fondazione di tipo C.

Tabella 3.2.II Categorie di sottosuolo NTC 2018 (approccio semplificato)

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

Matera, Luglio 2021

Dr. Geol. Angelo Capodilupo