



Committente

tecnici

Progetto definitivo

FRI-EL S.p.a.
Piazza della Rotonda 2
I-00186 Roma (RM)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)

progetto

contenuto Relazione geologica ed idrogeologica

redatto		modificato			scala	elaborato n.
gm	21.12.2021	a	gm	20.07.2022	Revisione B	PD-R.6
controllato		b				
gm	20.07.2021	c				
pagine	87	n. progetto	21-208		21_208_PSW_Gravina\einr1\text\PD-R.4.4_relazione_di_compatibilità_idraulica_ed_idrogeologica.docx	

GM

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata

Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti

Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

tel. +39 0827 35 247

gianpiero.monti@alice.it



BETTIOL ING. LINO SRL

Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)

S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)

Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273

E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patscheiderpartner

E N G I N E E R S

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza

i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli

a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6

tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01

info@ipp.bz.it – www.patscheiderpartner.it

Indice

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
2.1 Aspetti Generali	3
2.2 Caratteristiche geologiche di sito	5
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	9
4. INQUADRAMENTO PAI	14
5. IDROGEOLOGIA	16
6. VERIFICA ANALITICA DI STABILITA' DEI VERSANTI	20
7. SISMICITA' E PERICOLOSITA' SISMICA.....	39
7.1 Caratterizzazione sismica di sito	40
7.3 Faglie attive e capaci.....	44
7.4 Parametri sismici di sito.....	45
8. INDAGINI IN SITO	54
8.1 Indagini effettuate nell'area della centrale	55
8.2 Indagini effettuate nell'area della condotta	59
8.3 Indagini effettuate nell'area del bacino di monte.....	63
9. OPERE DI CONNESSIONE. PERCORSO ELETTRODOTTO	72
9.1 Caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato	73
10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	74
10.1 Area della centrale di produzione/opere di presa	74
10.2 Area della condotta forzata	76
10.3 Area del bacino di monte	78
11. CONCLUSIONI	79

1. PREMESSA

Il sottoscritto dott. Geologo Gianpiero Monti, debitamente abilitato ed iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n°935, con Studio Tecnico in Sant'Andrea di Conza al Corso C. Battisti n°21 e su incarico della *FRI – EL S.p.A.* - Piazza della Rotonda n°2 - 00186 Roma, ha provveduto ad eseguire lo Studio di Geologico ed Idrogeologica, relativo alla realizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina – Serro del Corvo" e relative opere di connessione ed infrastrutture indispensabili avente potenza a 200 MW nei comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA).

Poiché trattasi di edifici caratterizzati da funzioni pubbliche o strategiche importanti, in base al D.M. 17/01/2018, al D.G.R.C. n°3573 del 05/12/2003, la Classe d'Uso è la Classe IV (NTC 2018 - 2.4.2).

La presente Relazione, pertanto, in base a quanto contenuto nella norma vigente e dello stato dell'arte è finalizzata alla costruzione del modello geologico locale, elemento imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

La stratigrafia geotecnica dei terreni è stata ottenuta attraverso indagini geognostiche specifiche e puntuali eseguite nel corso del presente studio, nelle aree interessate dal presente intervento.

In particolare sono state effettuate le seguenti indagini:

- N°5 sondaggi geotecnici a carotaggio continuo, ognuno spinto a differente profondità dal p.c. attuale, per un totale di 210 m di perforazione;
- N°4 prospezioni sismiche con tecnica MASW effettuate con un sismografo digitale a 24 canali di acquisizione, utilizzando 24 geofoni equispaziati;
- N°4 prospezioni geoelettriche multielettrodo con tecnica TEV effettuate con un georesistivimetro digitale a 48 canali di acquisizione;
- N°17 analisi geotecniche di laboratorio;
- N°13 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile in foro di sondaggio.

L'ubicazione di tutte le suddette indagini e prove è riportata negli stralci planimetrici allegati alla presente relazione. Tutte le indagini e prove in sito, sono state o seguite (sondaggi ed altre prove in sito) direttamente dallo scrivente. Per tutti i particolari esecutivi delle prove in sito, consultare l'elaborato *PD-R.20.1 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*.

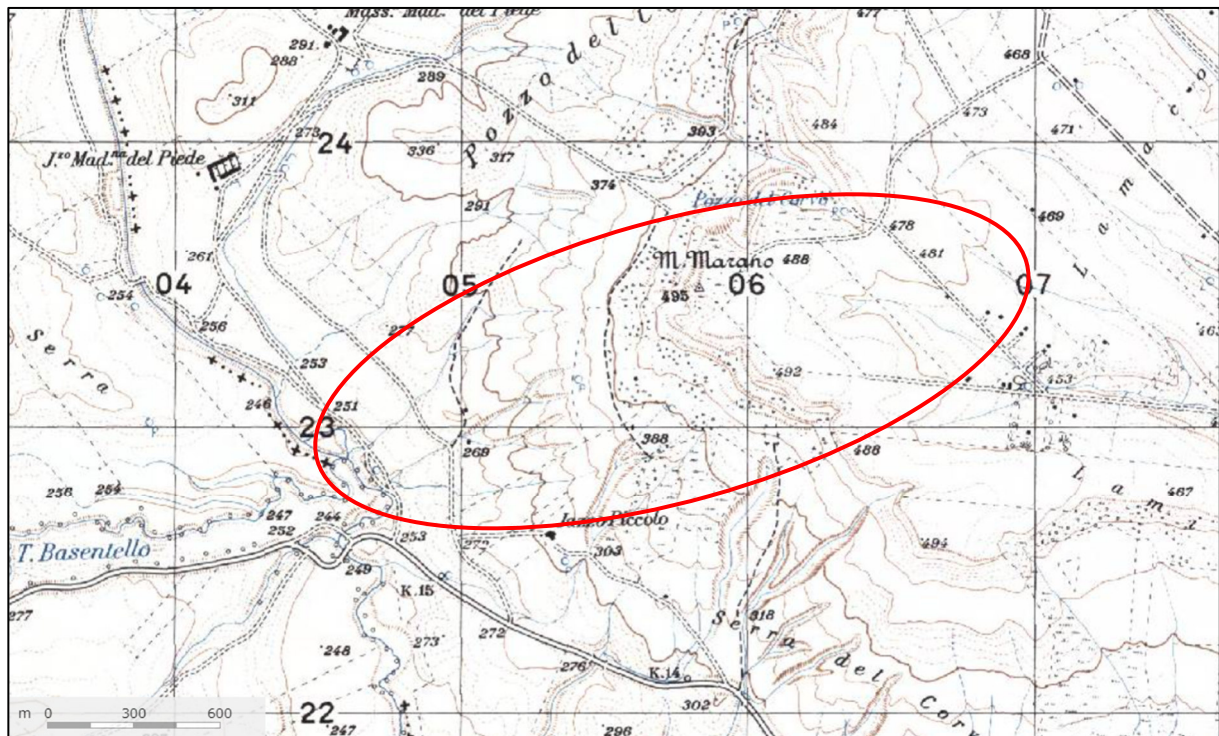


Figura 1. Stralcio I.G.M. in scala 1:25.000 (ingrandito). Tavoleta 188 – I SO

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area sede di studio ricade nella zona centrale del F°188 – Gravina di Puglia della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000., in particolare, interessa la zona centrale della Tavoleta IGM in scala 1:25.000 n°188 – I S.O. (vedi Fig. 1 in testo). La zona che sarà interessata del presente intervento, ovvero dalla costruzione di un nuovo impianto di accumulo mediante pompaggio, è ubicata nel comune di Gravina in Puglia, in località *Serra del Corvo – Monte Marano*.

2.1 Aspetti Generali

La zona oggetto d'intervento è collocata al confine tra la Puglia e la Basilicata, in un'area a topografia caratterizzata da modesti e piatti rilievi, intervallati da ampie aree vallive, che corrisponde, dal punto di vista geologico, al settore sud - orientale della Fossa Bradanica, un bacino di sedimentazione di età pliocenica - pleistocenica situato tra il margine esterno già deformato della catena sud - appenninica e l'Avampaese Apulo - Garganico. La Fossa Bradanica si estende per circa 200 km tra il F. Fortore ed il Golfo di Taranto, con una direzione NW - SE e con un'ampiezza variabile tra circa 15 - 20 km nella zona a nord del F. Ofanto, fino a circa 60 km in prossimità della costa ionica. Verso nord, tale morfotipo geologico, dopo il F. Fortore, si raccorda con l'Avanfossa Padano - Adriatica, mentre verso sud prose-

gue nel Golfo di Taranto. Dal punto di vista geologico, le avanfosse costituiscono dei bacini di sedimentazione che si formano tra il fronte di una catena in sollevamento ed il settore di avampaese non ancora interessato e coinvolto dai processi orogenetici.

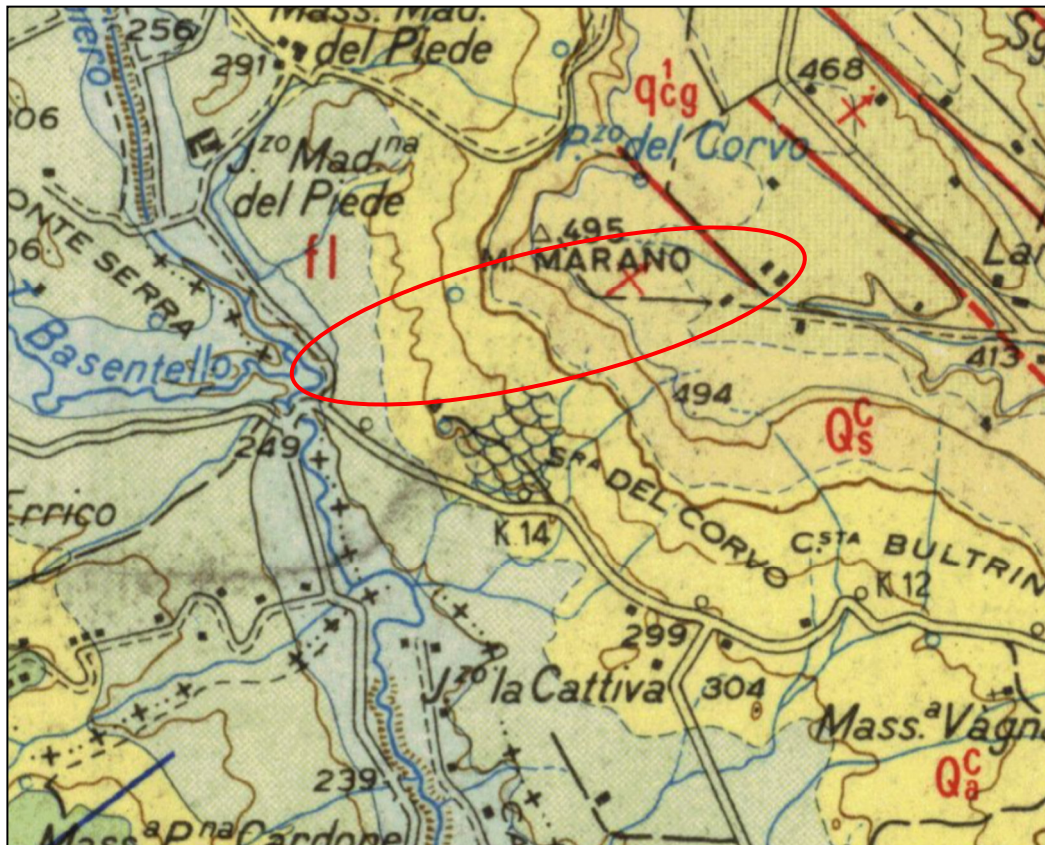




Figura 2. Ubicazione delle opere di progetto su stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. F°188 – Gravina di Puglia

Legenda

	<p>Sabbie calcareo-quarzose, di colore giallastro, a volte con: livelli arenacei, intercalazioni di calcare farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi [<i>Dentalium</i> sp., <i>Pecten</i> sp., <i>Pectunculus</i> sp., <i>Natica</i> sp., <i>Loxostomum karrerianum</i> (BRADY), <i>Anomalina balthica</i> (SCHROET.)]. CALABRIANO.</p> <p>SABBIE DI MONTE MARANO.</p>
	<p>Argille più o meno sillose o sabbiose, grigio-azzurre, talora con gesso e frustoli carboniosi, con associazioni: calabriere [<i>Anomalina balthica</i> (SCHROET.), <i>Bulimina fusiformis marginata</i> SILV., <i>Loxostomum karrerianum</i> (BRADY), <i>Globigerina pachyderma</i> (EHREMB.)] e plioceniche [<i>Loxostomum perforatum</i> DI NAP., <i>Lagena clavata</i> (D'ORB.), <i>L. semistriata</i> (WILL.), Globigerinidae, <i>Globorotalia crassula</i> CUSH. e STEW., <i>Anomalina helicina</i> (COSTA), <i>Robulus hechinatus</i> (D'ORB.), <i>Dentalium</i> sp., <i>Meretrix</i> sp., <i>Pecten</i> sp., <i>Chlamis</i> sp.]. CALABRIANO (Qs) - PLIOCENE (P1).</p> <p>ARGILLE DI GRAVINA.</p>

L'origine è da mettere in relazione con i processi geologici di subsidenza delle aree di avampaese, dovuto all'arretramento progressivo dei fenomeni di subduzione ed al carico litostatico della catena. In

tale peculiare contesto geodinamico, l'area in oggetto è stata interessata da una rapida sedimentazione clastica di ambiente marino, con apporti di sedimenti provenienti dai settori di catena in via di sollevamento. Pertanto, a partire dal Pliocene Inferiore, la zona del Tavoliere in oggetto inizia a delinarsi, con la subduzione verso ovest della litosfera adriatica (Patacca e Scandone, 1989; Doglioni, 1991). Nel corso di questo cinematismo, l'avampaese apulo subisce una significativa flessura con la formazione di strutture ad horst e graben, quindi si ha l'ingressione marina con approfondimento del bacino. Nel Pleistocene medio si ha il colmamento del bacino, l'area del Tavoliere emerge e da quel momento in poi non subisce più movimenti significativi.

2.2 Caratteristiche geologiche di sito

Per quanto concerne gli aspetti particolari e specifici dell'area oggetto d'intervento, essa è caratterizzata dalla presenza di una successione clastica di riempimento della Fossa Bradanica (area di avanfossa) di ambiente continentale che gli AA datano Pleistocene Medio – Pleistocene Superiore. Questa successione è costituita da depositi composti da fitte intercalazioni di siltiti, argille siltose, sabbie e conglomerati sabbiosi.

Caratteristiche geologiche dell'area dove è ubicata la centrale e le opere di presa

La zona dove sarà realizzata la centrale di produzione e le opere di presa, è ubicata in sponda sinistra del Lago di Serra del Corvo, come da Fig. 3 in testo.

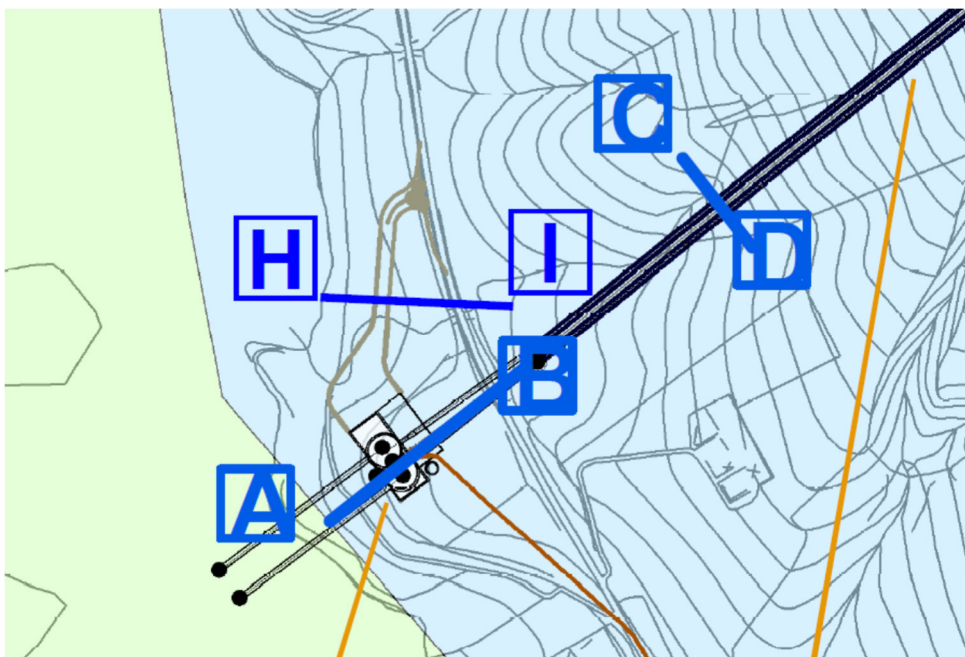


Figura 3. *Stralcio della carta geolitologica fuori scala con ubicazione della centrale e delle opere di presa.*

Legenda

	Alluvioni terrazzate, di ambienti marini fluvio-lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti silteosi con lenti di sabbie e ciottoli PLEISTOCENE
	Sabbie calcareo-quarzose di colore giallastro, a volte con livelli arenacei, intercalazioni di calcare farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossili SABBIE DI MONTE MARANO CALABRIANO
	Argille più o meno silteose o sabbiose, grigio azzurre, talora con gesso e frustoli carboniosi, con associazioni calabriere ARGILLE DI GRAVINA CALABRIANO-PLIOCENE

Nella zona le Unità dell'Avanfossa Bradanica presenti sono le Argille di Gravina (Q^c_a del Foglio Geologico) che affiorano con una successione litologica costituita da limi argillosi, debolmente sabbiosi, di colore grigio – azzurro, molto consistenti, massivi e/o con stratificazione in bancate metriche. Nella parte alta della formazione in oggetto, sono presenti, intercalate ai limi argillosi grigio - azzurri, lenti di potenza metrica (circa 3-4 m al massimo) di sabbie fini limo – argillose di colore giallo avana. La formazione descritta presenta un andamento strutturale caratterizzato da strati sub – orizzontali, a luoghi debolmente inclinati verso nord – est. Nell'esecuzione del Sondaggio S1, effettuato in asse alla costruenda centrale e spinto fino a 70 m dal p.c. attuale, al di sotto del terreno vegetale (con spessore pari a 50 cm) è stata riscontrata la presenza delle Argille di Gravina per l'intera lunghezza della perforazione. L'età proposta dagli AA è Calabriano – Pliocene.

Caratteristiche geologiche dell'area della condotta forzata

La condotta forzata, ubicata anch'essa lungo il versante presente in sponda sinistra del Lago di Serra del Corvo, si articola dalla centrale/opere di presa, fino al Bacino di monte, collocato in corrispondenza dell'ampio pianoro collocato immediatamente ad est di Monte Marano, come da Fig. 4 in testo.

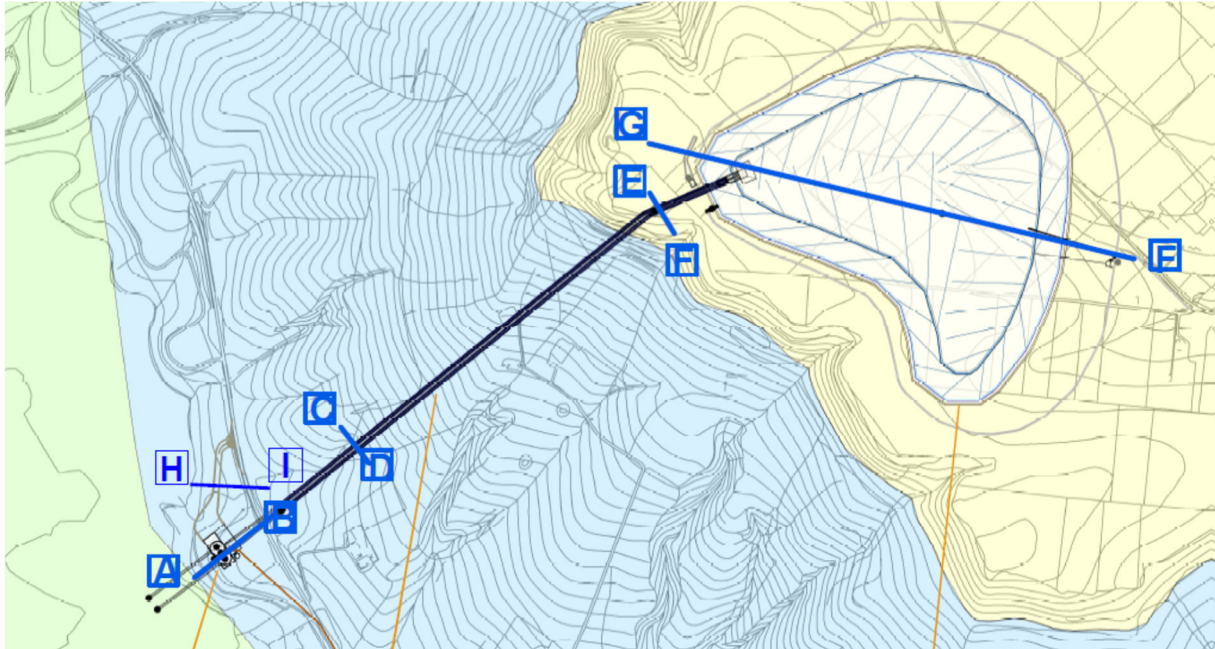


Figura 4. Stralcio della carta geolitologica fuori scala con ubicazione della condotta forzata.

Legenda

	Alluvioni terrazzate, di ambienti marini fluvio-lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti siltosi con lenti di sabbie e ciottoli PLEISTOCENE
	Sabbie calcareo-quarzose di colore giallastro, a volte con livelli arenacei, intercalazioni di calcare farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossili SABBIE DI MONTE MARANO CALABRIANO
	Argille più o meno siltose o sabbiose, grigio azzurre, talora con gesso e frustoli carboniosi, con associazioni calabriere ARGILLE DI GRAVINA CALABRIANO-PLIOCENE

Lo sviluppo della condotta, dal punto di vista geologico, può essere suddiviso in due settori. Nel tratto inferiore, dalla centrale/zona di presa, fino alla quota di 470 m s.l.m., affiorano terreni riferibili alle Argille di Gravina AA, costituite da limi argillosi e marnosi, a tratti sabbiosi, di colore grigio – azzurro, cui, verso l'alto, fanno passaggio lenti di sabbie fini, limose, di colore variabile dal giallastro, al verdino.

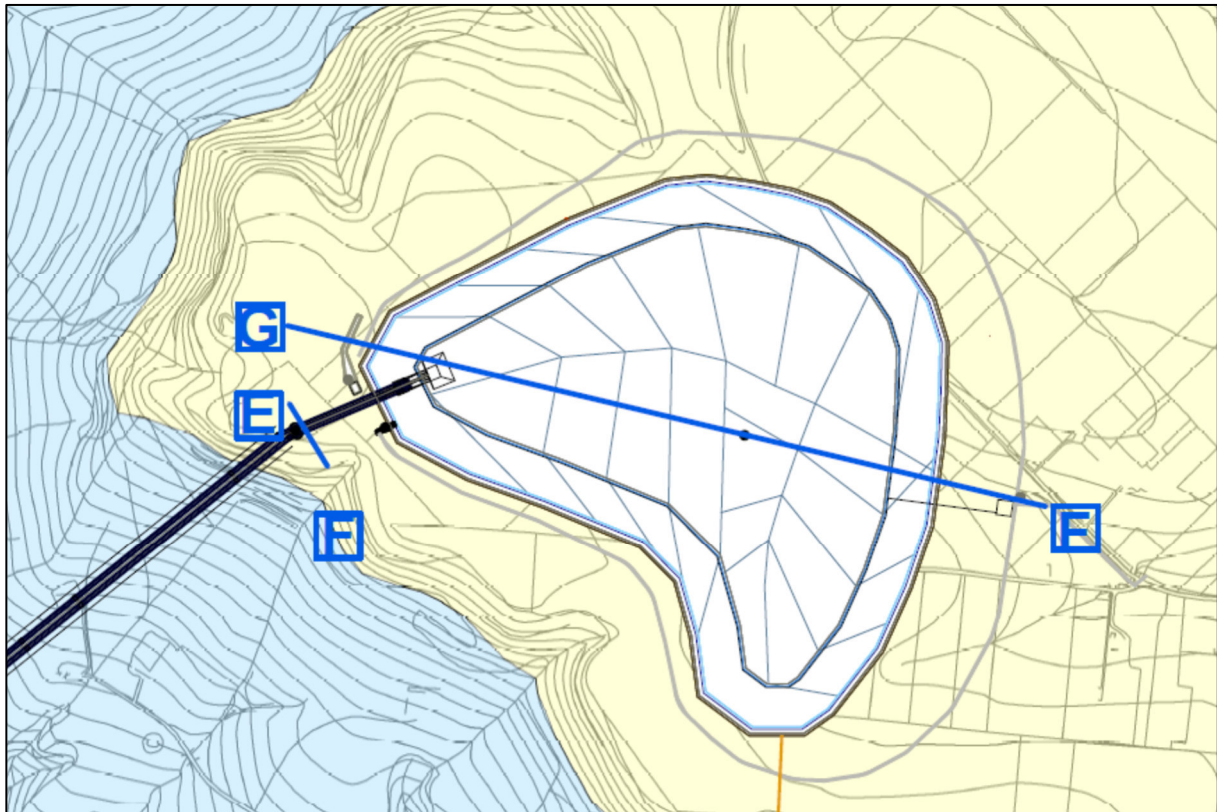


Figura 5. Stralcio della carta geolitologica fuori scala con ubicazione del bacino di monte.

Legenda

	Alluvioni terrazzate, di ambienti marini fluvio-lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti silicei con lenti di sabbie e ciottoli PLEISTOCENE
	Sabbie calcareo-quarzose di colore giallastro, a volte con livelli arenacei, intercalazioni di calcare farinoso, lenti conglomeratiche e livelli fossili SABBIE DI MONTE MARANO CALABRIANO
	Argille più o meno silteose o sabbiose, grigio azzurre, talora con gesso e frustoli carboniosi, con associazioni calabriere ARGILLE DI GRAVINA CALABRIANO-PLIOCENE

Tale successione è stata intercettata al di sotto del terreno vegetale (40 - 50 cm) sia nel sondaggio S1, profondo 70 m dal p.c. attuale, che nel sondaggio S3, spinto fino a 20 m dal p.c. attuale.

Il tratto superiore della condotta forzata, a partire dalla quota di 470 m s.l.m., si sviluppa all'interno delle Sabbie di Monte Marano AA (Q^S_c del Foglio Geologico), litologicamente costituite da una successione di sabbie medio - fini limose di colore avana - giallastro con livelli centimetrici sottili arenacei e sabbie limose giallastre con ciottoli. Tale successione è stata intercettata al di sotto del terreno vegetale (50 cm), fino alla profondità di 22.00 m dal p.c. attuale, è stata ritrovata in tutti i sondaggi effettuati nell'area del bacino di monte (sondaggi S4 - S5 ed S6), spinti fino a 40 m dal p.c. attuale.

Caratteristiche geologiche dell'area del bacino di monte

L'area che conterrà il Bacino di monte è collocata in corrispondenza dell'ampio pianoro ubicato immediatamente ad est di Monte Marano, come da Fig. 5 in testo.

Nella zona in oggetto affiorano diffusamente i terreni clastici marini riferibili alle Sabbie di Monte Marano AA (Q^s_c del Foglio Geologico), litologicamente costituite da una successione di sabbie medio – fini limose di colore avana – giallastro con livelli centimetrici sottili arenacei e sabbie limose giallastre con ciottoli. Tale successione è stata intercettata al di sotto del terreno vegetale (50 cm), a profondità variabili, nei sondaggi S4, S5 ed S6, spinti fino a 40 m dal p.c. attuale.

Caratteristiche geologiche dell'elettrodotto aereo

Relativamente alle caratteristiche geologiche dello sviluppo l'elettrodotto aereo, dalla centrale di produzione, fino al traliccio n°4, si sviluppa sui terreni delle Argille di Gravina AA. Quindi, dal traliccio n°5, fino al traliccio n°25, l'elettrodotto aereo procede nella valle alluvionale del Torrente Basentello, dove affiorano litologie di ambiente fluvio – lacustre, prevalentemente costituite da sedimenti siltosi e sabbiosi – siltosi con lenti di ciottoli. Tali litologie sono riferibili alle Alluvioni Antiche Terrazze del T. Basentello ed hanno un'età indicata dagli AA del Pleistocene. Lo spessore di tali terreni è di circa 10 – 15 m. Essi poggiano, con contatto stratigrafico, sulle Argille di Gravina AA.

Dal traliccio n°26, fino alla nuova stazione elettrica 150/380kV, progettata in località Zingariello, l'elettrodotto e la stazione impegnano i terreni argillosi – siltosi, con lenti/strati sabbiosi – siltosi di colore grigio – azzurro, riferibili alle Argille di Gravina AA.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto d'intervento, dal punto di vista dell'evoluzione geomorfologica, è strettamente connessa con le caratteristiche litologiche e strutturali dei terreni affioranti, facenti capo ai termini geologici clastici della Fossa Bradanica. Tale area è caratterizzata da morfologie, nel complesso, dolci e regolari. L'elemento fisiografico particolare e distintivo dell'area è rappresentato dai rilievi collinari di tipo tabulare con sommità sub – pianeggiante, che vanno a costituire delle dorsali poste a quote comprese tra 400 – 600 m s.l.m., separate da ampie vallate incise dai corsi d'acqua. Nell'area le dorsali più importanti sono quelle di Serro della Battaglia (468 m s.l.m.) e di Monte Marano (495 m s.l.m.). Tra le due dorsali scorre il T. Basentello.

Il rilievo di Monte Marano, in relazione alle sue condizioni litostratigrafiche e giaciture, è contrassegnato da caratteristiche geomorfologiche legate a processi di erosione differenziale.

In particolare, la sommità a morfologia sub – pianeggiante di tale dorsale, nella sua parte alta costituita prevalentemente da sedimenti clastici di natura sabbioso – limosa ed arenacea - sabbiosa con lenti di

conglomerati a giacitura sub – orizzontale (sabbie di Monte Marano), è delimitata nel suo settore occidentale da un gradino di morfoselezione, per la presenza verso i settori di versante topograficamente più bassi, di affioramenti argillosi - siltosi e sabbiosi (Argille di Gravina), che danno origine ad una morfologia caratterizzata da pendenze meno importanti (vedi Figura 6 in testo).



Figura 6. Versante occidentale di Monte Marano. La freccia indica il gradino di morfoselezione, dovuto al passaggio tra le litologie arenaceo – sabbioso – conglomeratiche (Sabbie di M. Marano) con le sottostanti argille siltose e sabbiose (Argille di Gravina).

Tale superficie morfologica sommitale risulta essere debolmente inclinata verso sud – est. Il versante occidentale della collina è interessato da una serie di incisioni ad andamento prevalentemente anti - appenninico, che vanno a costituire il locale reticolo drenante di basso ordine gerarchico, con linee di deflusso orientate nella direzione del lago di Serra del Corvo. Localmente, alcune di tali incisioni, sono caratterizzate da un'evoluzione di tipo calanchivo, con diversi settori di versante dove risultano attivi fenomeni di erosione diffusa, per la pervasiva presenza dei terreni argillosi – siltosi e sabbiosi riferibili alle Argille di Gravina.



Figura 7. Vista panoramica del versante occidentale di Monte Marano. Le frecce indicano la paleo - superficie sommitale a morfologia sub - pianeggiante. In primo piano il corpo diga del bacino di Serra del Corvo.

Per quanto riguarda la superficie sommitale di Monte Marano, essa rappresenta, nel suo complesso, una superficie di accumulo, che nel tempo e nello spazio, in relazione ai sollevamenti neotettonici quaternari, è stata incisa e sezionata da linee di drenaggio con recapito orientale e che recapitano nel T. Pentecchia di Chimienti, affluente in sinistra idrografica del T. Gravina.

Nello specifico la superficie sommitale corrisponde a lembi di una piana costiera formatasi in relazione alla regressione marina del Pleistocene Inferiore.



Figura 8. Vista panoramica del settore orientale della paleo – superficie sub pianeggiante di Monte Marano, nell’area che verrà occupata dal bacino di monte di progetto.

Il T. Basentello rappresenta il corso d’acqua più importante dell’area. Esso scorre da NO a SE con direzione appenninica ed in località Serra del Corvo riceve in sinistra idrografica le acque del Canale Roviniero. La diga a gravità realizzata in località Serra del Corvo nella metà degli anni settanta dello scorso secolo, ad oggi ancora in esercizio sperimentale, sottende un lago caratterizzato da una profondità massima di circa 24 m ed un volume di acque ritenute pari a circa 28.5 ml di mc. La quota di massimo invaso di progetto è stata posta a 270 m s.l.m..

A valle di detta diga, il T. Basentello defluisce in un fondovalle molto ampio con il talweg, sovente, caratterizzato da un andamento meandriforme. Il suo livello di base è costituito dal Fiume Bradano, nel quale confluisce, in sinistra idrografica, poco poco a sud del comune di Santa Maria d’Irsi.

Tendenze evolutive e stabilità delle sponde e dei versanti

Lungo lo sviluppo del versante occidentale del rilievo di Monte Marano, dove sarà collocata la condotta, non si evidenziano fenomeni franosi in atto e/o pregressi, ciò anche in funzione delle pendenze modeste che caratterizzano le porzioni di versante in oggetto, normalmente comprese tra il 5% ed il 15%, con piccoli settori dove le pendenze stesse raggiungono valori maggiori, compresi tra il 15% ed il 30% (vedi carta delle pendenze in testo). Tuttavia, la scarsa permeabilità (che vede prevalere i fenomeni di ruscel-

lamento delle acque di pioggia, rispetto alla loro infiltrazione) e la significativa erodibilità dei terreni argillosi - sabbiosi affioranti, parallelamente alla circostanza che vede l'attuazione di pratiche agricole che non tengono conto di una corretta regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, causa, in alcuni settori di versante, fenomeni di erosione per solchi. In particolare in corrispondenza delle linee drenanti a basso ordine gerarchico, influenti in sponda sinistra del lago di Serra del Corvo, in alcuni settori di versante dove sono presenti valori maggiori di pendenza, sono attivi fenomeni di tipo pseudo - calanchivo.

Pertanto, in base a quanto sopra esposto, le aree interessate dalla realizzazione della condotta forzata, costituiscono una zona sommitale di un displuvio, ovvero occupano un'ampia area di crinale secondario, non interessata da alcuna problematica di tipo geomorfologico. In tale area, infatti, risultano del tutto assenti forme morfologiche connesse a dinamiche a rapida/lenta evoluzione in atto e/o pregresse. Tali aree di crinale, pertanto, risultano essere stabili dal punto di vista geomorfologico.

Pertanto, poiché tutte le aree che vedranno la realizzazione della condotta forzata, della centrale, dell'elettrodotto e del bacino di monte, non sono interessate dalla presenza di elementi morfologici riconducibili a fenomenologie franose in atto e/o potenziali, le stesse, risultano essere fruibili dal punto di vista geomorfologico.

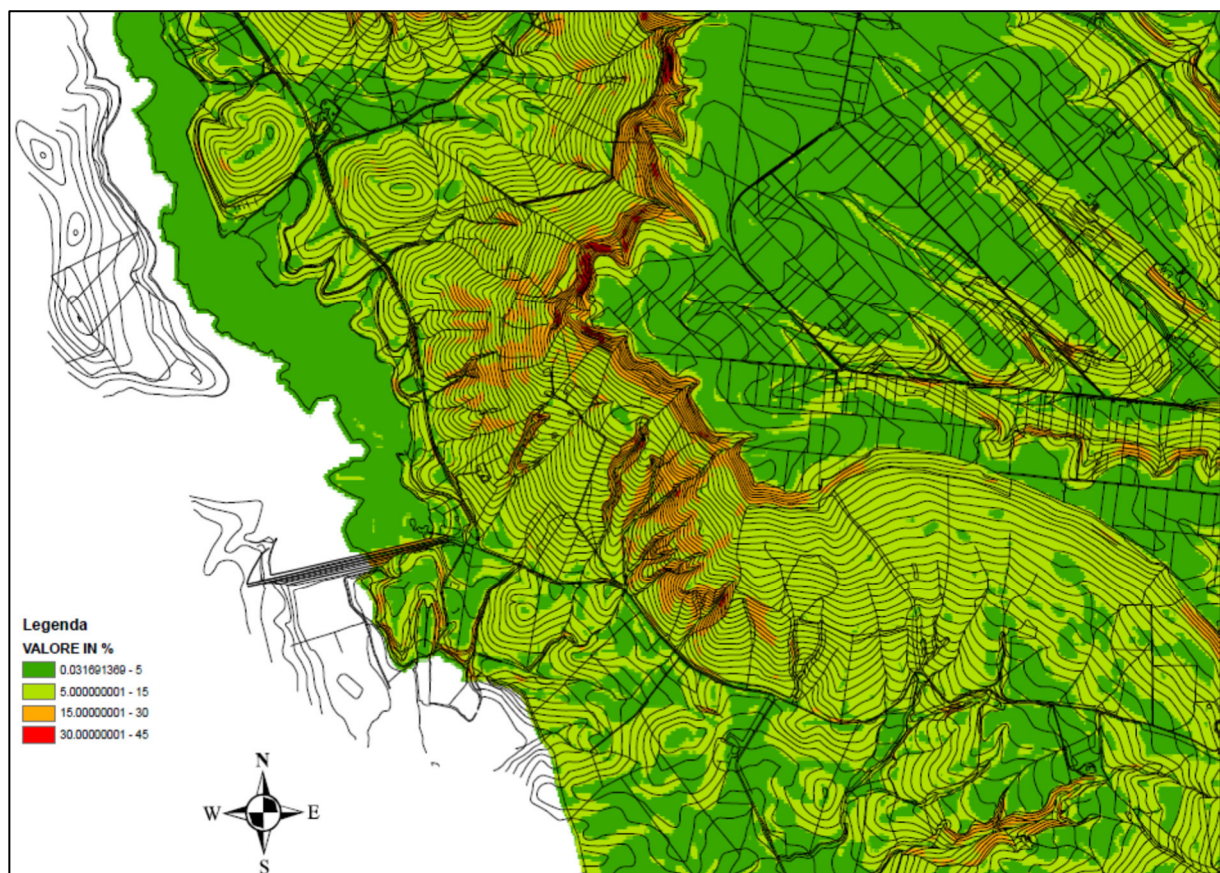


Figura 9. Carta delle pendenze.

4. INQUADRAMENTO PAI

Per quanto concerne le perimetrazioni del P.A.I. emanate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex A.d.B. della Basilicata), le aree del versante occidentale del rilievo di Monte Marano che saranno impegnate dalle opere di progetto, in particolare dalla progressiva terminale della condotta forzata, immediatamente a monte del suo inserimento nella centrale di produzione, attraversano una zona perimetrata come R1 ed R2. Tuttavia le NTA emanate dallo stesso Ente, agli Art. 17 - 18 - 19 consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto, le quali sono, di conseguenza, fruibili.

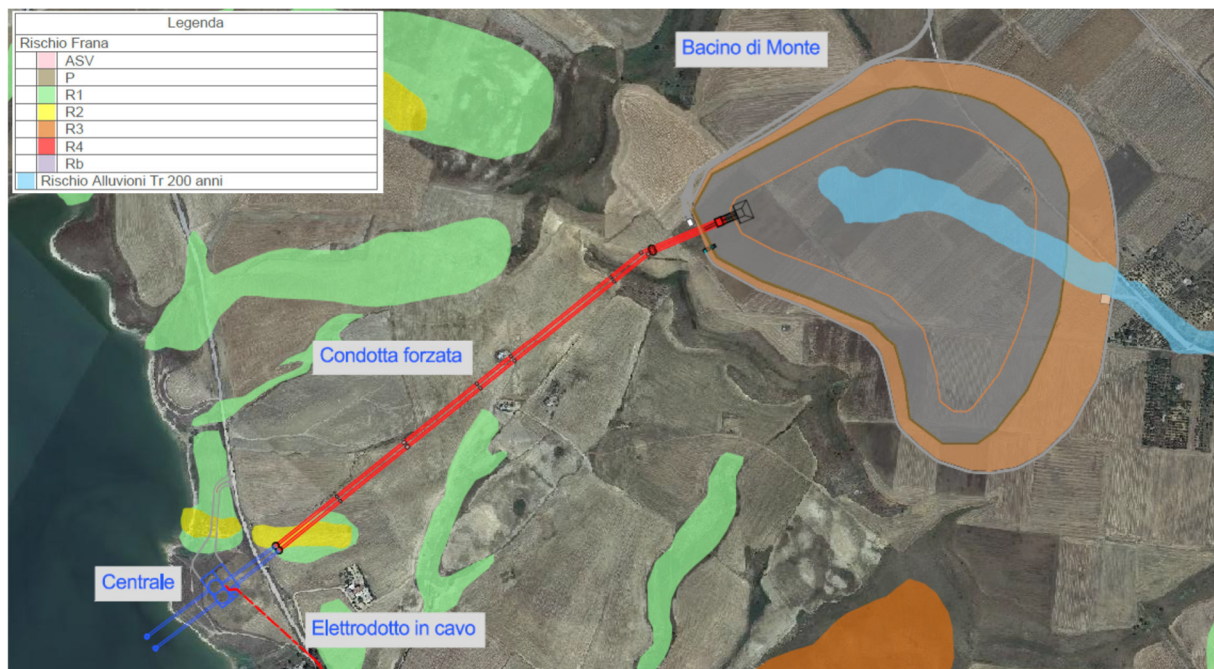


Figura 10. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex A.d.B. della Basilicata) Carta del Rischio da Frana. Condotta forzata.

Anche l'elettrodotto aereo, in corrispondenza del traliccio n°24, impegna un'area perimetrata come R2. Ugualmente, le NTA emanate dallo stesso Ente, agli Art. 17 - 18 - 19 consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto, le quali sono, di conseguenza, fruibili.

Infine, anche parte della strada di accesso alla centrale di produzione, in parte impegna una zona perimetrata come R1 ed R2. Come per le altre aree, anche relativamente alla zona in oggetto, le NTA emanate dallo stesso Ente, agli Art. 17 - 18 - 19 consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto, le quali sono, di conseguenza, fruibili.

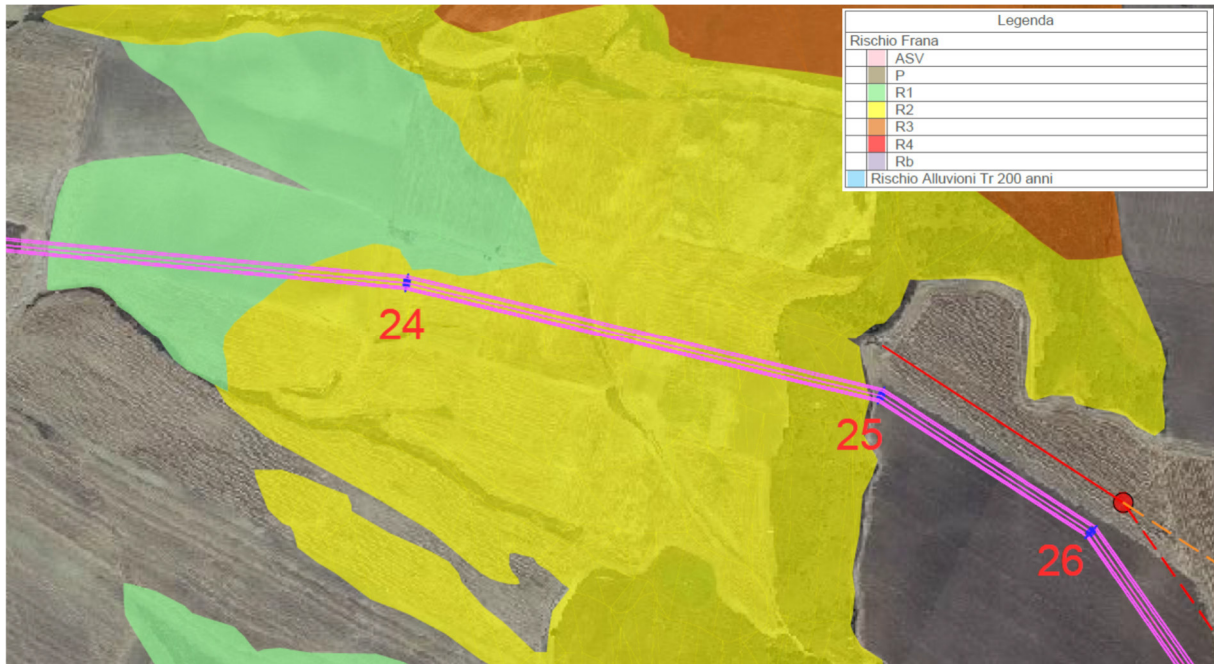


Figura 11. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex A.d.B. della Basilicata) Carta del Rischio da Frana. Elettrodoto aereo – traliccio n°24.

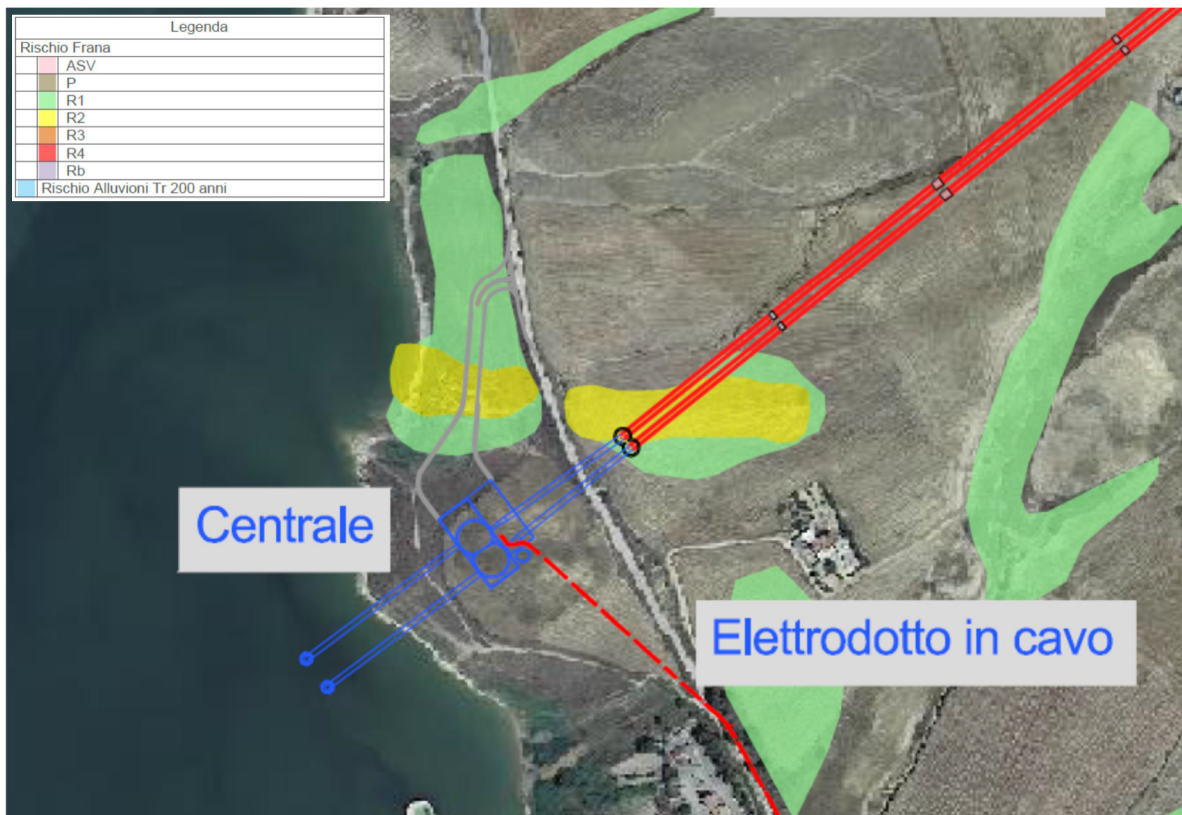


Figura 12. Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex A.d.B. della Basilicata) Carta del Rischio da Frana. Strada di accesso alla centrale di produzione.

Compatibilità delle opere

Nelle aree oggetto d'intervento, l'analisi geomorfologica delle forme presenti e delle caratteristiche geologico – tecniche dei terreni rinvenuti, studiate nei rilevamenti ed indagini di campagna, unitamente a quanto emerso dalle verifiche di stabilità effettuate, consente allo scrivente di stabilire che, nell'area in oggetto, **non sono presenti processi geomorfologici legati a fenomenologie franose a rapida evoluzione in atto e/o pregresse**, che dai versanti potrebbero interessare le aree impegnate dalle opere di progetto, né, tantomeno, si può ritenere che possano innescarsi localmente movimenti gravitativi, in quanto **gli interventi ad effettuarsi non andranno ad alterare in modo incisivo l'attuale morfologia dei luoghi**.

La realizzazione delle opere di progetto, effettuate così come indicato nella Relazione Tecnica di Progetto, **non determina un aumento dei fattori di rischio, né localmente, né nelle aree a monte ed a valle, non producendo ostacoli al normale deflusso delle acque, né causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree**. I lavori a realizzarsi non andranno a costituire elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause esistenti di rischio, né andranno a pregiudicare sistemazioni idrauliche e/o idrogeologiche definitive, eventualmente da realizzare. L'esecuzione delle opere in oggetto, inoltre, **non costituisce potenziali cause d'insacco di fenomeni d'instabilità del versante**, in quanto esse non andranno a modificare, le sue caratteristiche morfologiche d'insieme.

5. IDROGEOLOGIA

Il settore dell'area in oggetto è dominato dalla significativa presenza di un potente substrato a permeabilità relativa modesta e/o bassa, costituito dalla formazione argillosa – siltoso – sabbiosa delle Argille di Gravina, a cui sono, localmente, stratigraficamente sovrapposte dei terreni clastici marini permeabili per porosità (le Sabbie di Monte Marano AA), ai quali si associano maggiori valori di permeabilità relativa. Tale contesto, associato alla scarsa fratturazione dei terreni, dovuta alla loro intrinseca plasticità/duttilità e a contatti stratigrafici sub – orizzontali ed al modesto coinvolgimento delle aree da parte della tettonica compressiva e distensiva, determina l'esistenza di un acquifero, sia pur discontinuo per le eteropie laterali di facies, nei depositi sabbiosi. siltosi – conglomeratici che affiorano sul rilievo collinare e relativi alla formazione di Monte Marano AA. Tale acquifero ha un'importanza strettamente locale, è multistrato e con scarsa continuità laterale, caratterizzato da forti escursioni annuali e strettamente collegato e dipendente dalle precipitazioni meteoriche, che, comunque, risultano essere modeste nel corso dell'anno idrologico, valutate, complessivamente, intorno ai 600 – 800 mm/anno.

Nell'area oggetto d'intervento non affiora il materasso alluvionale, superato nella sua quota dalle acque del lago di Serra del Corvo. Esso, pertanto, non ha, localmente, alcun rilievo di carattere idrogeologico. L'area dove sorge il lago di Serra del Corvo è ubicata alla confluenza tra il Torrente Basentello ed il Canale Roviniero, suo affluente in sinistra idrografica. Tali aste drenanti sono entrambe caratterizzate

da un regime idrologico di tipo torrentizio, con periodi di piena in corrispondenza delle stagioni piovose, dove possono recapitare portate d'acqua significative, con tempi di corrivazione molto rapidi. Al contrario, nel corso della stagione estiva e/o nei momenti in cui vi è carenza di precipitazioni, i talweg sono, pressoché, asciutti o con portate di pochi l/sec.

Per quanto concerne la disponibilità di risorse idriche sotterranee, in tutte le aree oggetto d'intervento, le stesso sono alquanto limitate, sia per quanto concerne le riserve immagazzinate nella falda, che relativamente alle manifestazioni sorgentizie. Ciò è legato, essenzialmente, ai modesti valori di precipitazioni annuali e della diffusa presenza di terreni plastici e da scarsamente permeabili, ad impermeabili, di natura argillosa – limosa, privi, sostanzialmente, di qualunque tipo di fratturazione. Gli unici terreni che ospitano una falda significativa per continuità e disponibilità nel tempo della risorsa acqua, sono i termini sabbioso – arenacei con lenti conglomeratiche e/o limose – sabbiose sottili, permeabili per porosità, riferibili alle Sabbie di Monte Marano AA. Nell'area in oggetto tali terreni sono collocati in corrispondenza degli alti morfologici di Monte Marano, elemento fisiografico a topografia sub – pianeggiante, tamponati alla base dalle Argille di Gravina AA, le quali costituiscono l'impermeabile relativo, con funzioni di *aquiclude*. Inoltre, dal punto di vista geologico, la parte alta della Formazione delle Argille di Gravina è caratterizzata dalla notevole presenza di lenti/livelli, più o meno potenti, di sabbie limose. Il passaggio idrogeologico tra le due formazioni acquifero/impermeabile, presenta, quindi, un limite di permeabilità di tipo indefinito. Tutta la successione geologica descritta, presenta una stratificazione sub – orizzontale, con debole immersione verso sud – est.

Lo spessore delle sabbie di Monte Marano, nell'area in oggetto, in particolare nell'area che ospiterà il bacino di monte, presenta una modesta variabilità, con spessori massimi pari a circa 20/25 m. All'interno di tale tipo litologico ed al passaggio con le sottostanti Argille di Gravina, sondaggi geognostici eseguiti nell'area hanno individuato la presenza della falda a profondità dal p.c. attuale variabili, in relazione alle quote topografiche, 16.00 m nel sondaggio S4, 19.70 m nel sondaggio S5 e 18.00 m nel sondaggio S6. Il sondaggio S5 è stato oggetto di monitoraggio piezometrico, come da Tabella 1 in testo. La falda, pertanto, alimentata esclusivamente dalle precipitazioni e dalle infiltrazioni efficaci, può presentare notevoli variazioni di livello, in corrispondenza delle condizioni legate alle precipitazioni stagionali e/o alle variazioni litologiche laterali, allorquando litologie sabbiose, all'interno della stessa formazione, risultano essere giustapposte a litologie limose – sabbiose, meno permeabili .

Per quanto concerne le aree prossime alle sponde del lago di Serra del Corvo, caratterizzate dalla presenza delle Argille di Gravina AA, tali terreni, poco o affatto permeabili, nel loro complesso, vengono saturati, per buona parte, sia dalle piogge efficaci, sia, in parte ed in modo meno significativo (a causa dei modesti valori di permeabilità relativi ai litotipi riferibili alle Argille di Gravina), dalle infiltrazioni di acqua provenienti dal succitato bacino.

Per quanto concerne il parametro permeabilità, le prove Lefranc a carico variabile eseguite nei sondaggi, hanno restituito i seguenti valori medi.

Sabbie di Monte Marano: $k = 6.80 \times 10^{-6}$ m/sec

Argille di Gravina: $k = 3.98 \times 10^{-6}$ m/sec.

Nel corso delle indagini geognostiche effettuate, i sondaggi geognostici S1 (effettuato nell'area dove verrà realizzata la centrale di produzione), S3 (dislocato lungo il tracciato della condotta forzata) ed S5 (ubicato nella zona di Monte Marano, dove sarà collocato il bacino di monte) sono stati condizionati a piezometro a tubo aperto ed oggetto di monitoraggio piezometrico, riassunto nella tabella in testo.

Tab. 1. Gravina in Puglia. Monitoraggio Piezometrico.

Piezometro S1	Profondità falda dal p.c.	Piezometro S3	Profondità falda dal p.c.	Piezometro S5	Profondità falda dal p.c.
<i>data misura</i>		<i>data misura</i>		<i>data misura</i>	
28/10/2021	falda assente	04/11/2021	16,00 m	15/10/2021	23,80 m
04/11/2021	55,37 m	10/11/2021	15,00 m	04/11/2021	19,70 m
17/02/2022	23,25 m	17/02/2022	6,30 m	17/02/2022	19,50 m
21/03/2022	22,26 m	21/03/2022	5,55 m	21/03/2022	19,15 m
29/03/2022	21,95 m	29/03/2022	5,31 m	29/03/2022	19,07 m
11/04/2022	21,42 m	11/04/2022	5,21 m	11/04/2022	19,24 m
13/07/2022	21,39 m	13/07/2022	5,15 m	13/07/2022	19,20 m

Il dato che risalta immediatamente è la significativa variazione di quota che la falda assume, dalla data di installazione, rispetto a quanto osservato nelle settimane successive, in modo particolare nei piezometri S1 ed S3 realizzati all'interno delle Argille di Gravina. Il dato, confrontato con quanto emerso dalle prove di permeabilità effettuate, indica come i terreni in questione siano, effettivamente, caratterizzati da modesti valori di permeabilità ed altrettanti modesti valori di trasmissività, tanto da impiegare diverse settimane/mesi per raggiungere l'equilibrio piezometrico. Tale variazione, infatti, non può essere in alcun modo relazionabile con le precipitazioni, essendo stato, il periodo autunnale/ invernale e primaverile relativo al 2021/2022, un anno particolarmente siccitoso, caratterizzato da scarse e poco significative precipitazioni e con temperature medie giornaliere molto elevate, come evidenziato da i dati meteorologici che hanno interessato vaste aree del Paese, da nord, a sud.

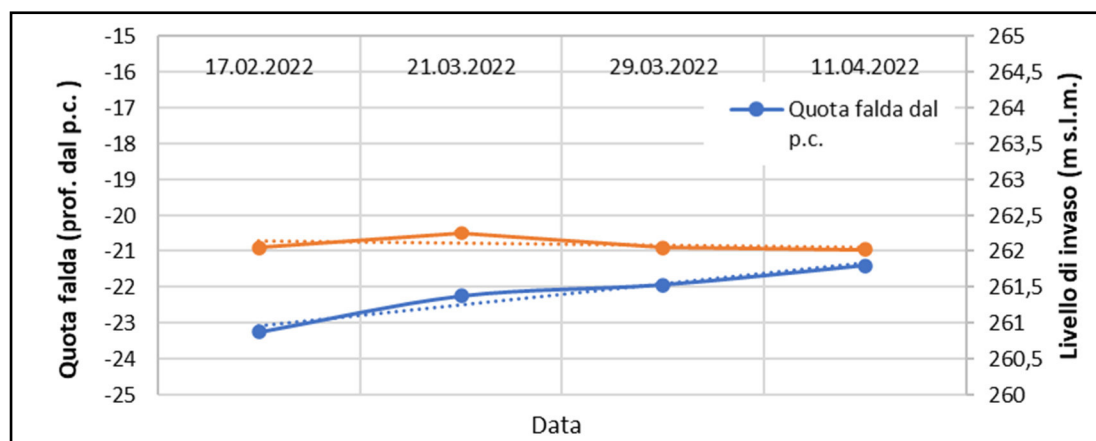
Tab. 2. Gravina in Puglia. Confronto quota piezometro S1 – quota invaso.

Piezometro S1		Lago di Serra del Corvo
<i>Data</i>	<i>Quota falda (m)</i>	<i>Quota invaso (m)</i>
28.10.2021	falda assente	-
04.11.2021	-55,37	262,63
17.02.2022	-23,25	262,04
21.03.2022	-22,26	262,25
29.03.2022	-21,95	262,04
11.04.2022	-21,42	262,02

Un altro dato molto interessante deriva dall'analisi e dal confronto tra le quote d'invaso registrate al lago di Serra del Corvo, con le quote piezometriche osservate nel piezometro S1, come da tabella in testo.

Il contenuto della tabella viene meglio esplicitato nel seguente grafico

Fig.13. Confronto tra quota di invasore del lago di Serra del Corvo e la quota al piezometro S1.



Da tale confronto, risulta evidente come, a fronte di una diminuzione della quota d'invasore, la quota della falda sia aumentata nel piezometro S1 e, in generale, come le variazioni del livello dell'acqua nell'invasore non influenzino affatto il livello della falda osservato nel piezometro S1. Tale piezometro, come sopra già accennato, profondo 70 m dal p.c. attuale, impegna per la sua intera lunghezza i terreni limosi – argillosi riferibili alle Argille di Gravina AA. Pertanto, la scarsa permeabilità di tale litotipo (confronta quanto emerso dalle prove di permeabilità Lefranc effettuate nel sondaggio e riportate nel report relativo alle indagini geognostiche) ha determinato dei tempi estremamente lunghi di assestamento della quota di falda nel piezometro, addirittura dell'ordine dei mesi. Altro dato molto importante che emerge chiaramente dall'analisi delle curve, è la totale assenza di influenza della fluttuazione delle acque di invasore, relativamente al livello della falda osservato nei terreni. Ciò assume una importanza fondamentale circa la stabilità delle sponde del lago, rispetto alle fluttuazioni giornaliere del livello d'invasore previste da progetto. Da quanto sopra chiaramente esposto, si può certamente affermare che la risposta della falda alle fluttuazioni del livello d'invasore è, praticamente, inesistente. Quanto esplicitato è stato anche confermato numericamente dalle verifiche di stabilità effettuate, che hanno restituito valori del coefficiente di sicurezza $F_s > 1.3$, convalidando la stabilità geomorfologica d'insieme dell'area ed alle quali si rimanda per ogni ulteriore dettaglio.

Pertanto si può, certamente, affermare che, anche dal punto di vista della stabilità geomorfologica delle sponde del lago, le opere in oggetto risultano essere perfettamente compatibili.

6. VERIFICA ANALITICA DI STABILITÀ DEI VERSANTI

Per quanto concerne la stabilità delle aree oggetto del presente studio, in particolare relativamente alla sezione geologico – tecnica della condotta forzata, quella della strada di accesso alla centrale di produzione e quella contenente il traliccio n°24, oltre a considerazioni di carattere squisitamente geomorfologico, è stata eseguita anche una verifica analitica di stabilità.

La verifica è stata condotta agli *SLV* con il metodo di *Janbu* (1967), utilizzando il programma *SLOPE* prodotto dalla *Geostru S.r.l.*, secondo quanto previsto dalle N.T.C. 17/01/2018.

Introduzione all'analisi di stabilità

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (t) e confrontate con la resistenza disponibile (t_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

- ✓ n valori delle forze normali N_j agenti sulla base di ciascun concio;
- ✓ n valori delle forze di taglio alla base del concio T_j ;
- ✓ $(n-1)$ forze normali E_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- ✓ $(n-1)$ forze tangenziali X_j agenti sull'interfaccia dei conci;
- ✓ n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_j ;
- ✓ $(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_j ;
- ✓ una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

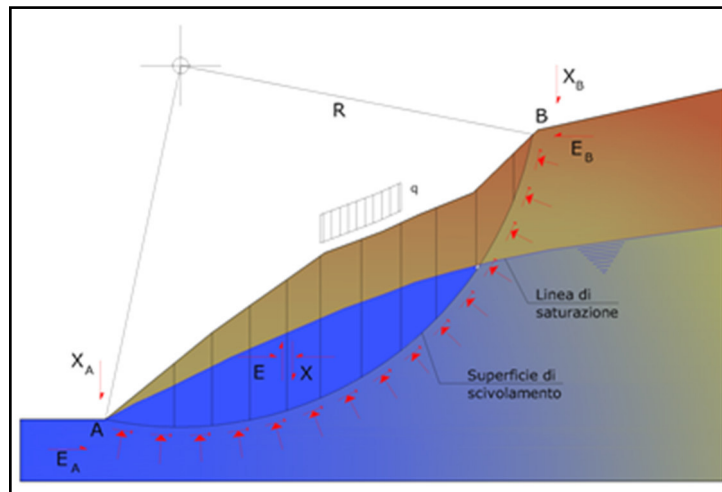


Fig. 14. Rappresentazione schematica degli elementi utilizzati nell'analisi di stabilità.

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$.

Mentre le equazioni a disposizione sono:

- equazioni di equilibrio dei momenti n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n ;
- equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n ;
- equazioni relative al criterio di rottura n .

Totale numero di equazioni $4n$.

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a :

$$i = (6n - 2) - (4n) = 2n - 2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia. Ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite. I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Metodo di Janbu

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi. Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

Assumendo $DX_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.

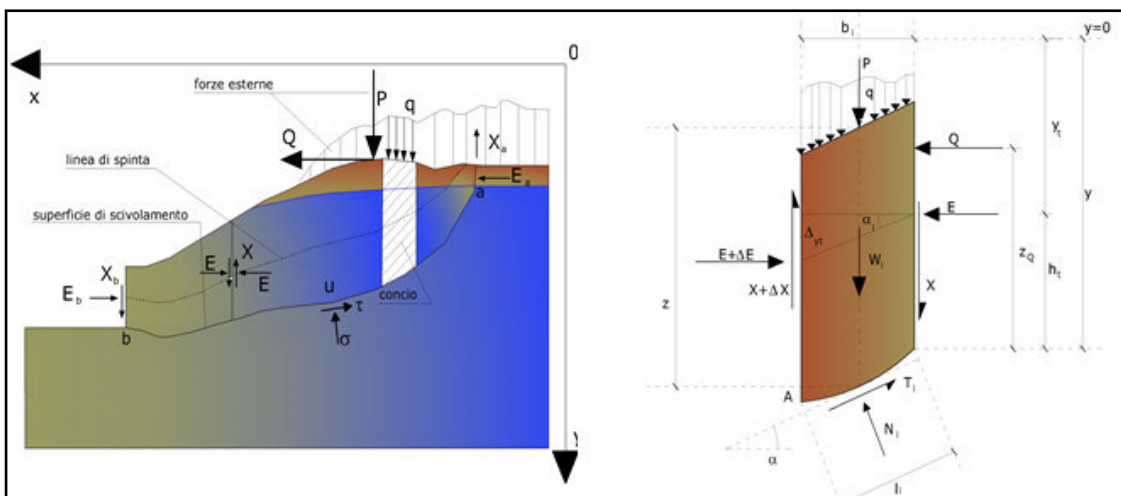


Fig. 15. Azioni sul conco i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo - statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del conco;
- W peso conco;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;

➤ **K_y** coefficiente sismico verticale.

Ricerca delle superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici. Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Sezione di verifica della condotta forzata nella condizione di progetto

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili. La verifica è stata condotta nelle condizioni di progetto, ipotizzando la presenza delle opere sul versante. Sono state effettuate due verifiche: la prima che ha interessato la zona alta ed intermedia del versante, la seconda che ha impegnato la zona intermedia e la zona bassa del versante.

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA DELLA CONDOTTA FORZATA

Verifica di stabilità del settore alto ed intermedio del versante

Analisi di stabilità dei pendii con il metodo di JANBU (1967)

Lat./Long.	40,845979/16,245709
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	348,63 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	623,51 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	879,29 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	772,15 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe IV
Vita nominale: 100,0 [anni]
Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,69	2,61	0,36
S.L.D.	201,0	0,83	2,61	0,42
S.L.V.	1898,0	1,86	2,63	0,52
S.L.C.	2475,0	2,04	2,63	0,52

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,035	0,2	0,0211	0,0106
S.L.D.	1,245	0,2	0,0254	0,0127
S.L.V.	2,6053	0,24	0,0638	0,0319
S.L.C.	2,7983	0,28	0,0799	0,04

Coefficiente azione sismica orizzontale: 0,064

Coefficiente azione sismica verticale: 0,032

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	262,3
2	1,0	269,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0
12	503,0	329,0
13	556,0	342,0
14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0

18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	471,0
28	1141,0	472,0
29	1146,0	474,0
30	1155,0	482,0
31	1161,0	483,0
32	1168,0	484,0
33	1191,0	489,0
34	1261,0	490,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	252,0
2	1,0	253,0
3	30,0	254,0
4	48,0	254,6
5	107,0	258,6
6	214,0	261,0
7	261,0	269,0
8	281,0	269,0
9	361,0	275,0
10	397,0	281,0
11	461,0	300,0
12	503,0	313,0
13	556,0	326,0
14	614,0	336,0
15	661,0	352,0
16	711,0	363,0
17	761,0	377,0
18	806,0	391,0
19	841,0	394,0
20	903,0	406,85
21	934,0	412,0
22	961,0	416,0
23	1005,0	425,0
24	1086,0	443,0
25	1112,0	450,0
26	1116,0	453,0
27	1136,0	465,0
28	1141,0	466,0
29	1146,0	468,0
30	1155,0	470,0
31	1161,0	470,8
32	1168,0	470,8
33	1191,0	470,8
34	1261,0	470,8

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	260,3
2	1,0	268,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0
12	503,0	329,0
13	556,0	342,0
14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0
18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	471,0
28	1141,0	472,0
29	1146,0	474,0
30	1155,0	482,0
31	1161,0	483,0
32	1168,0	484,0
33	1191,0	489,0
34	1261,0	490,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	262,3
2	1,0	269,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0
12	503,0	329,0
13	556,0	342,0

14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0
18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	470,0
28	1141,0	470,0
29	1146,0	470,0
30	1155,0	470,0
31	1161,0	470,0
32	1168,0	470,0
33	1191,0	470,0
34	1261,0	470,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	10	26	15.50	15.60	Alluvioni Antiche Terrazzate
2	7.75	168	26.10	17.88	18	Sabbie medie e fini con lenti ghiaiose minute e livelli arenacei
3	17.24	207	22.46	19.02	19.20	Limi argillosi, a tratti con livelli sabbiosi sottili in strati/lenti anche metriche

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	1200	489	1215	489,2143	196,13
2	1053	439	1057	439,8889	98,06
3	754	383	758	384,04	98,06
4	661	362	665	362,72	98,06
5	379	298	383	298,7778	98,06
6	104	270	159	274,661	196,13

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,44
Ascissa centro superficie	866,02 m
Ordinata centro superficie	761,0 m
Raggio superficie	438,53 m

$x_c = 866,019$ $y_c = 760,998$ $R_c = 438,53$ $F_s = 1,437$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	U_i (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	36,4	-23,3	39,63	819187,0	52427,97	26213,98	13,79	18,3	0,0	1034870,0	361671,2
2	50,0	-17,3	52,36	3684015,0	235777,0	117888,5	13,79	18,3	0,0	4241452,0	1290589,0
3	20,73	-12,5	21,23	2267579,0	145125,1	72562,53	13,79	18,3	0,02479201,0	726452,0	726452,0
4	24,27	-9,5	24,61	3148211,0	201485,5	100742,7	13,79	18,3	0,0	3350937,0	967124,7
5	35,0	-5,6	35,17	5098522,0	326305,4	163152,7	13,79	18,3	0,0	5268524,0	1502780,0
6	62,0	0,8	62,01	10128250	648208,1	324104,1	13,79	18,3	0,0	10090120	2858491,0
7	31,0	6,9	31,22	5421551	346979,3	173489,6	13,79	18,3	0,0	5280594,0	1505225,0
8	27,0	10,7	27,48	4749031	303938,0	151969,0	13,79	18,3	0,0	4587575,0	1321723,0
9	44,0	15,5	45,66	7588027	485633,7	242816,9	13,79	18,3	0,0	7300642,0	2146999,0
10	26,68	20,3	28,46	4395162	281290,4	140645,2	13,79	18,3	0,0	4241027,0	1284210,0
11	35,71	24,8	39,32	5501780	352113,9	176057,0	13,79	18,3	0,0	5355663,0	1679043,0
12	18,61	28,7	21,22	2568232	164366,8	82183,42	13,79	18,3	0,0	2531893,0	825411,1
13	26,0	32,1	30,7	3205263	205136,9	102568,4	13,79	18,3	0,0	3206163,0	1087514,0
14	4,0	34,4	4,85	455216,2	29133,84	14566,92	13,79	18,3	0,0	460811	8161139,6
15	94,22	43,2	129,32	8310583	531877,3	265938,7	13,79	18,3	0,0	8942877	3596775,0

Verifica di stabilità del settore basso ed intermedio del versante

Analisi di stabilità dei pendii con il metodo di JANBU (1967)

Lat./Long.	40,845979/16,245709
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	17,38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	601,85 m
Ascissa vertice destro superiore xs	548,04 m
Ordinata vertice destro superiore ys	750,48 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe IV

Vita nominale: 100,0 [anni]

Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,69	2,61	0,36
S.L.D.	201,0	0,83	2,61	0,42
S.L.V.	1898,0	1,86	2,63	0,52
S.L.C.	2475,0	2,04	2,63	0,52

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,035	0,2	0,0211	0,0106
S.L.D.	1,245	0,2	0,0254	0,0127
S.L.V.	2,6053	0,24	0,0638	0,0319
S.L.C.	2,7983	0,28	0,0799	0,04

Coefficiente azione sismica orizzontale: 0,064

Coefficiente azione sismica verticale: 0,032

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	262,3
2	1,0	269,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0
12	503,0	329,0
13	556,0	342,0
14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0

18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	471,0
28	1141,0	472,0
29	1146,0	474,0
30	1155,0	482,0
31	1161,0	483,0
32	1168,0	484,0
33	1191,0	489,0
34	1261,0	490,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	252,0
2	1,0	253,0
3	30,0	254,0
4	48,0	254,6
5	107,0	258,6
6	214,0	261,0
7	261,0	269,0
8	281,0	269,0
9	361,0	275,0
10	397,0	281,0
11	461,0	300,0
12	503,0	313,0
13	556,0	326,0
14	614,0	336,0
15	661,0	352,0
16	711,0	363,0
17	761,0	377,0
18	806,0	391,0
19	841,0	394,0
20	903,0	406,85
21	934,0	412,0
22	961,0	416,0
23	1005,0	425,0
24	1086,0	443,0
25	1112,0	450,0
26	1116,0	453,0
27	1136,0	465,0
28	1141,0	466,0
29	1146,0	468,0
30	1155,0	470,0
31	1161,0	470,8
32	1168,0	470,8
33	1191,0	470,8

34	1261,0	470,8
----	--------	-------

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	260,3
2	1,0	268,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0
12	503,0	329,0
13	556,0	342,0
14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0
18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	471,0
28	1141,0	472,0
29	1146,0	474,0
30	1155,0	482,0
31	1161,0	483,0
32	1168,0	484,0
33	1191,0	489,0
34	1261,0	490,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	262,3
2	1,0	269,0
3	30,0	274,0
4	48,0	275,0
5	107,0	280,0
6	214,0	282,0
7	261,0	288,0
8	281,0	289,0
9	361,0	295,0
10	397,0	302,0
11	461,0	319,0

12	503,0	329,0
13	556,0	342,0
14	614,0	351,0
15	661,0	364,0
16	711,0	373,0
17	761,0	386,0
18	806,0	398,0
19	841,0	400,0
20	903,0	412,0
21	934,0	418,0
22	961,0	422,0
23	1005,0	431,0
24	1086,0	449,0
25	1112,0	456,0
26	1116,0	459,0
27	1136,0	470,0
28	1141,0	470,0
29	1146,0	470,0
30	1155,0	470,0
31	1161,0	470,0
32	1168,0	470,0
33	1191,0	470,0
34	1261,0	470,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	10	26	15.50	15.60	Alluvioni Antiche Terrazzate
2	7.75	168	26.10	17.88	18	Sabbie medie e fini con lenti ghiaiose minute e livelli arenacei
3	17.24	207	22.46	19.02	19.20	Limi argillosi, a tratti con livelli sabbiosi sottili in strati/lenti anche metriche

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	1200	489	1215	489,2143	196,13
2	1053	439	1057	439,8889	98,06
3	754	383	758	384,04	98,06
4	661	362	665	362,72	98,06
5	379	298	383	298,7778	98,06
6	104	270	159	274,661	196,13

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,47
Ascissa centro superficie	494,97 m
Ordinata centro superficie	735,62 m
Raggio superficie	469,64 m

$x_c = 494,969$ $y_c = 735,616$ $R_c = 469,638$ $F_s = 1,466$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	U_i (Kg)	N_i (Kg)	Ti (Kg)
1	23,67	-18,1	24,9	226202,2	14476,94	7238,47	13,79	18,3	0,0	271332,6	107425,3
2	36,0	-14,3	37,15	1295247,0	82895,83	41447,91	13,79	18,3	0,0	1447552,0	448533,9
3	37,34	-9,7	37,89	2489288,0	159314,4	79657,21	13,79	18,3	0,0	2656375,0	773828,0
4	26,66	-5,8	26,79	2448209,0	156685,3	78342,67	13,79	18,3	0,0	2533298,0	720273,0
5	42,0	-1,6	42,02	4742820,0	303540,5	151770,3	13,79	18,3	0,0	4781767,0	1343309,0
6	28,36	2,7	28,39	3654343,0	233878,0	116939,0	13,79	18,3	0,0	3610598,0	1011204,0
7	24,64	6,0	24,78	3392615,0	217127,4	108563,7	13,79	18,3	0,0	3314454,0	930771,4
8	40,03	9,9	40,64	5637837,0	360821,6	180410,8	13,79	18,3	0,0	5456629,0	1547156,0
9	17,97	13,6	18,48	2476993,0	158527,5	79263,77	13,79	18,3	0,0	2387047,0	686575,9
10	47,0	17,7	49,33	6371707,0	407789,3	203894,6	13,79	18,3	0,0	6139745,0	1804160,0
11	32,04	22,8	34,77	4059974,0	259838,3	129919,2	13,79	18,3	0,0	3939252,0	1200373,0
12	17,96	26,2	20,01	2010955,0	128701,1	64350,57	13,79	18,3	0,0	1967565,0	619098,8
13	50,0	30,9	58,3	4627452,0	296156,9	148078,5	13,79	18,3	0,0	4607416,0	1532476,0
14	29,06	36,7	36,25	1752376,0	112152,0	56076,02	13,79	18,3	0,0	1792960,0	657523,7
15	32,34	41,6	43,22	887135,4	56776,67	28388,33	13,79	18,3	0,0	920582,4	399559,2

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA DELLA STRADA DI ACCESSO ALLA CENTRALE DI PRODUZIONE

Analisi di stabilità dei pendii con il metodo di JANBU (1967)

Lat./Long.	40,84659/16,245328
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	55,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	323,72 m
Ascissa vertice destro superiore xs	103,36 m
Ordinata vertice destro superiore ys	342,26 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie

Classe d'uso: Classe IV

Vita nominale: 100,0 [anni]

Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,69	2,61	0,36
S.L.D.	201,0	0,83	2,61	0,42
S.L.V.	1898,0	1,86	2,63	0,52
S.L.C.	2475,0	2,04	2,63	0,52

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,035	0,2	0,0211	0,0106
S.L.D.	1,245	0,2	0,0254	0,0127
S.L.V.	2,6053	0,24	0,0638	0,0319
S.L.C.	2,7983	0,28	0,0799	0,04

Coefficiente azione sismica orizzontale: 0,064

Coefficiente azione sismica verticale: 0,032

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	255,0
2	20,0	260,0
3	70,0	265,0
4	110,0	270,0
5	160,0	275,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	233,6
2	20,0	238,6
3	70,0	243,6
4	110,0	248,6
5	160,0	253,4

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	249,5
2	20,0	254,5

3	70,0	259,5
4	110,0	264,5
5	160,0	269,5

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	246,5
2	20,0	251,5
3	70,0	256,5
4	110,0	261,5
5	160,0	266,5

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resi- stenza al ta- glio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	10	98	25.8	16.23	16.28	Limo argilloso, de- bolmente sabbioso con livelli sabbiosi
2	15	98	23.6	18.98	19.02	Sabbia fine limosa - argillosa
3	22.48	310	21.37	19.75	20	Limo argilloso, de- bolmente sabbioso

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	50	261	60	262	98,06

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	2,69
Ascissa centro superficie	58,22 m
Ordinata centro superficie	342,26 m
Raggio superficie	101,47 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$x_c = 58,224$ $y_c = 342,261$ $R_c = 101,466$ $F_s = 2,695$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	U _i (Kg)	N _i (Kg)	Ti (Kg)
1	8,47	-29,2	9,7	49827,86	3188,98	1594,49	8,0	21,1	0,0	65321,9	16915,8
2	6,96	-24,3	7,64	115969,3	7422,03	3711,02	17,98	17,4	0,0	138772,3	28059,3
3	9,97	-19,1	10,56	261198,8	16716,72	8358,36	17,98	17,4	0,0	293703,2	52448,6
4	8,47	-13,7	8,72	283819,6	18164,45	9082,23	17,98	17,4	0,0	304213,6	50960,4
5	8,47	-8,8	8,57	326992,5	20927,52	10463,76	17,98	17,4	0,0	339337,6	54934,5
6	8,47	-4,0	8,49	411524,5	26337,57	13168,78	17,98	17,4	0,0	417091,0	65213,2
7	8,47	0,8	8,47	422799,3	27059,16	13529,58	17,98	17,4	0,0	421942,4	65719,6
8	6,16	4,9	6,18	278528,7	17825,84	8912,92	17,98	17,4	0,0	275816,1	43644,6
9	10,77	9,8	10,93	484868,7	31031,6	15515,8	17,98	17,4	0,0	478972,0	76782,9
10	8,47	15,3	8,78	364892,1	23353,1	11676,55	17,98	17,4	0,0	362533,2	59814,2
11	8,47	20,4	9,03	336300,4	21523,23	10761,61	17,98	17,4	0,0	338460,0	58170,3
12	12,29	26,8	13,77	408407,8	26138,1	13069,05	17,98	17,4	0,0	422141,0	78494,6
13	4,64	32,2	5,49	118928,1	7611,4	3805,7	17,98	17,4	0,0	126641,3	26162,3
14	8,47	36,8	10,57	151276,2	9681,68	4840,84	17,98	17,4	0,0	165194,7	39510,4
15	8,47	43,0	11,58	52609,71	3367,02	1683,51	8,0	21,1	0,0	58619,5	19559,3

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA DELLA TRALICCIO n°24

Analisi di stabilità dei pendii con il metodo di JANBU (1967)

Lat./Long.	40,789902/16,347383
Normativa	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	15,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	36,73 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	381,21 m
Ascissa vertice destro superiore xs	106,32 m
Ordinata vertice destro superiore ys	400,42 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
Classe d'uso: Classe IV
Vita nominale: 100,0 [anni]
Vita di riferimento: 200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	0,69	2,54	0,35
S.L.D.	201,0	0,82	2,57	0,39
S.L.V.	1898,0	1,71	2,67	0,51
S.L.C.	2475,0	1,84	2,67	0,52

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,035	0,2	0,0211	0,0106
S.L.D.	1,23	0,2	0,0251	0,0125
S.L.V.	2,4293	0,24	0,0595	0,0297
S.L.C.	2,5749	0,24	0,063	0,0315

Coefficiente azione sismica orizzontale: 0,06

Coefficiente azione sismica verticale: 0,03

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	310,0
2	40,0	315,0
3	70,0	320,0
4	110,0	325,0
5	140,0	330,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	305,0
2	40,0	310,0
3	70,0	315,0
4	110,0	320,0
5	140,0	325,0

Vertici stratoI

N	X (m)	y (m)
1	0,0	308,0
2	40,0	313,0
3	70,0	318,0
4	110,0	323,0
5	140,0	328,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno

Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia
1	0	--	26	15.50	15.60	Alternanze di silt sabbiosi, limi sabbiosi e ciottoli
2	17.24	207	22.46	19.02	19.20	Limi argillosi - sabbiosi

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kN/m ²)
1	100	323	125	326,125	98,6

Risultati analisi pendio [NTC 2018: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,57
Ascissa centro superficie	87,76 m
Ordinata centro superficie	382,49 m
Raggio superficie	61,79 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

$$x_c = 87,764 \quad y_c = 382,494 \quad R_c = 61,789 \quad F_s = 1,566$$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kN/m ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,06	-6,5	2,07	828,40	49,7	24,85	0,0	21,3	0,0	862,9	259,6
2	2,06	-4,5	2,07	2314,04	138,84	69,42	0,0	21,3	0,0	2377,8	713,1
3	2,06	-2,6	2,06	3573,63	214,42	107,21	0,0	21,3	0,0	3627,2	1085,6
4	2,06	-0,7	2,06	4608,60	276,52	138,26	0,0	21,3	0,0	4626,3	1383,2
5	2,06	1,2	2,06	5419,61	325,18	162,59	0,0	21,3	0,0	5387,2	1611,0
6	2,06	3,1	2,06	6006,47	360,39	180,19	0,0	21,3	0,0	5919,2	1772,3
7	2,06	5,0	2,07	6368,48	382,11	191,05	0,0	21,3	0,0	6229,3	1869,6
8	2,06	6,9	2,08	6503,94	390,24	195,12	0,0	21,3	0,0	6321,8	1904,0
9	2,06	8,9	2,09	6410,43	384,63	192,31	0,0	21,3	0,0	6198,7	1875,7
10	2,06	10,8	2,1	9976,70	598,6	299,3	0,0	21,3	0,0	9608,3	2924,6
11	2,06	12,8	2,11	26242,48	1574,55	787,27	0,0	21,3	0,0	25200,6	7725,2
12	2,06	14,7	2,13	25439,02	1526,34	763,17	0,0	21,3	0,0	24386,6	7538,8
13	2,06	16,7	2,15	24388,06	1463,28	731,64	0,0	21,3	0,0	23366,2	7294,3
14	2,06	18,7	2,18	23082,05	1384,92	692,46	0,0	21,3	0,0	22129,5	6985,9
15	2,06	20,8	2,2	20507,1	1230,43	615,21	0,0	21,3	0,0	19698,6	6298,2

7. SISMICITA' E PERICOLOSITA' SISMICA

L'Appennino Campano - Lucano rappresenta una delle zone a più elevata dinamica sismica di tutta la penisola italiana. Dall'analisi della sismicità storica e recente si evidenzia che i terremoti più catastrofici si sono generati tra il confine Campania - Molise e quello Campania - Puglia - Basilicata, ovvero nelle aree del Matese, del Sannio e dell'Irpinia. Le zone costiere tirreniche e sud - adriatiche sono caratterizzate da sismicità storica di energia significativamente più bassa, soprattutto in contrapposizione alle adiacenti aree vulcaniche ed appenniniche. Le macrozone appenniniche rappresentano, quindi, le aree a più elevata pericolosità sismica dell'Italia Centro - Meridionale. Stime statistiche effettuate sulla base dei cataloghi sismici storici e recenti hanno fatto sì che alcuni Autori (De Vivo et al., 1979) abbiano proposto un valore di magnitudo dell'ordine di 6.9 per il massimo terremoto possibile nell'Appennino Campano. Questo valore coincide con quello calcolato per la magnitudo del terremoto del 23 novembre 1980, che colpì una vasta area tra il Sannio, l'Irpinia e la Basilicata. Esso può rappresentare, pertanto, l'evento sismico recente di maggiore energia verificatosi nell'Appennino Meridionale e può essere preso a modello come il terremoto di riferimento per tali zone.

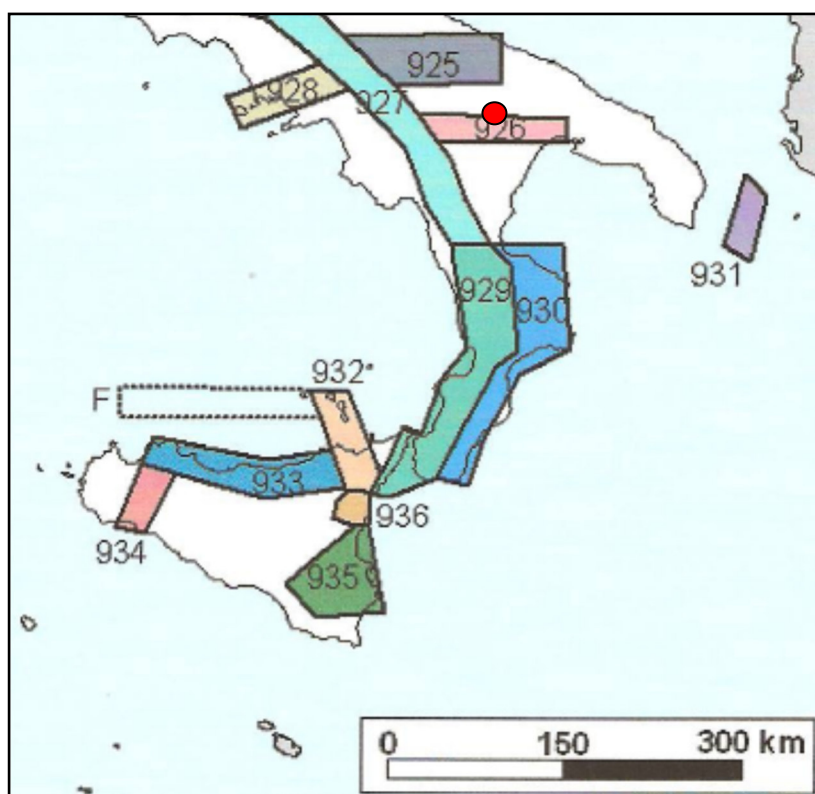


Figura 16. Mappa delle zone sismo genetiche dell'Italia Centro – Meridionale. Il pallino rosso indica la zona occupata dal comune di Gravina in Puglia all'interno della zona sismica 926.

Dalle aree sismogenetiche sopra menzionate l'energia sismica può irradiarsi a distanze anche notevoli, provocando effetti catastrofici legati, innanzi tutto, alle caratteristiche della sorgente sismica dell'evento,

nonché al meccanismo di liberazione dell'energia, quindi alla legge di attenuazione tra la sorgente sismica ed il sito in esame. Relativamente a studi recenti, condotti sull'intero territorio nazionale e finalizzati alla definizione di un modello delle sorgenti sismogenetiche italiane (Zonazione Sismogenetica ZS9), l'area in oggetto appartiene al settore settentrionale della zona sismogenetica 926, come indicato nella Figura n°16 in testo.

Secondo quanto contenuto nel Rapporto Conclusivo della zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004), sull'area di confine compresa tra la catena appenninica e la Puglia, ovvero nell'area dell'avanfossa bradanica e dell'avampaese apulo, la lettura della sismicità dell'area è stata oggetto di revisione, in base alle sequenze sismiche del Molise (ottobre 2002) e gli eventi di Potenza del 1990 – 1991, per i quali si ipotizzano zone di rottura con un andamento est – ovest, con caratteristiche cinematiche di faglia trascorrente destra. Tuttavia per la zona 926 in oggetto la magnitudo dei terremoti attesi è medio – bassa.

7.1 Caratterizzazione sismica di sito

In base alla O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e s.m.i. ed in funzione a quanto contenuto, sia nel D.M. 17/01/18, sia nella L.R. n°9/2011, il Comune di Gravina in Puglia risulta classificato in **zona sismica 3**. In tale zona, l'accelerazione orizzontale massima a_g , da considerare in fase di progetto su suolo di categoria A (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico), è $a_g = 0,25g$, dove "g" rappresenta l'accelerazione di gravità. Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio del tipo **sito dipendente** e non più *zona dipendente*. Pertanto, l'azione sismica di progetto in base alla quale si dovrà valutare il rispetto dei diversi Stati Limite presi in considerazione viene definita partendo dalla *pericolosità di base* del sito di costruzione, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Per il comune di Gravina in Puglia, il valore massimo dell'accelerazione orizzontale al suolo (PGA) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni), risulta essere compreso tra 0.150g e 0.175g, come evidenziato dalla mappa riportata nella Figura n°17 in testo.

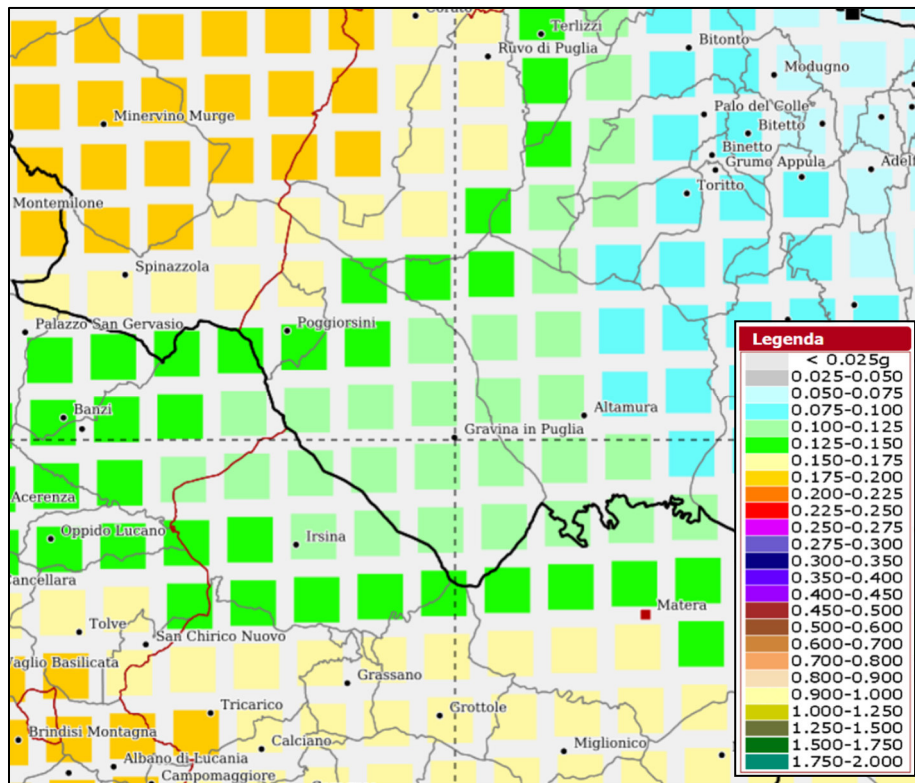


Figura 17. INGV. Mappa della pericolosità sismica di base per il comune di Gravina in Puglia

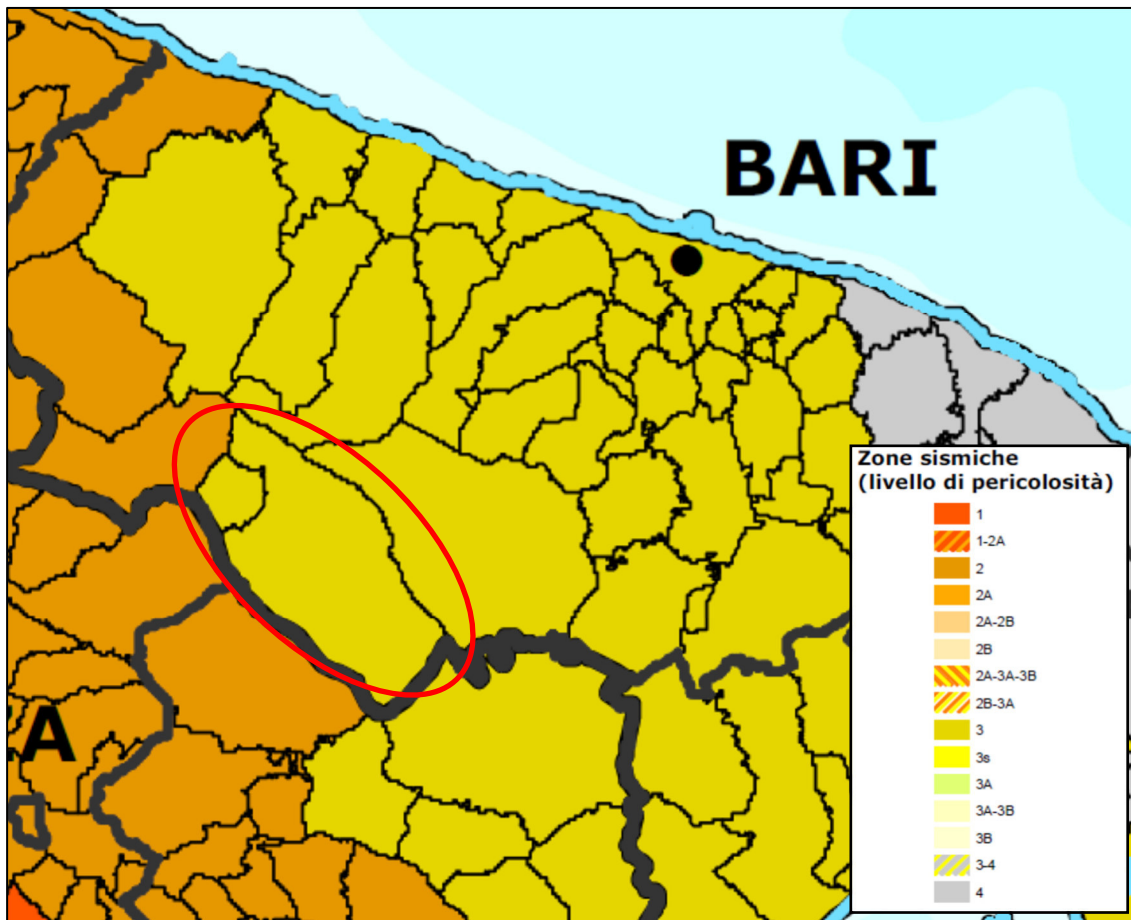


Figura 18. P.C.M. – Dipartimento della Protezione Civile. Classificazione sismica del territorio italiano. L'area cerchiata indica il comune di Gravina in Puglia

Zona 1 - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
Zona 2 - Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti
Zona 3 - I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4 - E' la zona meno pericolosa

Figura 19. P.C.M. – Dipartimento della Protezione Civile. Classificazione sismica del territorio italiano. Livello di pericolosità delle zone sismiche

Pertanto, in base a quanto contenuto nella mappa di classificazione sismica del territorio italiano, il comune di Gravina in Puglia è classificato in Zona 3 – Zona soggetta a scuotimenti modesti.

**Tabella 3. Storia Sismica di Gravina in Puglia
(40.819 - 16.420)
Eventi 16**

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef	ErMwDef	RefM	EqID
F	1185	1845	8	10				Materano	40,667	16,611		5	4,51	0,34	CAMALO11b	0810_0000_000
6	1217	1851	8	14	13	20		Vulture	40,96	15,669		10	6,52	0,11	CFTI4med	0814_1320_000
6	1268	1857	12	16	21	15		Basilicata	40,352	15,842		11	7,12	0,1	CFTI4med	1216_2115_001
4	1703	1897	5	28	22	40	2	Ionio	36,991	18,487		6	5,46	0,11	MOLALD08	0528_2240_000
4	1883	1905	9	8	1	43		Calabria centrale	38,811	16		10-11	6,95	0,09	GALMO007	0908_0143_000
7	2422	1930	7	23	0	8		Irpina	41,068	15,318		10	6,67	0,08	GALAL002	0723_0008_000
6-7	2634	1948	8	18	21	12	20	Gargano	41,575	15,748		7-8	5,55	0,1	CFTI4med	0818_2112_000
NC	2848	1962	8	21	18	19		Irpina	41,23	14,953		9	6,15	0,08	GIZI012	0821_1819_000
5	3201	1978	9	24	8	7	44	Materano	40,646	16,487		6	4,75	0,11	MOLALD08	0924_0807_000
6	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpina-Basilicata	40,842	15,283		10	6,81	0,1	CFTI4med	1123_1834_000
5-6	3625	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino	40,738	15,741	10	5,77	0,1	BMING991b	0505_0721_001	
4-5	3657	1991	5	26	12	25	59,42	Potentino	40,689	15,821	0,1	7	5,08	0,1	BMING994	0526_1225_000
NF	3729	1994	1	5	13	24	11,37	Tirreno meridionale	39,163	15,177	290,5	5,82	0,1	BMING998c	0105_1324_000	
4	3801	1996	4	3	13	4	34,98	Irpina	40,661	15,454	13,9	6	4,9	0,1	BMING000a	0403_1304_000
NF	4241	2004	9	3	0	4	12,75	Potentino	40,701	15,684	5	5	4,41	0,07	BMINGV01	10903_0004_000
4	4296	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano	41,801	15,903	31,2		4,64	0,07	BMINGV	0529_0220_000

(INGV. CPTI15 – DBMI15 v4.0)

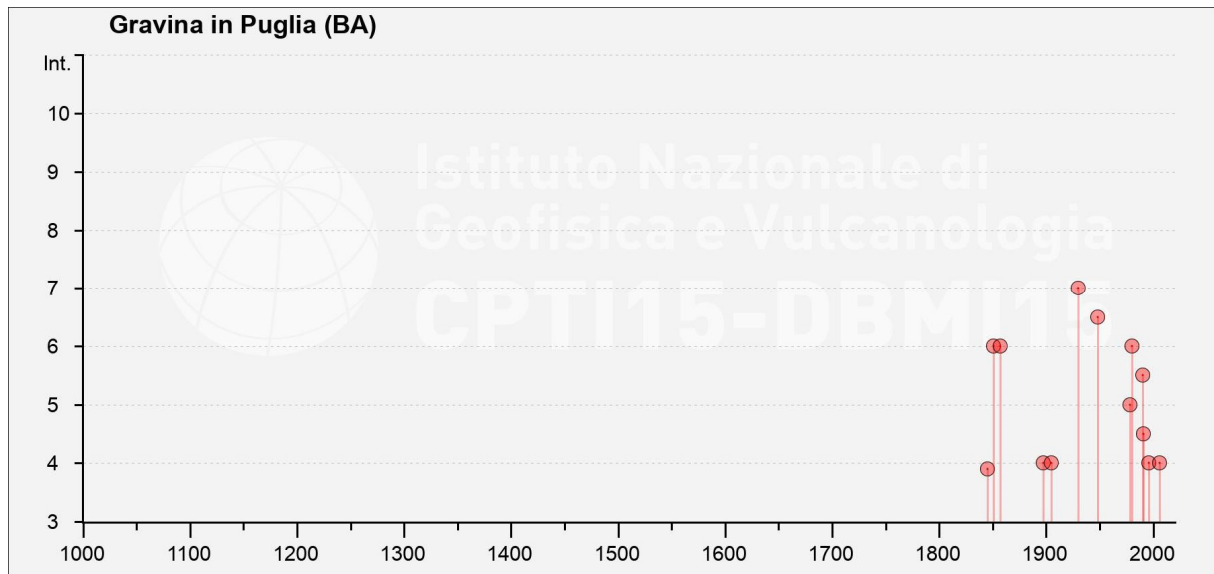


Figura 20. INGV. CPT115 – DBMI15 v4.0. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano: Gravina in Puglia.

7.3 Faglie attive e capaci

Per faglie attive e capaci si intendono le faglie sismogenetiche che potenzialmente possono creare deformazioni permanenti, fino in corrispondenza della superficie topografica, intercettandola.

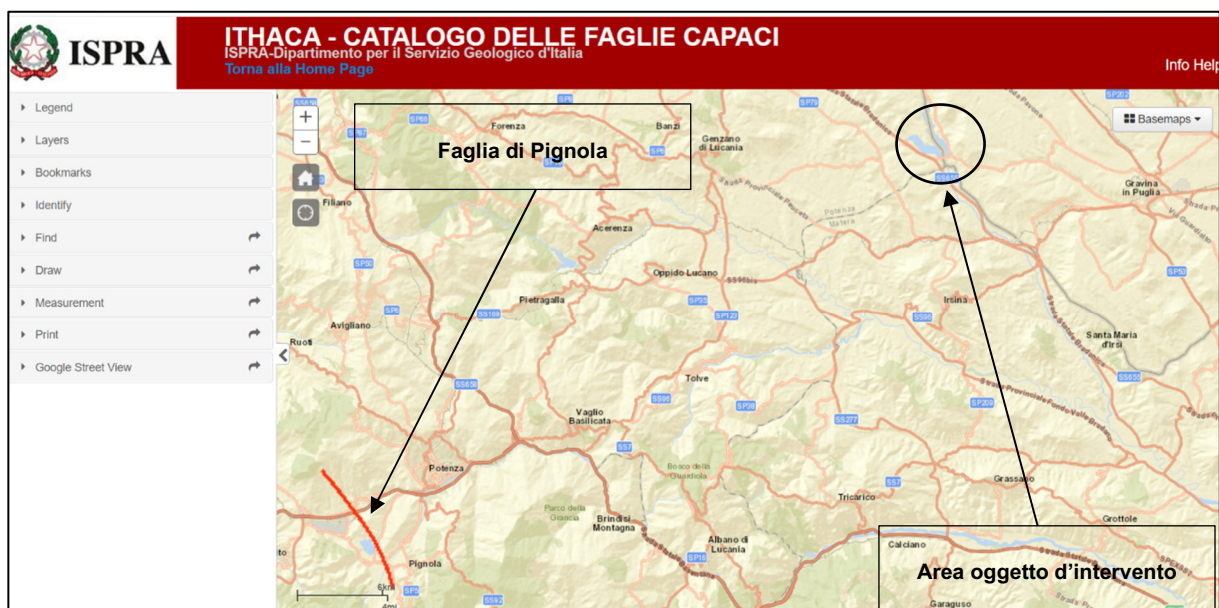


Figura 21. Ubicazione delle faglie attive e capaci nell'area di Gravina in Puglia (Fonte: ISPRA - ITHACA. Catalogo delle faglie capaci).

Relativamente all'area direttamente in esame, il catalogo ITHACA (ITaly HAZard Capable faults), reso disponibile dall'INGV, segnala nell'area regionale in oggetto, ubicata circa 40 km a sud – ovest dell'area del Lago di Serra del Corvo, la presenza di una faglia capace, indicata come Faglia di Pignola, attiva, secondo il catalogo, dal Pleistocene e legata a meccanismi di fagliazione normale (vedi Figg. 21 e 22 in testo).

Tuttavia è doveroso sottolineare come la scala contenente le informazioni del database è limitata, in quanto la scala dello stesso strumento proiettata in cartografia è troppo piccola e non offre un dettaglio verificabile per un suo corretto posizionamento.

Fault description	
GENERAL IDENTIFICATION	
Fault Code	32000
Fault Name	PIGNOLA
Region Name	Basilicata
Tectonic Environment	ND
System Name	PIGNOLA
Synopsis	
Rank	Secondary
GEOMETRY AND KINEMATICS	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	160
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	SW
Fault Length (km)	10.1
Mapping Scale	1:
Fault Depth (m)	
Kinematics	Normal
ACTIVITY	
Surface Evidence	ND
Last Activity	Pleistocene generic

Figura 22. Caratteristiche della Faglia di Pignola (Fonte: ISPRA - ITHACA. Catalogo delle faglie capaci).

7.4 Parametri sismici di sito

I parametri sismici di sito, così come definiti dalle NTC 2018, sono stati elaborati *on line* sul sito www.geostru.eu, adottando quale parametro di elaborazione la stabilità dei pendii e delle fondazioni ed immettendo, quali dati di *input*, quanto emerso dalle indagini sismiche effettuate in sito.

Zona della centrale e delle opere di presa

Sito in esame.

latitudine: 40,84714

longitudine: 16,246453

Classe: 4

Vita nominale:100

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 33008	Lat: 40,8526	Lon: 16,2002	Distanza: 3934,117
Sito 2	ID: 33009	Lat: 40,8510	Lon: 16,2663	Distanza: 1719,024
Sito 3	ID: 33231	Lat: 40,8010	Lon: 16,2641	Distanza: 5344,997
Sito 4	ID: 33230	Lat: 40,8026	Lon: 16,1981	Distanza: 6409,601

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81%

Tr: 120 [anni]

ag: 0,070 g

Fo: 2,605

Tc*: 0,357 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

Tr: 201 [anni]

ag: 0,085 g

Fo: 2,610

Tc*: 0,416 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

Tr: 1898 [anni]

ag: 0,190 g

Fo: 2,633

Tc*: 0,522 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5%

Tr: 2475 [anni]

ag: 0,208 g

Fo: 2,634

Tc*: 0,524 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SL0:

Ss: 1,500

Cc: 1,470

St: 1,000

Kh: 0,021

Kv: 0,011

Amax: 1,030

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,400

St: 1,000

Kh: 0,025

Kv: 0,013

Amax: 1,246

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,400

Cc: 1,300

St: 1,000

Kh: 0,064

Kv: 0,032

Amax: 2,614

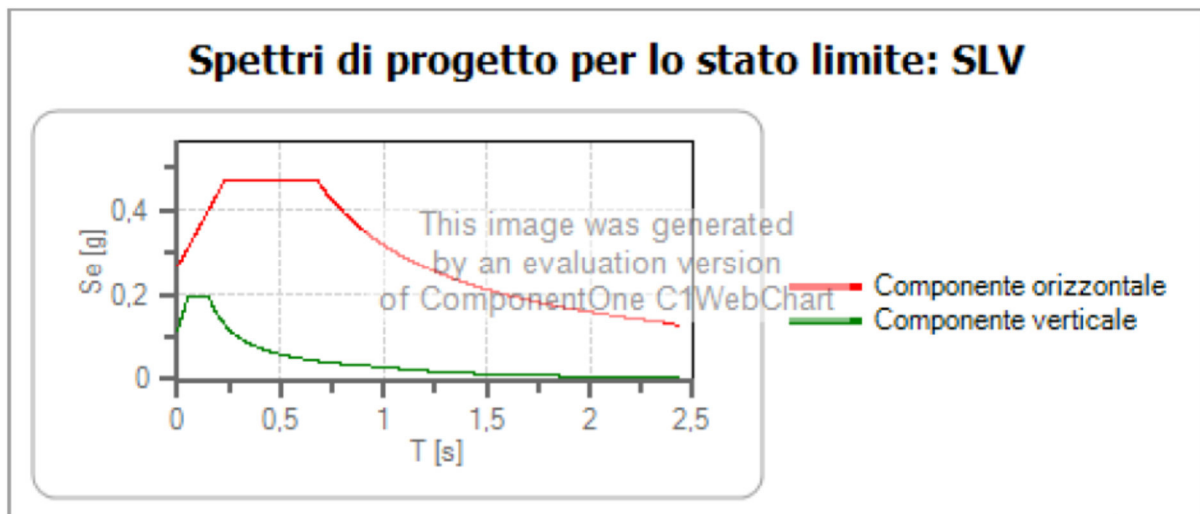
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,370

Cc: 1,300
St: 1,000
Kh: 0,080
Kv: 0,040
Amax: 2,798
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in WGS84 sono latitudine: 40.846155 - longitudine: 16.245626



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLV orizzontale	2	0,190	2,633	0,522	1,400	1,300	1,000	1,400	1,500	0,226	0,679	2,361
SLV verticale	2	0,190	2,633	0,522	1,400	1,300	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

Figura 23. Spettro di progetto per l'area occupata dalla centrale.

Zona della condotta forzata

Sito in esame.

latitudine: 40,8509694138013

longitudine: 16,253361970772

Classe: 4

Vita nominale: 100

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 33008 Lat: 40,8526 Lon: 16,2002 Distanza: 4472,296

Sito 2	ID: 33009	Lat: 40,8510	Lon: 16,2663	Distanza: 1084,847
Sito 3	ID: 33231	Lat: 40,8010	Lon: 16,2641	Distanza: 5633,023
Sito 4	ID: 33230	Lat: 40,8026	Lon: 16,1981	Distanza: 7109,721

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81%

Tr: 120 [anni]

ag: 0,070 g

Fo: 2,610

Tc*: 0,357 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

Tr: 201 [anni]

ag: 0,084 g

Fo: 2,614

Tc*: 0,416 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

Tr: 1898 [anni]

ag: 0,191 g

Fo: 2,627

Tc*: 0,522 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5%

Tr: 2475 [anni]

ag: 0,209 g

Fo: 2,626

Tc*: 0,523 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,480
St: 1,000
Kh: 0,021
Kv: 0,010
Amax: 1,025
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,025
Kv: 0,013
Amax: 1,241
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,400
Cc: 1,300
St: 1,000
Kh: 0,064
Kv: 0,032
Amax: 2,623
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,370
Cc: 1,300
St: 1,000
Kh: 0,080
Kv: 0,040
Amax: 2,811
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in WGS84 sono latitudine: 40.849985 - longitudine: 16.252535

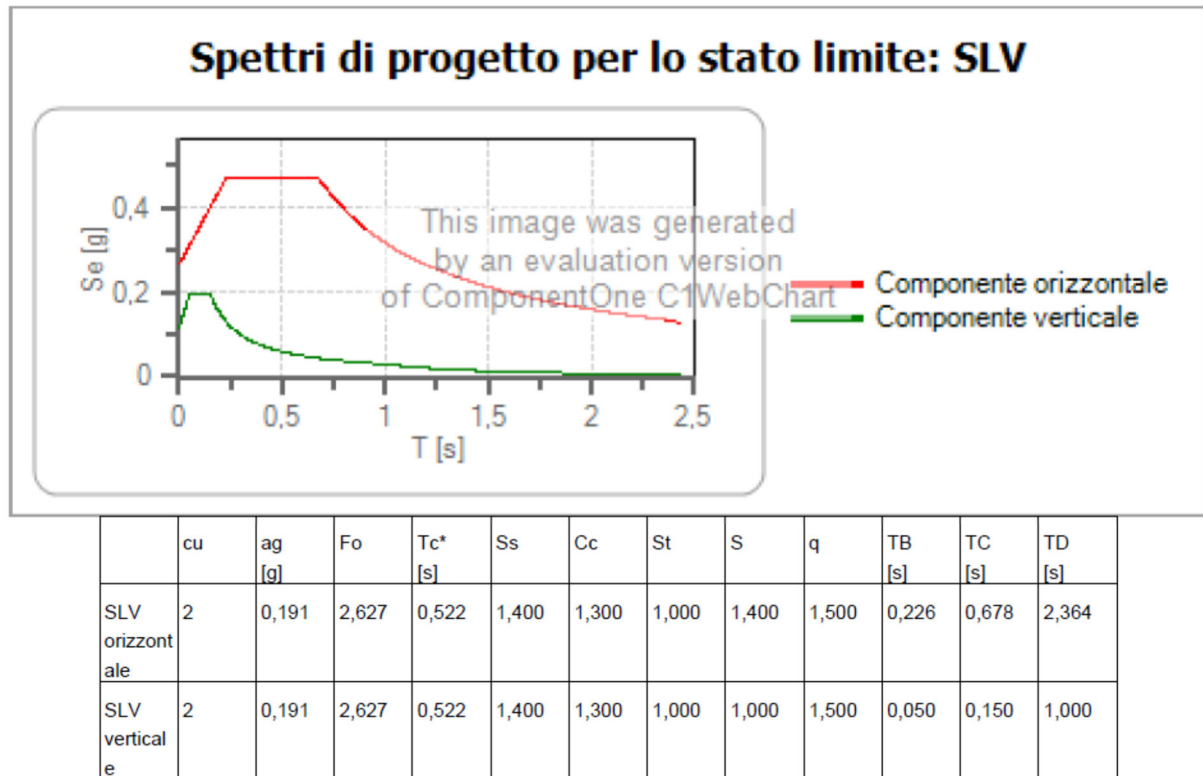


Figura 24. Spettro di progetto per l'area occupata dalla condotta.

Zona occupata dal bacino di monte

Sito in esame.

latitudine: 40,8540852801665

longitudine: 16,2626307966409

Classe: 4

Vita nominale:100

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 33008 Lat: 40,8526 Lon: 16,2002 Distanza: 5251,080

Sito 2 ID: 33009 Lat: 40,8510 Lon: 16,2663 Distanza: 463,373

Sito 3 ID: 32787 Lat: 40,9009 Lon: 16,2684 Distanza: 5230,479

Sito 4 ID: 32786 Lat: 40,9025 Lon: 16,2023 Distanza: 7398,464

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 200 anni

Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81%

Tr: 120 [anni]

ag: 0,069 g

Fo: 2,616

Tc*: 0,356 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63%

Tr: 201 [anni]

ag: 0,084 g

Fo: 2,615

Tc*: 0,417 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10%

Tr: 1898 [anni]

ag: 0,199 g

Fo: 2,595

Tc*: 0,510 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5%

Tr: 2475 [anni]

ag: 0,219 g

Fo: 2,588

Tc*: 0,511 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,480

St: 1,000

Kh: 0,021
Kv: 0,010
Amax: 1,021
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,400
St: 1,000
Kh: 0,025
Kv: 0,013
Amax: 1,241
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,390
Cc: 1,310
St: 1,000
Kh: 0,066
Kv: 0,033
Amax: 2,713
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,360
Cc: 1,310
St: 1,000
Kh: 0,084
Kv: 0,042
Amax: 2,926
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in WGS84 sono latitudine: 40.853101 - longitudine: 16.261804

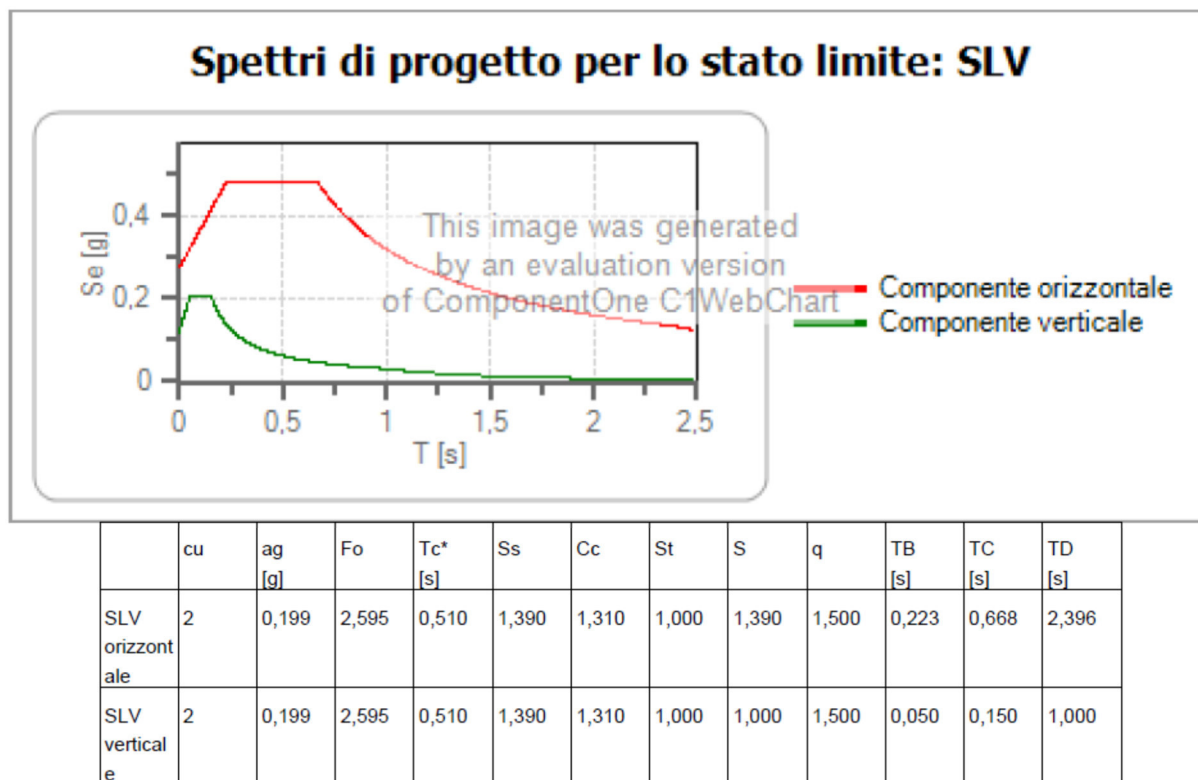


Figura 25. Spettro di progetto per l'area occupata dal bacino di monte.

8. INDAGINI IN SITO

Per una migliore ricostruzione della successione stratigrafica che caratterizza il sito interessato dal progetto per la realizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio, per una chiara e corretta definizione circa la natura dei rapporti geometrici esistenti tra le varie litologie individuate nel corso del rilevamento geolitologico e per ottenere la caratterizzazione litotecnica e la modellazione sismica dei terreni impegnati dalle opere di progetto, a corredo del presente studio è stata eseguita la seguente campagna di indagini in sito, costituite da:

- n°5 sondaggi geotecnici effettuato a carotaggio continuo e spinti a profondità variabili, da 20.00 m dal p.c. attuale (sondaggio S3), a 40.00 m dal p.c. attuale (sondaggi S4, S5 ed S6), fino a 70.00 m dal p.c. attuale (sondaggio S1);
- n°17 analisi di laboratorio geotecnico su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geotecnici.
- n°4 prove sismiche con tecnica MASW, ognuna di lunghezza pari a 48 m, effettuate utilizzando un sismografo digitale a 24 canali di acquisizione del segnale sismico.
- n°4 profili geoelettrici con tecnica TEV, ognuno della lunghezza pari a 240 m, effettuati utilizzando un georesistivimetro digitale con 48 canali di acquisizione del segnale elettrico.

Tutte le indagini in sito sono state effettuate dalla ditta *Geoservice S.r.l.* via J.F. Kennedy, 36 – Lucera (FG); le analisi di laboratorio geotecnico dal laboratorio geotecnico *Soil Project S.a.s.* con sede in Corso Europa, snc loc. Cubante - Calvi (BN).

Per tutti i particolari esecutivi delle prove in sito, consultare l'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*.

L'ubicazione di tutte le suddette prove viene riportata nelle Tavole allegate alla presente relazione.

8.1 Indagini effettuate nell'area della centrale

Nell'area in oggetto sono state effettuate l'indagine sismica MASW n°1 ed il sondaggio geotecnico S1, profondo 70 m dal p.c. attuale.

Indagine sismica MASW n°1

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ calcolata, definita così come indicato al § 3.2.2 delle NTC 17/01/2018, è risultata essere pari a 302 msec⁻¹.

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</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>

Figura 26. N.T.C.2018 - Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo.

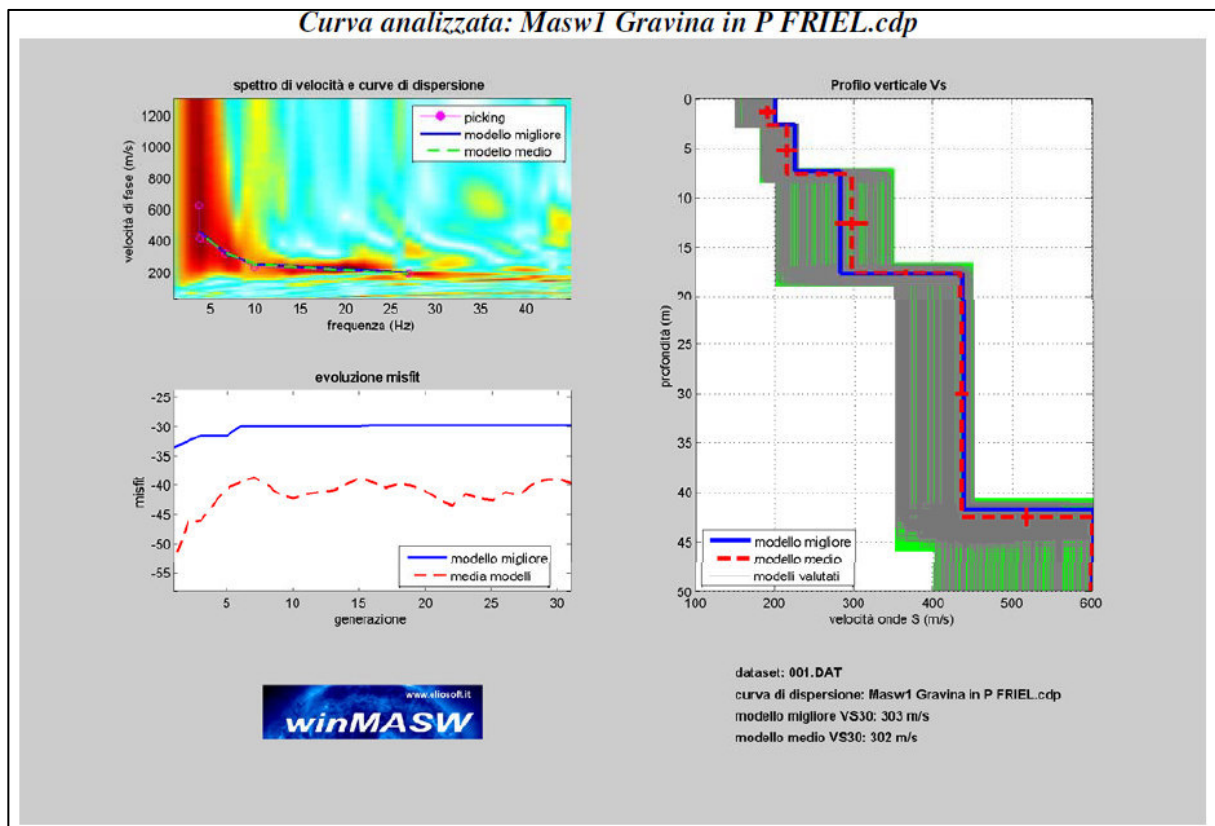


Figura 27. Gravina in Puglia. MASW n°1. Sintesi delle curve analizzate.

Quindi, in modo congruente alla descrizione stratigrafica, secondo la Tab. 3.2. II delle NTC 2018, il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo **C**, mentre la categoria topografica è la **T1**.

Sondaggio geotecnico S1

Il sondaggio effettuato, la cui stratigrafia è riportata nell'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*, è stato eseguito nella zona centrale dell'opera a realizzarsi, come da planimetria satellitare in testo.

Il sondaggio S1 ha individuato la seguente stratigrafia:

0,00 m ÷ 0,50 m. Terreno vegetale, sabbioso fine, debolmente limoso di colore avana - giallastro.

0,50 m ÷ 5,50 m. Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore variabile dall'avana, al grigio – verdino, con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi, di colore rossastro per fenomeni di ossidazione. Da consistente a molto consistente.

5,50 m ÷ 9,00 m. Sabbia fine e limo argilloso, di colore avana – verdino, molto addensato/molto consistente.

9,00 m ÷ 12,00 m. Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore avana – verdastro, molto consistente.

12,00 m ÷ 70,00 m. Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore grigio – azzurro, molto consistente.

Le litologie descritte dalla profondità di 0.50 m dal p.c. attuale, fino alla profondità di 70.00 m, sono riferibili al ciclo sedimentario marino del Calabriano – Pliocene riferibili alla Formazione delle Argille di Gravina AA (Q^c_a del Foglio Geologico in scala 1:100.000).

Nel corso del sondaggio geognostico non è stata intercettata la falda fino alla profondità di 70.00 m dal p.c. attuale. Tuttavia, il sondaggio è stato oggetto di monitoraggio piezometrico e la misurazione effettuata in data 13/07/2022 ha restituito la presenza della falda alla profondità di 21.39 m dal p.c. attuale. Lungo la verticale esplorata, fino alla profondità investigata, non sono state evidenziate discontinuità nelle litologie attraversate.



Figura 28. Gravina in Puglia. Area della centrale. Ubicazione del sondaggio S1 e della MASW n°1.

TABELLA 4. Sondaggio S1 - centrale. Campioni indisturbati prelevati.

	PROFONDITA'	LITOTIPO
C.I. n°S1C1	15.00 m ÷ 15.50 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro
C.I. n°S1C2	30.20 m ÷ 30.70 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro
C.I. n°S1C3	45.00 m ÷ 45.50 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro
C.I. n°S1C4	60.50 m ÷ 61.00 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro

TABELLA 5. Sondaggio S1 - centrale. SPT effettuate.

	PROFONDITA'	LITOTIPO	N° colpi	N_{spt}
SPT n°1	5.00 m ÷ 5.45 m	Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore variabile dall'avana, al grigio – verdino.	5/8/13	21
SPT n°2	7.00 ÷ 7.45 m	Sabbia fine e limo argilloso, di colore avana – verdino	7/9/15	24
SPT n°3	12.50 ÷ 12.95 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	8/10/18	28
SPT n°4	19.00 ÷ 19.45 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	13/19/21	40

TABELLA 6. Sondaggio S1 – centrale. Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile effettuate.

PROFONDITA' FONDO FORO	LITOTIPO	Coefficiente di permeabilità di Darcy (k)
N°1 - 5.50 m	Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore variabile dall'avana, al grigio – verdino.	4.13E-07 m/sec
N°2 - 10.50 m	Limo argilloso, debolmente sabbioso fine, di colore avana – verdastro	4.30E-07 m/sec

N°3 - 30.00 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	1.46E-07 m/sec
N°4 - 50.00 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	3.72E-08 m/sec

8.2 Indagini effettuate nell'area della condotta

Nell'area in oggetto sono state effettuate l'indagine sismica MASW n°2, le geoelettriche TEV n°1 e TEV n°2, il sondaggio geotecnico S3, profondo 20.00 m dal p.c. attuale

Indagine sismica MASW n°2

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ calcolata, definita così come indicato al § 3.2.2 delle NTC 17/01/2018, è risultata essere pari a 273 msec⁻¹.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</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>

Figura 29. N.T.C.2018 - Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo.

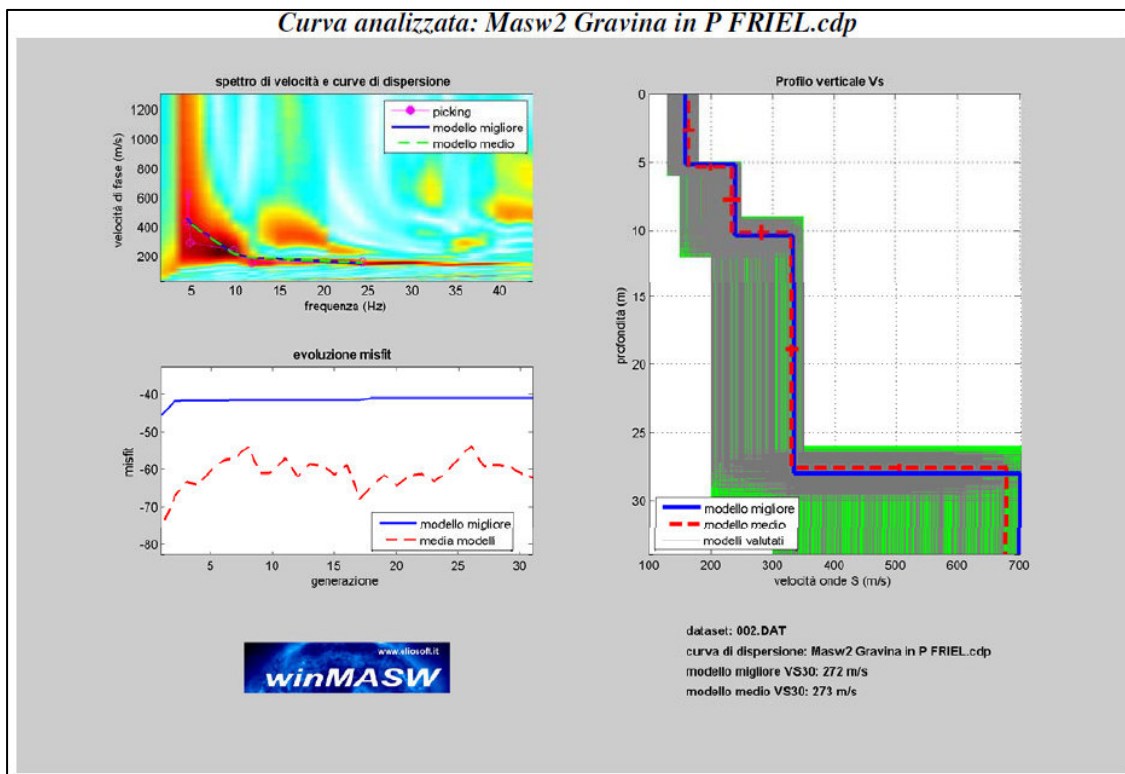


Figura 30. Gravina in Puglia. MASW n°2. Sintesi delle curve analizzate.

Quindi, in modo congruente alla descrizione stratigrafica, secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo **C**, mentre la categoria topografica è la **T1**.

Indagine Geoelettrica TEV n°1

Risulta evidente la presenza di litologie di natura limosa - argillosa ($\rho < 100 \text{ ohm/m}$) con intercalazioni di lenti sabbiose ($\rho 100 \div 200 \text{ ohm/m}$). Non si evidenziano discontinuità di ordine geomorfologico da frana.

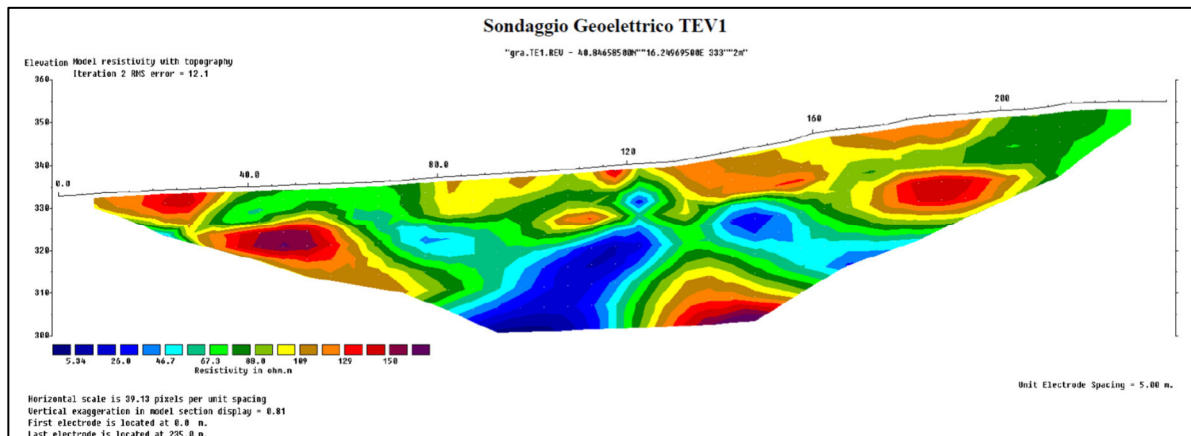


Figura 31. Gravina in Puglia. TEV n°1. Sezione geoelettrica analizzata.

Indagine Geoelettrica TEV n°2

Risulta evidente la presenza di litologie di natura limosa - argillosa ($\rho < 70 \text{ ohm/m}$) con intercalazioni di lenti sabbiose ($\rho 7 \div 150 \text{ ohm/m}$). Non si evidenziano discontinuità di ordine geomorfologico da frana.

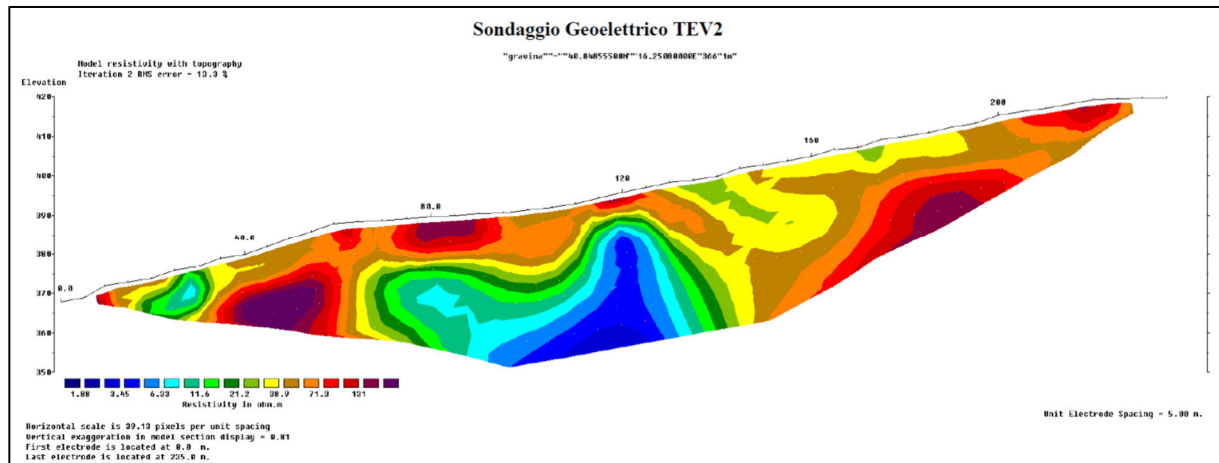


Figura 32. Gravina in Puglia. TEV n°2. Sezione geoelettrica analizzata.

Sondaggio geotecnico S3

Il sondaggio effettuato, la cui stratigrafia è riportata nell'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*, è stato eseguito nella zona centrale dell'opera a realizzarsi, come da planimetria satellitare in testo.

Il sondaggio S1 ha individuato la seguente stratigrafia:

0,00 m ÷ 0,50 m. Terreno vegetale, sabbioso - limoso di colore avana scuro.

0,50 m ÷ 3,50 m. Sabbia medio - fine, debolmente limosa, di colore avano - giallastra, da poco, a mediamente addensata.

3,50 m ÷ 8,50 m. Sabbia fine debolmente limosa, di colore verdino, da poco, a mediamente addensata, alternata a limo argilloso - sabbioso fine, di colore verdino - grigiastro, da poco, a mediamente consistente e mediamente plastica.

8,50 m ÷ 20,00 m. Limo argilloso - sabbioso fine, marnoso, di colore grigio - azzurrognolo, con intercalazioni di livelli sabbiosi, da avana, a giallo - rossastri per ossidazione, nella parte alta e con sottili livelli sabbiosi centimetrici, grigio - azzurri nella parte bassa, da mediamente consistente e poco plastico, a consistente.

Le litologie descritte dalla profondità di 0.50 m dal p.c. attuale, fino alla profondità di 20.00 m, sono riferibili al ciclo sedimentario marino del Calabriano - Pliocene riferibili alla Formazione delle Argille di Gravina AA (Q^c_a del Foglio Geologico in scala 1:100.000).

Nel corso del sondaggio geognostico è stata intercettata la falda alla profondità di 16.00 m dal p.c. attuale. Il sondaggio è stato condizionato a piezometro. Nel corso del monitoraggio piezometrico, la misura del 13/07/2022 ha restituito in valore di 5.15 m. Lungo la verticale esplorata, fino alla profondità investigata, non sono state evidenziate discontinuità nelle litologie attraversate.

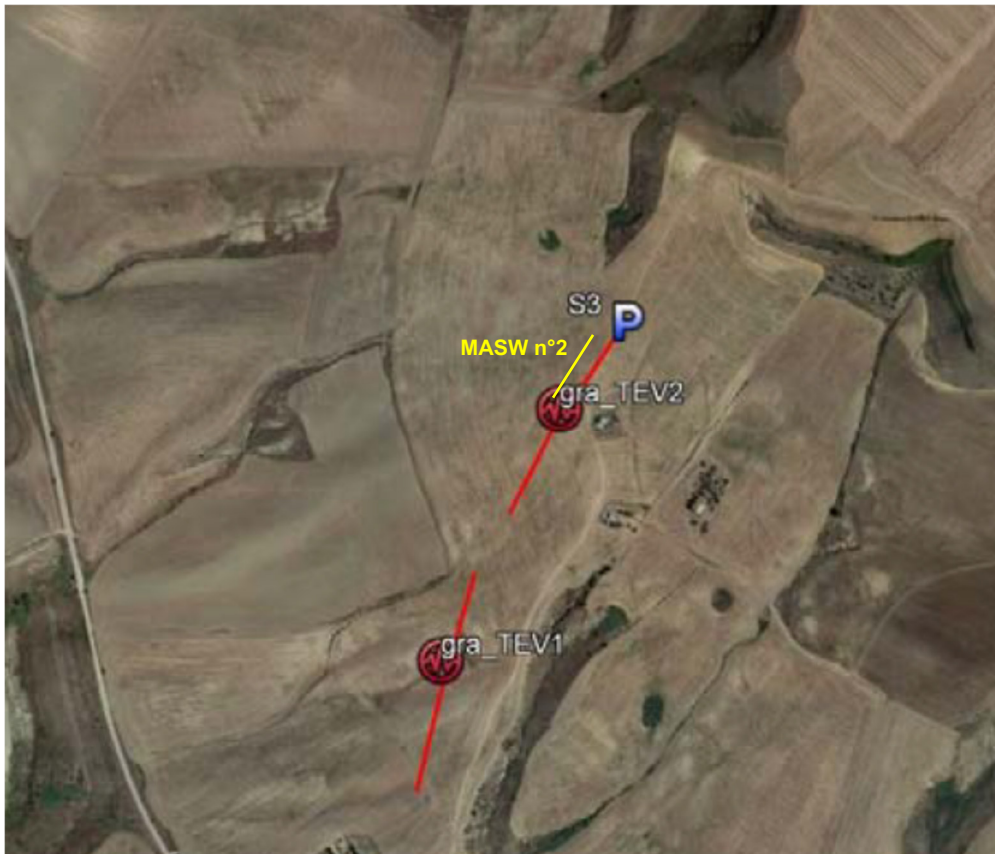


Figura 33. Gravina in Puglia. Area della condotta. Ubicazione del sondaggio S3, della MASW n°2 e delle TEV n°1 e TEV n°2.

TABELLA 7. Sondaggio S3 - condotta. Campioni indisturbati prelevati.

	PROFONDITA'	LITOTIPO
C.I. n°S1C1	5.00 m ÷ 5.50 m	Sabbia fine debolmente limosa di colore verdino
C.I. n°S1C2	10.00 m ÷ 10.50 m	Limo argilloso – sabbioso fine, marnoso, grigio - azzurro

TABELLA 8. Sondaggio S3 - condotta. SPT effettuate.

	PROFONDITA'	LITOTIPO	N° colpi	N _{spt}
SPT n°1	4.00 m ÷ 4.45 m	Sabbia fine debolmente limosa, di colore verdino	2/4/7	11
SPT n°2	8.00 ÷ 8.45 m	Sabbia fine debolmente limosa, di colore verdino	4/7/9	16
SPT n°3	13.00 ÷ 13.45 m	Limo argilloso – sabbioso fine, marnoso, grigio - azzurro	5/8/10	18
SPT n°4	18.00 ÷ 18.45 m	Limo argilloso – sabbioso fine, marnoso, grigio - azzurro	8/15/20	35

8.3 Indagini effettuate nell'area del bacino di monte

Nell'area in oggetto sono state effettuate l'indagine sismica MASW n°3 e MASW n°4, le geoelettriche TEV n°3 e TEV n°4, i sondaggi geotecnic S4 (40.00 m dal p.c. attuale), S5 (40.00 m dal p.c. attuale) ed S6 (40.00 m dal p.c. attuale).

Indagine sismica MASW n°3

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ calcolata, definita così come indicato al § 3.2.2 delle NTC 17/01/2018, è risultata essere pari a 342 msec⁻¹.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 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.

Figura 34. N.T.C.2018 - Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo.

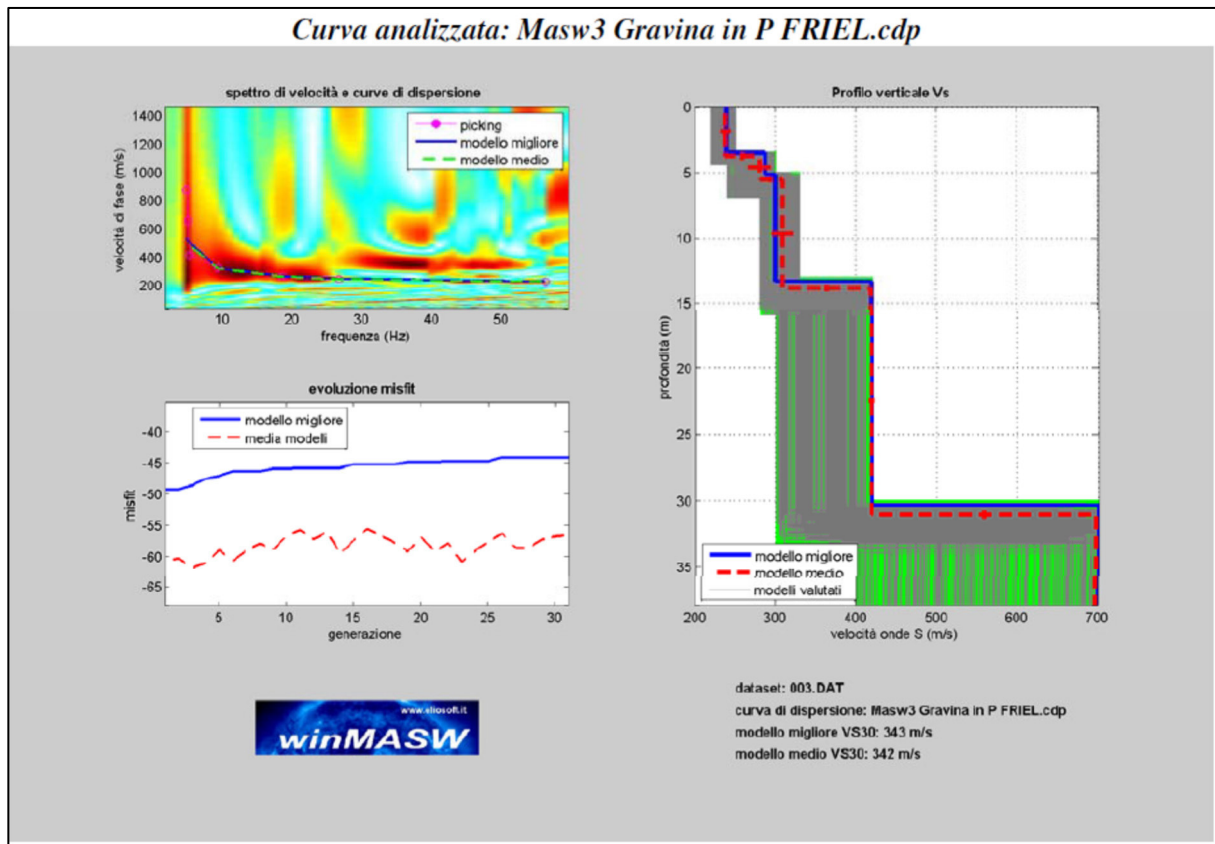


Figura 35. Gravina in Puglia. MASW n°3. Sintesi delle curve analizzate.

Quindi, in modo congruente alla descrizione stratigrafica, secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo **C**, mentre la categoria topografica è la **T1**.

Indagine sismica MASW n°4

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ calcolata, definita così come indicato al § 3.2.2 delle NTC 17/01/2018, è risultata essere pari a 355 msec^{-1} .

Quindi, in modo congruente alla descrizione stratigrafica, secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018, il sito in esame ricade nella categoria di sottosuolo **C**, mentre la categoria topografica è la **T1**.

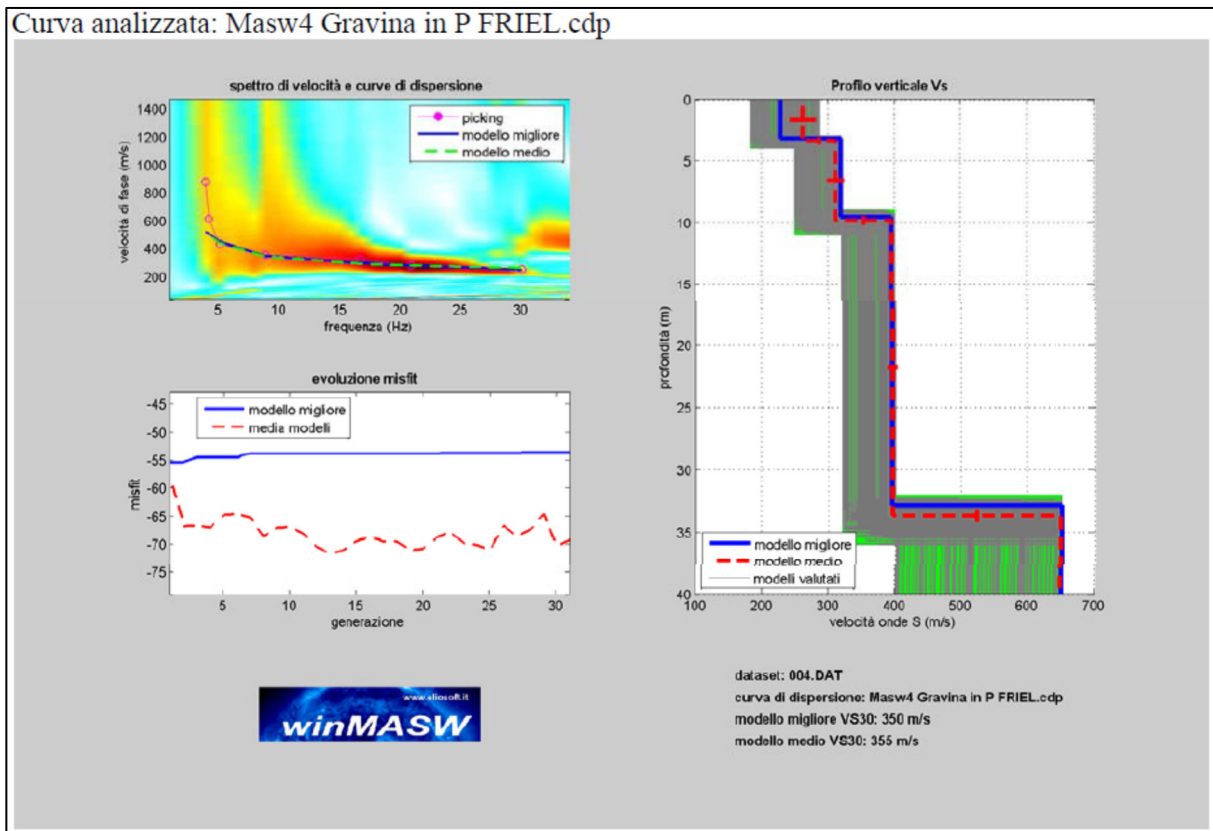


Figura 36. Gravina in Puglia. MASW n°4. Sintesi delle curve analizzate.

Sondaggio geotecnico S4

Il sondaggio effettuato, la cui stratigrafia è riportata nell'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*, è stato eseguito nella zona del bacino di monte, come da planimetria satellitare in testo.

Il sondaggio S4 ha individuato la seguente stratigrafia:

0,00 m ÷ 0,30 m. Terreno vegetale, sabbioso fine, debolmente limoso di colore grigio - nerastro.

0,30 m ÷ 6,40 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore avano – giallastra, da mediamente addensata, a molto addensata, con alternanze di limo sabbioso fine di colore verdino – grigiastro, mediamente addensata.

6,40 m ÷ 10,50 m. Limo argilloso – sabbioso fine, di colore avana – verdino, da mediamente consistente, a consistente, con intercalazioni di livelli sabbiosi sottili, a tratti limosi, di colore avana - grigiastro.

10,50 m ÷ 23,00 m. Limo argilloso, sabbioso fine, di colore grigio – azzurrognolo, da mediamente consistente, a consistente e mediamente plastico, con intercalati sottili livelli di sabbia fine limosa, mediamente addensata.

23,00 m ÷ 26,50 m. Sabbia medio – sottile, debolmente limosa, di colore avana – verdastro, addensata, alternata a livelli di limo sabbioso fine di colore avana – verdastro, mediamente consistente.

26,50 m ÷ 27,50 m. Limo sabbioso fine di colore grigio – azzurro, consistente.

27,50 m ÷ 36,20 m. Sabbia media e fine, di colore variabile dal verdino - grigiastro, all'avana – giallastro, con intercalati sottili livelli di arenaria, molto addensata.

36,20 m ÷ 40,00 m. Limo argilloso, debolmente sabbioso di colore grigio – azzurro, molto consistente e poco plastico.

Le litologie descritte dalla profondità di 0.30 m dal p.c. attuale, fino alla profondità di 36.20 m, sono riferibili al ciclo sedimentario marino del Calabriano e correlabili alla Formazione delle Sabbie di Monte Marano AA (Q^c_s del Foglio Geologico in scala 1:100.000). Le litologie riscontrate dalla profondità di 36.20 m fino a fondo foro sono riferibili alla Formazione delle Argille di Gravina AA (Q^c_a del Foglio Geologico in scala 1:100.000) di età Calabriano – Pliocene.

Nel corso del sondaggio geognostico la falda è stata intercettata alla profondità di 16.00 m dal p.c. attuale. Lungo la verticale esplorata, fino alla profondità investigata, non sono state evidenziate discontinuità nelle litologie attraversate.



Figura 37. Gravina in Puglia. Area del bacino di monte. Ubicazione dei sondaggi S4 – S5 – S6, delle TEV n°3 e TEV n°4 e delle MASW n°1 e MASW n°2.

TABELLA 9. Sondaggio S4 – bacino di monte. Campioni indisturbati prelevati.

	PROFONDITA'	LITOTIPO
C.I. n°S4C1	10.50 m ÷ 11.00 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro
C.I. n°S4C2	22.50 m ÷ 23.00 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro
C.I. n°S4C3	30.50 m ÷ 31.00 m	Sabbia medio – fine grigio - giallastra
C.I. n°S4C4	35.70 m ÷ 36.20 m	Sabbia medio – fine grigio - giallastra

TABELLA 10. Sondaggio S4 – bacino di monte. SPT effettuate.

	PROFONDITA'	LITOTIPO	N° colpi	N_{spt}
SPT n°1	3.00 m ÷ 3.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana.	7/17/39	56
SPT n°2	9.00 ÷ 9.45 m	Limo argilloso - sabbioso, di colore avana – verdino	6/8/10	18
SPT n°3	15.50 ÷ 15.95 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	6/8/11	19
SPT n°4	19.00 ÷ 19.45 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	6/9/11	20
SPT n°5	26.00 ÷ 26.45 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	10/18/16	34

TABELLA 11. Sondaggio S4 – bacino di monte. Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile effettuate.

PROFONDITA' FONDO FORO	LITOTIPO	Coefficiente di permeabilità di Darcy (k)
N°1 - 6.50 m	Limo argilloso - sabbioso, di colore avana – verdino.	3.28E-06 m/sec
N°2 - 9.00 m	Limo argilloso - sabbioso, di colore avana – verdino	9.20E-07 m/sec

N°3 - 12.50 m	Limo argilloso – sabbioso grigio - azzurro	3.98E-06 m/sec
---------------	--	----------------

Sondaggio geotecnico S5

Il sondaggio effettuato, la cui stratigrafia è riportata nell'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*, è stato eseguito nella zona del bacino di monte, come da planimetria satellitare in testo.

Il sondaggio S5 ha individuato la seguente stratigrafia:

0,00 m ÷ 1,00 m. Terreno vegetale, sabbioso fine, debolmente limoso di colore grigio - nerastro.

1,00 m ÷ 4,50 m. Sabbia media - fine, debolmente limosa, di colore avana – brunastro, molto addensata, con presenza di ciottoli minuti in dispersione nella parte alta e flocculi farinosi biancastri dovuti alla deposizione di Sali per evaporazione.

4,50 m ÷ 16,00 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore avana – giallastro, mediamente addensata. Tra 8.40 m e 10.40 m presenza di intercalazioni limo - sabbiose fini.

16,0 m ÷ 22,00 m. Sabbia medio – fine debolmente limosa, di colore avana – giallastro, con intercalati rari e sottili livelli arenacei, mediamente addensata e con sottili livelli limosi – sabbiosi di colore avana – grigiastro, mediamente consistente e poco plastico.

22,00 m ÷ 26,20 m. Limo argilloso – sabbioso fine, di colore grigio – azzurro, mediamente consistente e poco plastico, alternato a sabbia media e fine di colore grigio – azzurro, mediamente addensata.

26,20 m ÷ 40,00 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore avana – giallastro, addensata, con intercalati sottili livelli limosi – argillosi e sabbiosi fini, di colore avana – verdino, mediamente consistente.

Le litologie descritte dalla profondità di 1.00 m dal p.c. attuale, fino alla profondità di 22.00 m, sono riferibili al ciclo sedimentario marino del Calabriano e correlabili alla Formazione delle Sabbie di Monte Marano AA (Q^C_s del Foglio Geologico in scala 1:100.000). Le litologie riscontrate dalla profondità di 22.00 m fino a fondo foro sono riferibili alla Formazione delle Argille di Gravina AA (Q^C_a del Foglio Geologico in scala 1:100.000) di età Calabriano – Pliocene.

Nel corso del sondaggio geognostico la falda è stata intercettata alla profondità di 19.70 m dal p.c. attuale. Il sondaggio S5 è stato oggetto di monitoraggio piezometrico, con la misura della falda attuata il 13/07/2022 pari a 19.20 m. Lungo la verticale esplorata, fino alla profondità investigata, non sono state evidenziate discontinuità nelle litologie attraversate.

TABELLA 12. Sondaggio S5 – bacino di monte. Campioni indisturbati prelevati.

	PROFONDITA'	LITOTIPO
C.I. n°S5C1	6.00 m ÷ 6.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - brunastra
C.I. n°S5C2	10.50 m ÷ 11.00 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - brunastra
C.I. n°S5C3	15.00 m ÷ 15.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - brunastra

TABELLA 13. Sondaggio S5 – bacino di monte. SPT effettuate.

	PROFONDITA'	LITOTIPO	N° colpi	N_{spt}
SPT n°1	4.50 m ÷ 4.95 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	7/8/34	42
SPT n°2	11.50 ÷ 11.95 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	12/15/14	29
SPT n°3	15.50 ÷ 15.95 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	12/11/15	26
SPT n°4	20.00 ÷ 20.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa	7/11/16	27
SPT n°5	27.50 ÷ 27.95 m	Sabbia medio – fine e limo argilloso - sabbioso	12/14/18	32

TABELLA 14. Sondaggio S5 – bacino di monte. Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile effettuate.

PROFONDITA' FONDO FORO	LITOTIPO	Coefficiente di permeabilità di Darcy (k)
N°1 - 3.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	1.74E-06 m/sec
N°2 - 6.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa	2.15E-05 m/sec
N°3 - 9.50 m	Limo sabbioso fine	8.94E-06 m/sec

Sondaggio geotecnico S6

Il sondaggio effettuato, la cui stratigrafia è riportata nell'elaborato *PD-R.20 Indagini Geologiche e Geotecniche e Monitoraggi*, è stato eseguito nella zona del bacino di monte, come da planimetria satellitare in testo.

Il sondaggio S6 ha individuato la seguente stratigrafia:

0,00 m ÷ 1,50 m. Terreno vegetale, sabbioso fine, debolmente limoso di colore grigio - nerastro.

1,50 m ÷ 3,00 m. Sabbia media - fine, debolmente limosa, molto addensata, di colore avana – brunastro, con presenza di ciottoli minuti in dispersione nella parte alta e flocculi farinosi biancastri dovuti alla deposizione di sali per evaporazione.

3,00 m ÷ 17,00 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore avana – giallastro, mediamente addensata. Tra 7.80 m e 10.50 m presenza di intercalazioni limo - sabbiose fini di colore avana – giallastro, consistenti.

17,0 m ÷ 20,50 m. Sabbia medio – fine debolmente limosa, di colore avana – giallastro, con intercalati rari e sottili livelli arenacei, addensata e con sottili livelli limosi – sabbiosi di colore avana – grigiastro, mediamente consistente e poco plastico.

20,50 m ÷ 27,00 m. Limo argilloso – sabbioso fine, di colore grigio – azzurro, mediamente consistente e poco plastico, alternato a sabbia media e fine di colore grigio – azzurro, mediamente addensata.

27,00 m ÷ 30,30 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore verde oliva, alternata a limo sabbioso fine di colore avana – giallastro, addensata, mediamente consistente.

30,30 m ÷ 37,50 m. Sabbia media e fine, di colore verdino – giallastro con venature giallo – rossastre, molto addensata, talora con intercalazioni di sottili livelli arenacei.

37,50 m ÷ 40,00 m. Sabbia media e fine, debolmente limosa, di colore verde oliva, alternata a limo argilloso – sabbioso fine, addensata.

Le litologie descritte dalla profondità di 1.50 m dal p.c. attuale, fino alla profondità di 37.50 m, sono riferibili al ciclo sedimentario marino del Calabriano e correlabili alla Formazione delle Sabbie di Monte Marano AA (Q^c_s del Foglio Geologico in scala 1:100.000). Le litologie riscontrate dalla profondità di 37.50 m fino a fondo foro sono riferibili alla Formazione delle Argille di Gravina AA (Q^c_a del Foglio Geologico in scala 1:100.000) di età Calabriano – Pliocene.

Nel corso del sondaggio geognostico la falda è stata intercettata alla profondità di 18.00 m dal p.c. attuale. Lungo la verticale esplorata, fino alla profondità investigata, non sono state evidenziate discontinuità nelle litologie attraversate.

TABELLA 15. Sondaggio S6 – bacino di monte. Campioni indisturbati prelevati.

	PROFONDITA'	LITOTIPO
C.I. n°S6C1	4.00 m ÷ 4.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - giallastra
C.I. n°S6C2	9.50 m ÷ 10.00 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - giallastra
C.I. n°S6C3	15.00 m ÷ 15.50 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa avana - giallastra
C.I. n°S6C4	21.50 m ÷ 22.00 m	Limo sabbioso – argilloso fine di colore grigio - azzurro

TABELLA 16. Sondaggio S6 – bacino di monte. SPT effettuate.

	PROFONDITA'	LITOTIPO	N° colpi	N_{spt}
SPT n°1	5.00 m ÷ 5.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	15/22/32	54
SPT n°2	10.00 ÷ 10.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	12/15/36	51
SPT n°3	15.00 ÷ 15.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	10/11/27	38
SPT n°4	20.00 ÷ 20.45 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa con sottili livelli arenacei	35/18/16	34
SPT n°5	25.00 ÷ 25.45 m	Limo argilloso – sabbioso fine grigio - azzurro	7/10/14	24

TABELLA 17. Sondaggio S6 – bacino di monte. Prove di permeabilità Lefranc a carico variabile effettuate.

PROFONDITA' FONDO FORO	LITOTIPO	Coefficiente di permeabilità di Darcy (k)
N°1 - 5.00 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa.	7.32E-06 m/sec
N°2 - 8.20 m	Sabbia medio – fine debolmente limosa	7.31E-05 m/sec

N°3 - 10.00 m	Limo sabbioso fine	9.80E-06 m/sec
---------------	--------------------	----------------

Indagine Geoelettrica TEV n°3

La prospezione geoelettrica TEV n°3 evidenzia chiaramente la presenza di litologie di natura sabbiosa con livelli di minuti conglomerati, sottili livelli arenacei e qualche lente limo – sabbiosa sottile ($\rho > 500$ ohm/m) dello spessore di circa 22.00 m, sovrapposti ad a limi argillosi con lenti limose – sabbiose sottili ($\rho < 300$ ohm/m). Risulta altrettanto evidente la giacitura sub – orizzontale delle litologie descritte, debolmente inclinata verso est – sud est.

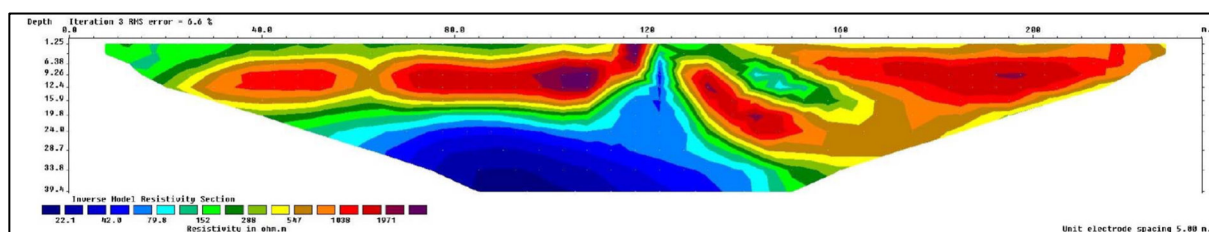


Figura 38. Gravina in Puglia. TEV n°3. Sezione geoelettrica analizzata.

Indagine Geoelettrica TEV n°4

La prospezione geoelettrica TEV n°4, anche in questo caso, evidenzia chiaramente la presenza di litologie di natura sabbiosa con sottili livelli arenacei e qualche lente limo – sabbiosa sottile ($\rho > 500$ ohm/m) dello spessore di circa 16.00 ÷ 18.00 m, sovrapposti ad a limi argillosi con lenti limose - sabbiose sottili ($\rho < 300 \div 400$ ohm/m). Risulta altrettanto evidente la giacitura sub – orizzontale delle litologie descritte.

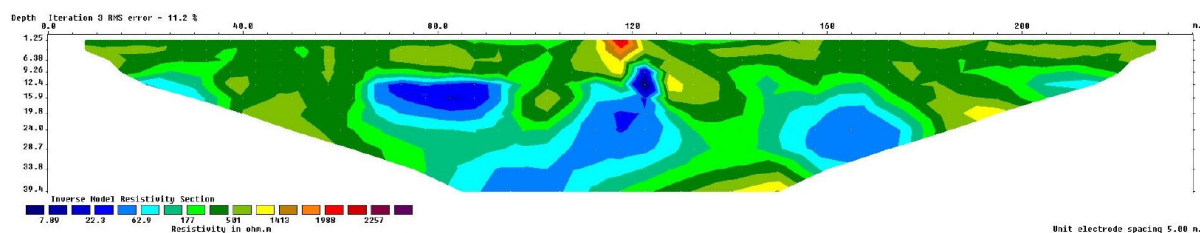


Figura 39. Gravina in Puglia. TEV n°4. Sezione geoelettrica analizzata.

9. OPERE DI CONNESSIONE. PERCORSO ELETTRODOTTO

Le opere di connessione alla centrale di distribuzione sulla Rete Nazionale dell'energia prodotta dall'impianto del Lago di Serra del Corvo, consiste in un elettrodotto aereo costituito da 27 tralicci, il quale parte dalla centrale sotterranea ed arriva al punto di consegna, ubicato poco a sud di località Masseria Zingariello, con uno sviluppo prevalente verso sud – sud est.

9.1 Caratteristiche geologiche e geomorfologiche del tracciato

I trallici n°1 e n°2 ed il cavidotto che dalla centrale, interrato su strada, raggiunge il traliccio n°1, sono ubicati sui terreni riferibili alle Argille di Gravina AA, nei settori bassi del versante. I terreni sono costituiti da limi argillosi, debolmente sabbiosi fini, dove, verso la parte alta della successione, aumenta la frazione sabbiosa. Non si evidenziano particolari criticità di ordine geologico – geomorfologico, con un versante dove saranno allocate le opere, dolce e regolare. Le uniche peculiarità, possono essere legate alla erodibilità dei terreni limo – argillosi e sabbiosi delle Argille di Gravina, soprattutto del soprastante terreno vegetale. Per quanto concerne gli aspetti legati al PAI, parte del tratto cavidotto interrato ed il traliccio n°2 sono compresi in aree perimetrate come R1. Tuttavia le NTA emanate dallo stesso Ente consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto.

Dal traliccio n°3 al traliccio n°23, l'elettrodotto si sviluppa all'interno dell'ampia depressione costituita dalla valle del T. Basentello, sulle sue alluvioni terrazzate di ambiente fluvio – lacustre, costituite in prevalenza da sedimenti siltosi con lenti di sabbie, ciottoli eterometrici e limi argillosi. Le aree interessate dal passaggio dell'elettrodotto, dal punto di vista geomorfologico, sono ubicate in aree vallive a topografia sub – pianeggiante e collocate su terrazzi alluvionali antichi del T. Basentello, attualmente non più alluvionabili, con il talweg del T. Basentello posto a notevole distanza ed a quote topografiche di almeno 30 m più basse rispetto allo sviluppo dell'elettrodotto. I trallici dello stesso non interferiscono, in nessun modo, nemmeno con lo sviluppo del reticolo idrografico minore. Relativamente agli aspetti legati al PAI, il traliccio n°3 risulta essere compreso in aree perimetrate come R1. Tuttavia le NTA emanate dallo stesso Ente consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto.

Dal traliccio n°23, fino al traliccio n°24, l'elettrodotto rientra di nuovo nei terreni riferibili alle Argille di Gravina, muovendosi in corrispondenza di un crinale secondario. Non si evidenziano particolari problematiche di carattere geologico – geomorfologico. Per gli aspetti legati al PAI, il traliccio n°24 risulta essere compreso in aree perimetrate come R1. Tuttavia le NTA emanate dallo stesso Ente consentono di impegnare il territorio, con le finalità del presente progetto.

Dal traliccio n°25, fino al n°27 e conseguente punto di consegna, l'elettrodotto si sviluppa su terreni riferibili alle Sabbie di Monte Marano AA, costituite litologicamente da sabbie limose con livelli arenacei e di conglomerati eterometrici. Quest'ultimo tratto risulta essere compreso in un'area costituita da un rilievo tabulare, a topografia sub – pianeggiante, debolmente inclinata a sud – est. Non si evidenziano problematiche di carattere geologico – geomorfologico. Tali aree non risultano perimetrate negli strumenti cartografici del PAI.

Per quanto concerne le principali caratteristiche litotecniche complessive riferibili ai terreni alluvionali, esse possono essere riassunte, da letteratura, come segue.

- $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 17.00 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;

- $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 15.50 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 18^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = \text{N.D. kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = \text{N.D. kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica II. Limo argilloso debolmente sabbioso di colore variabile dall'avana, al grigio - verdastro con intercalati sottili livelli sabbiosi; spessore pari a circa 5.50 m. principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 16.23 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 25.8^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 98.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 9448 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica III. Sabbia fine e limo - argillosa di colore avano verdino; spessore circa 3.00 m. I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 15 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 18.98 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 23.6^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 98.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 10798 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica IV. Limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigio - bluastro e, nella parte alta, avana – verdastro, molto consistente; spessore indeterminato. I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 22.48 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 19.75 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 21.37^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 310.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 15915 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico (carico 784 kN/m^2);

Per quanto concerne i limiti di Atterberg calcolati, tutti i campioni raccolti nell'unità litotecnica IV hanno consentito di classificare tali terreni nella Carta di Plasticità di Casagrande come *Argille non Organiche di Alta Plasticità*.

Poiché la falda all'interno del piezometro collocato nel sondaggio S1 ha fatto riscontrare la profondità di 21.39 m dal p.c. attuale, la problematica più importante da affrontare nella realizzazione della centrale in caverna, sarà quella della presenza della superficie piezometrica. Poiché le argille presenti sono di alta plasticità, potranno, inoltre, determinarsi fenomeni di plasticizzazione nelle argille limose presenti. Inoltre, con la centrale in esercizio si ritiene debba essere necessario ipotizzare la presenza di pompe atte a deprimere il livello piezometrico.

10.2 Area della condotta forzata

Le indagini utilizzate e fatte eseguire, nel loro complesso, hanno consentito allo scrivente di definire la presenza, nell'area oggetto del presente studio, di tre Unità Litotecniche, così come di seguito descritte nella Tabella 19 in testo.

TABELLA 19. Area della condotta forzata. Descrizione delle Unità Litotecniche

Unità	Spessore	Descrizione litologica
Unità Litotecnica I Suolo attuale	0.50 m	Terreno vegetale, di natura sabbioso - limosa di colore avana - scuro.
Unità Litotecnica II Formazione delle Argille di Gravina AA	3.00 m	Sabbia medio - fine, debolmente limosa di colore avana - giallastro, da poco a mediamente addensata.
Unità Litotecnica III Formazione delle Argille di Gravina AA	Spessore indefinito	Limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigio - bluastrò, con intercalazioni di livelli sabbiosi ana - rossastri per alterazione e, nella parte alta, sabbiosa - limosa verdina, poco consistente.

Analisi geotecnica

Tutti i dati sperimentali ricavati nel corso delle indagini geognostiche hanno reso possibile allo scrivente articolare la seguente stratigrafia geotecnica:

Unità litotecnica I. Terreno vegetale, di natura sabbioso - limosa di colore avana - scuro; spessore pari a circa 0.50 m. I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;

- $\gamma = 15.50 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 18^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = \text{N.D. kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = \text{N.D. kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica II. Sabbia medio – fine, debolmente limosa di colore avana – giallastro, da poco a mediamente addensata; spessore pari a circa 3.00 m. principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 16.23 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 25.8^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 98.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = \text{N.D. kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica III. Limo argilloso debolmente sabbioso di colore grigio – bluastro, con intercalazioni di livelli sabbiosi ana – rossastri per alterazione e, nella parte alta, sabbiosa – limosa verdina, poco consistente; spessore indeterminato. I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 22.48 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 19.75 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 21.37^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 100.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 10000 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico;

Per la messa in opera della Condotta, dalla centrale in sotterraneo, fino al bacino di monte potrà essere utilizzato il sistema di scavo dei terreni con TBM, la quale, in fase di avanzamento, provvederà a consolidare la galleria a piena sezione (volta, piedritti ed arco rovescio), non si prevedono particolari problemi di avanzamento.

10.3 Area del bacino di monte

Le indagini utilizzate e fatte eseguire, nel loro complesso, hanno consentito allo scrivente di definire la presenza, nell'area oggetto del presente studio, di tre Unità Litotecniche, così come di seguito descritte nella Tabella 20 in testo.

TABELLA 20. Area del bacino di monte. Descrizione delle Unità Litotecniche

Unità	Spessore	Descrizione litologica
Unità Litotecnica I Suolo attuale	0.30 m (S4) ÷ 1.50 m (S6)	Terreno vegetale, di natura sabbioso fine, debolmente limoso di colore grigio - nerastro.
Unità Litotecnica II Formazione delle Sabbie di Monte Marano AA	10.30 m (S4) ÷ 21.00 m (S5)	Sabbia medio – fine, debolmente limosa di colore avana – brunastro, molto addensata, con presenza di ciottoli minuti in dispersione e al tetto flocculi farinosi biancastri, per deposizione di Sali. A luoghi sono intercalati sottili livelli arenacei e lenti limose – argillose – sabbiose di colore verdino.
Unità Litotecnica III Formazione delle Argille di Gravina AA	Spessore indefinito	Limo argilloso - sabbioso fine di colore grigio – azzurro, molto consistente, con intercalazioni di livelli/lenti di sabbie medio – sottili, di colore variabile tra l'avana – verdastro e l'avana – giallastro, debolmente limose, molto addensate.

Analisi geotecnica

Tutti i dati sperimentali ricavati nel corso delle indagini geognostiche hanno reso possibile allo scrivente articolare la seguente stratigrafia geotecnica:

Unità litotecnica I. Terreno vegetale, di natura sabbioso fine, debolmente limoso di colore grigio - nerastro; spessore variabile tra 0.30 m (S4) ÷ 1.50 m (S6). I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 0.00 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 15.50 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 18^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = \text{N.D. kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = \text{N.D. kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica II. Sabbia medio – fine, debolmente limosa di colore avana – brunastro, molto addensata, con presenza di ciottoli minuti in dispersione e al tetto flocculi farinosi biancastri, per deposizione di Sali. A luoghi sono intercalati sottili livelli arenacei e lenti limose – argillose – sabbiose di colore verdino; spessore variabile tra 10.30 m (S4) ÷ 21.00 m (S5). I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 7.75 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 17.88 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 26.16^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 168.00 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 16850 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico;

Unità litotecnica III. Limo argilloso - sabbioso fine di colore grigio – azzurro, molto consistente, con intercalazioni di livelli/lenti di sabbie medio – sottili, di colore variabile tra l'avana – verdastro e l'avana – giallastro, debolmente limose, molto addensate; spessore indeterminato. I principali parametri geotecnici possono essere esplicitati come segue:

- $c' = 17.24 \text{ kN/m}^2$ coesione drenata;
- $\gamma = 19.02 \text{ kN/m}^3$ peso di volume medio naturale;
- $\phi' = 22.46^\circ$ angolo d' attrito interno;
- $c_u = 206.65 \text{ kN/m}^2$ coesione non drenata;
- $E_d = 14640 \text{ kN/m}^2$ modulo edometrico;

In tutti I sondaggi effettuati è stata riscontrata la presenza della falda a profondità variabili dal p.c. attuale, 16.00 m nel sondaggio S4, 19.70 m nel sondaggio S5 e 18.00 m nel sondaggio S6. Tali sondaggi sono stati effettuati tra la seconda e la terza settimana di ottobre 2021. E' da prevedere che la falda stessa possa risalire, anche di un metro rispetto alla quota attuale, alla fine della stagione piovosa, ovvero tra i mesi di aprile e di Maggio.

11. CONCLUSIONI

Lo Studio di Geologico ed Idrogeologico effettuato a corredo del progetto relativo alla realizzazione dell'impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina – Serro del Corvo" e relative opere di connessione ed infrastrutture indispensabili avente potenza a 200 MW nei comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA), ha permesso di definire le caratteristiche idrauliche, geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche delle aree d'intervento.

Per quanto concerne la stabilità delle aree oggetto d'intervento, nel corso degli studi e delle indagini effettuate in sito, non sono stati evidenziati morfotipi riconducibili a movimenti gravitativi in atto e/o pregressi, né sono stati individuati elementi geomorfologici che possano indurre a ritenere possibile l'insacco di fenomenologie franose a rapida evoluzione. Parte delle aree interessate dalle opere di progetto sono perimetrare come R1 ed R2 dalla ex A.d.B. della Basilicata. Tuttavia, le indagini eseguite non hanno evidenziato particolari criticità in corrispondenza dei siti dove saranno realizzate le opere di progetto.

Anche le verifiche analitiche di stabilità effettuate lungo i versanti, nelle condizioni di progetto, hanno restituito dei coefficienti di sicurezza ampiamente superiori ai minimi previsti dalle Normative Tecniche Vigenti.

Pertanto, tutte le opere di progetto previste, non andranno a determinare un incremento della pericolosità geomorfologica esistente. Tutte le aree interessate, pertanto, sono da considerarsi geomorfologicamente stabili, anche nelle condizioni di nuovo progetto.

Per la realizzazione di tutte le opere civili connesse alla realizzazione del progetto, attestata la stabilità geomorfologica delle aree, non si renderà necessario eseguire opere di bonifica o di sistemazione dei versanti e/o di aree in generale.

In sintesi, in accordo con quanto contemplato dalle Norme Tecniche di Attuazione, emanate dall'ex Autorità di Bacino della Basilicata per il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico, si ritiene che le opere di cui sopra sono compatibili i locali equilibri geoambientali, in quanto:

La realizzazione delle opere di progetto, ***non comporta alcun aumento dei fattori di rischio, né localmente, né nei territori a monte ed a valle***, né, tantomeno, potrà essere causa di ostacoli al normale deflusso delle acque o di riduzioni significative della capacità di invaso delle aree; ***non costituisce elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause esistenti di rischio, né potrà pregiudicare sistemazioni idrauliche definitive, né, tantomeno, altera in alcun modo la stabilità geomorfologia delle aree limitrofe.***

Nell'area oggetto d'intervento le indagini geognostiche effettuate hanno evidenziato la presenza della falda, con profondità così come indicate in *Tabella 1 - Rilevamenti Piezometrici*. In generale, in relazione alla possibilità che nell'orizzonte costituito dal terreno più superficiale possa formarsi una falda temporanea, per lo più legata alle precipitazioni, si consiglia la realizzazione di idonei sistemi di drenaggio e di raccolta, atte ad intercettare, convogliare e smaltire in modo opportuno le acque di pioggia sia dai piazzali, che dalle strade di progetto.

Infine, tutte le opere di progetto dovranno essere eseguite rispettando scrupolosamente quanto segue:

- Non si dovrà mai incrementare il livello di rischio, così come di seguito definito:

$$R = P \times V_a \times V_u,$$

dove P rappresenta la pericolosità, V_a è il valore degli elementi a rischio, mentre V_u esprime la vulnerabilità degli elementi);

- Si dovrà migliorare, o, comunque, non peggiorare, le condizioni di sicurezza del territorio e di difesa del suolo;
- Le opere non dovranno costituire, in nessun caso, un fattore di aumento del rischio da dissesti di versante;
- Dovranno essere garantite adeguate misure di sicurezza durante la permanenza del cantiere, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- Si dovrà limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo, impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque, anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio.

Sant'Andrea di Conza, Roma, li 20.07.2022

Dr. Geol. Gianpiero Monti

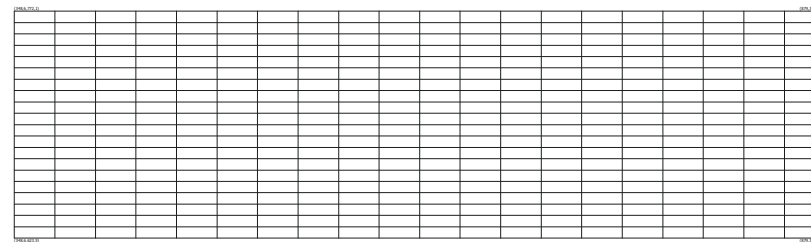


SEZIONI GEOLOGICO – TECNICHE CON VERIFICHE DI STABILITA'

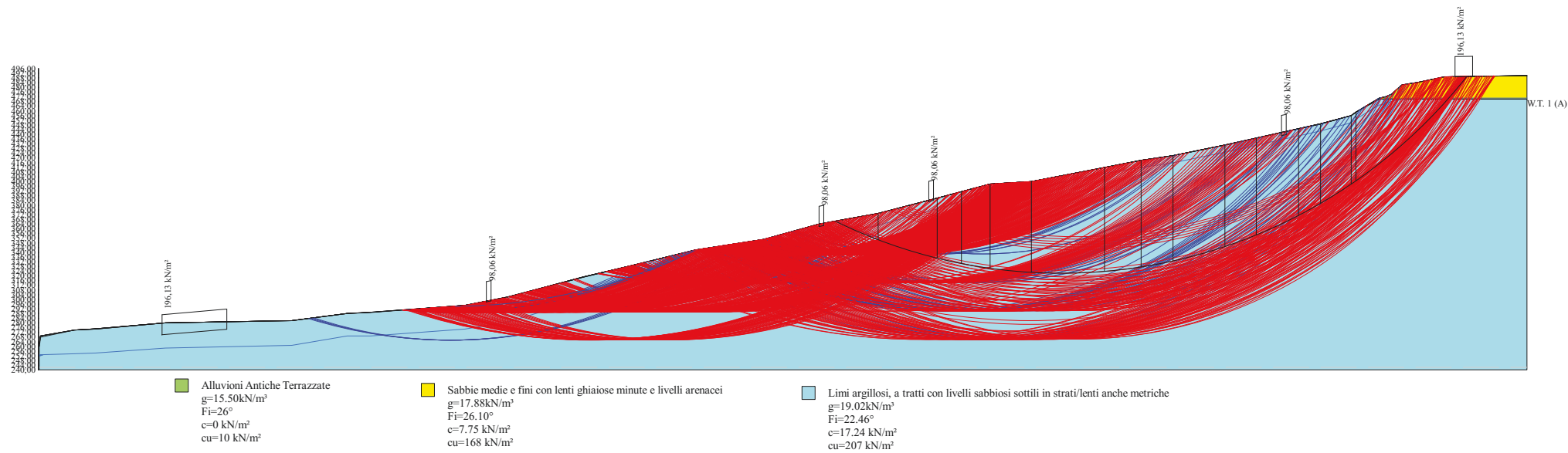
CONDOTTA FORZATA

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA CON VERIFICA DI STABILITA' DEL SETTORE MEDIO -
ALTO DEL VERSANTE

Scala 1:3.500

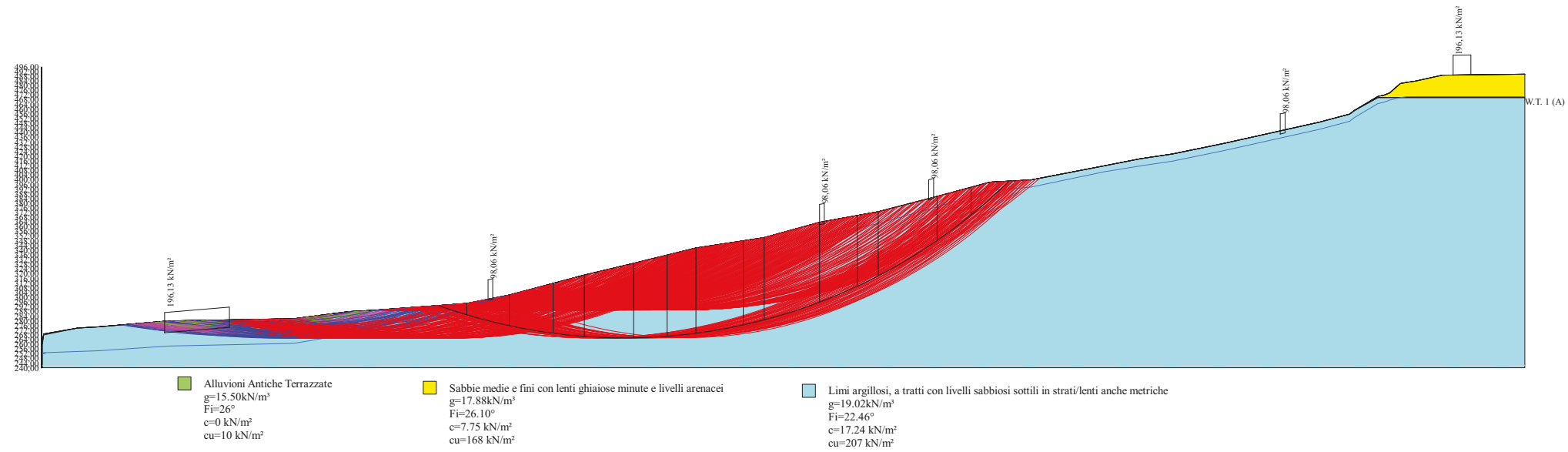
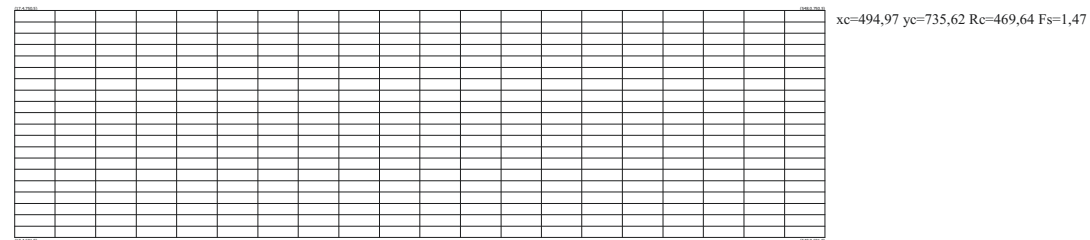


xc=866,02 yc=761,00 Rc=438,53 Fs=1,44



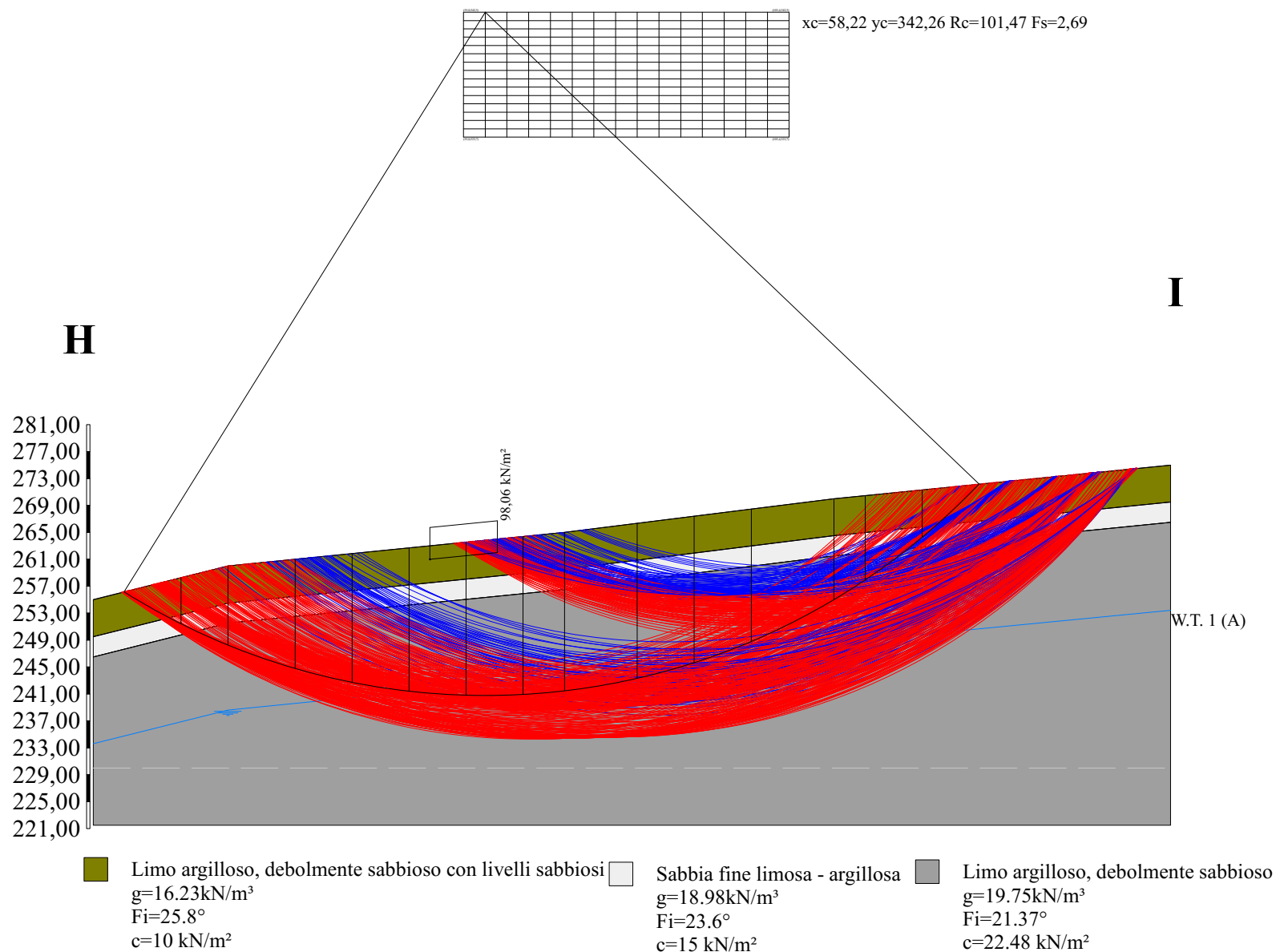
CONDOTTA FORZATA

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA CON VERIFICA DI STABILITA' DEL SETTORE MEDIO -
BASSO DEL VERSANTE
Scala 1:3.500



SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA DELLA STRADA DI ACCESSO ALLA CENTRALE DI PRODUZIONE

Scala 1:900



TRALICCIO n°24

SEZIONE GEOLOGICO - TECNICA CON VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE

Scala 1:800

