



REGIONE SICILIA  
Assessorato regionale dell'energia  
e dei servizi di pubblica utilità  
Dipartimento regionale dell'acqua e dei rifiuti



**DIGA GIBBESI**

RIVALUTAZIONE SISMICA, STUDIO DELLE PRESSIONI NEUTRE E MOTI DI FILTRAZIONE, PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA, DEFINITIVA ED ESECUTIVA, MANUTENZIONE STRAORDINARIA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUARDIA - POZZO - PARATOIE E RIEFFICIENTAMENTO STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

**A**

**RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA**

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. Antonino Margagliotta

ASSOCIAZIONE TEMPORANEA DI IMPRESE TRA:

Mandataria

Mandanti



GEO R.A.S. s.r.l.

REDAZIONE DELL'ELABORATO  
Dott. Ing.

SOCIETA' : Gabriele  
SERING INGEGNERIA

RESPONSABILE  
Dott. Ing. Gabriele Speciale

DIREZIONE DI PROGETTO PER L'ATI :

TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO: RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SIMICA  
DELLE OPERE ACCESSORIE  
**STABILITA' DELLE SPONDE**  
VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE E STUDIO DI FATTIBILITA'  
TECNICO-ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

ELABORATO N° :

II122F-A-SIS-RT-205-00

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO			
SIGLA		G. Amato		V. Canzoneri		A. Rizzo			
REVISIONE	N.		DESCRIZIONE				RED.	VER.	APP.
	1	00	Emissione Luglio 2021				G.A.	V.C.	A.R.
	2								
	3								

NOME FILE :



II122F-A-SIS-RT-205-00.dwg

DATA :

Luglio 2021

SCALA :

-

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 1 di 37

Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità  
 Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti



### **DIGA GIBBESI**

**PROGETTO PER L'AFFIDAMENTO DEI SERVIZI DI INGEGNERIA RELATIVI  
 ALLO STUDIO DI RIVALUTAZIONE SISMICA DELLE OPERE STRUTTURALI  
 DELL'IMPIANTO, ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLA MANUTENZIONE  
 STRAORDINARIA DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO CASA DI GUARDIA  
 – POZZO PARATOIE, ALLO STUDIO INTERPRETATIVO E ALLA PROGETTA-  
 ZIONE ESECUTIVA DEL RIEFFICIENTAMENTO DELLA STRUMENTAZIONE DI  
 MONITORAGGIO E CONTROLLO**

## **Servizio A Rivalutazione della sicurezza sismica delle opere accessorie**

### **Stabilità delle sponde**



## **VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE E STUDIO DI FATTIBI- LITA' TECNICO-ECONOMICA DEGLI INTERVENTI**

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 2 di 37</b>

## INDICE

1.	PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE	5
2.	NORMATIVA TECNICA	8
3.	DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO	9
4.	TERRENI IN SPONDA DESTRA – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	10
4.1.	Indagini geotecniche	10
4.2.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	11
4.2.1.	Classificazione dei terreni	11
4.2.2.	Risultati delle indagini in sito	13
4.2.3.	Risultati delle prove di laboratorio	18
4.2.1.	Rapporti opere - terreni	19
4.2.2.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	20
5.	SPONDA DESTRA – QUESTIONI GEOTECNICHE	23
6.	SPONDA DESTRA – VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	26
6.1.	Procedura di calcolo	26
6.2.	Codice di calcolo	28
6.3.	Piano dei calcoli e risultati delle verifiche	29
6.3.1.	Verifiche di stabilità nelle condizioni attuali	29
6.3.2.	Verifiche di stabilità dopo la riprofilatura	32
7.	STIMA DEI COSTI	35



	<p align="center"><i>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</i></p> <p align="center"><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p align="center"><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p align="center">REGIONE SICILIANA</p> 
<p align="center">III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p align="center"><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p align="center"><b>Pag. 3 di 37</b></p>

## INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1-1 Aree in sponda destra interessate da possibili dissesti (da Google Earth).	5
Fig. 1-2 Zone in sponda destra interessate da possibili dissesti – Vista dalla spalla destra della diga (aprile 2021).	6
Fig. 1-3 Area 3 in sponda destra nei pressi della trincea esplorativa TP10 – Movimenti della coltre superficiale e zone in contropendenza (giugno 2021)	6
Fig. 1-4 Area 2 in sponda destra nei pressi della trincea esplorativa TP19 – Movimenti della coltre superficiale e zone in contropendenza (giugno 2021)	7
Fig. 4-1 Ubicazione delle indagini eseguite in sponda destra nel 2021.	10
Fig. 4-2 Area 3 – Pozzetto TP11 (3 m). Argille AT. Superfici concoidi, lucide e striate	12
Fig. 4-3 Area 3 – Pozzetto TP12 (2,6 m). Argilla ATa. Elementi marnosa di forma prismatica allungata	12
Fig. 4-4 Area 3 – Trincea esplorativa TP9 (1,5-2,0 m). Argille AT e ATa	13
Fig. 4-5 Area 1 – Trincea esplorativa TP7	13
Fig. 4-6 Area 2 – Posizione dei saggi ed interno dello scavo TP19	14
Fig. 4-7 Area 2 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP18, TP19 e TP20	14
Fig. 4-8 Area 3 – Posizione dei saggi e postazione della trincea TP15	15
Fig. 4-9 Area 3 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP8, TP9 e TP10, TP15, TP16 e TP17	15
Fig. 4-10 Area 4 – Posizione delle indagini e postazione della trincea TP14	16
Fig. 4-11 Area 4 – Parte superiore dell'incisione e zona depressa sede di ristagno d'acqua	16
Fig. 4-12 Area 4 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP11, TP12, TP13 e TP14	17
Fig. 4-13 Area 4 – Elaborazione della tomografia sismica a rifrazione SIS-1	17
Fig. 4-14 Tracce delle sezioni stratigrafiche	19
Fig. 4-15 Rapporti opere – terreni lungo la sezione T2	19
Fig. 4-16 Rapporti opere – terreni lungo la sezione T3	20
Fig. 4-17 Area 3 – Back-analysis Superfici di rottura presa in esame	21
Fig. 5-1 – Intervento di risagomatura del pendio in corrispondenza dell'Area 3	24
Fig. 5-2 – Zone di intervento di risagomatura del pendio	24
Fig. 5-3 – Ubicazione e immagine della parte superiore dell'incisione	25
Fig. 6-1 Area 2 – Pendio nella configurazione attuale – Schema fisico di riferimento	29
Fig. 6-2 Area 3 – Pendio nella configurazione attuale – Schema fisico di riferimento	29
Fig. 6-3 Area 2 monte – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche	30





 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 4 di 37</b>

Fig. 6-4 Area 2 monte – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche	31
Fig. 6-5 Area 2 valle – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche	31
Fig. 6-6 Area 2 valle – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche	31
Fig. 6-7 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche	32
Fig. 6-8 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche	32
Fig. 6-9 Area 3 – Pendio dopo riprofilatura – Schema fisico di riferimento	33
Fig. 6-10 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale dopo riprofilatura – Condizioni statiche	33
Fig. 6-11 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale dopo riprofilatura – Condizioni sismiche	34

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 5 di 37</b></p>

## 1. PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE

Nell'ambito degli studi di rivalutazione sismica della diga Gibbesi, si riportano, nella presente relazione, i risultati delle verifiche di stabilità delle sponde del serbatoio basate su rilievi geologici, indagini geotecniche e calcoli geotecnici di verifica.

In generale, le sponde dell'invaso sono poco acclivi e si presentano in buone condizioni di stabilità.

Zone di potenziale dissesto al di sotto della quota di massimo invaso o nell'intorno di tale quota sono state individuate lungo la sponda destra a monte dello sbarramento. In queste aree, localizzate nell'immagine che segue, si osservano locali movimenti della coltre superficiale argillosa, zone in contropendenza e solchi dovuti allo scorrimento delle acque meteoriche.

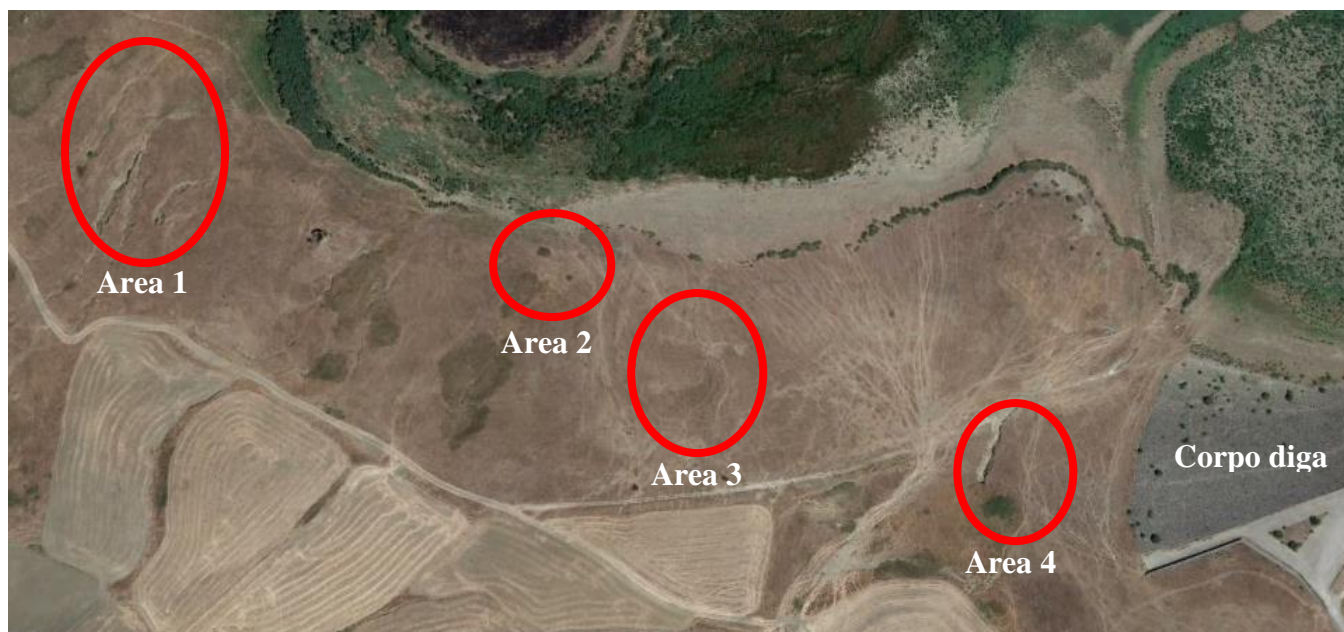


Fig. 1-1 Aree in sponda destra interessate da possibili dissesti (da Google Earth).

I terreni affioranti lungo tali aree sono costituiti principalmente da un potente complesso di sedimenti argilloso-marnosi del Tortoniano (Miocene) ricoperti da un sottile strato di terreno agrario o vegetale.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 6 di 37</b></p>



Fig. 1-2 Zone in sponda destra interessate da possibili dissesti – Vista dalla spalla destra della diga (aprile 2021).



Fig. 1-3 Area 3 in sponda destra nei pressi della trincea esplorativa TP10 – Movimenti della coltre superficiale e zone in contropendenza (giugno 2021)





<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 7 di 37</b></p>





Fig. 1-4 Area 2 in sponda destra nei pressi della trincea esplorativa TP19 – Movimenti della coltre superficiale e zone in contropendenza (giugno 2021)

L'area compresa tra la spalla sinistra della diga e l'imbocco dello scarico di fondo, dove lungo i versanti sono presenti fenomeni deformativi diffusi legati alla geomorfologia del territorio e all'assenza di adeguate opere di protezione e regimazione delle acque, sarà trattata nello studio inerente la viabilità di collegamento tra la casa di guardia e il pozzo paratoie.



Nel seguito, dopo avere illustrato i risultati delle indagini e la caratterizzazione geotecnica dei terreni, si riportano i risultati delle verifiche di stabilità e si individuano gli interventi di miglioramento delle condizioni di stabilità da porre in atto ove ritenuti necessari. Infine si allega una stima dei costi degli interventi di stabilizzazione delle sponde.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 8 di 37</b>

## 2. NORMATIVA TECNICA



- D.M. Min. LL.PP. 11.03.1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali, le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.”
- Circolare Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 “Legge 02.02.1974 n.64, art.1 – D.M. Min. LL.PP. 11.03.1988. Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.”
- Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance – 2003. Part 1: General rules (prEN1998-1:2003). Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects (prEN1998-5:2003).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modificazioni e integrazioni.
- Linee guida Associazione Geotecnica Italiana – 2005. Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica.
- Eurocode 7 - Geotechnical Design – 2005. Part 1: General Rules (UNI EN 1997-1:2005).
- Decreto 26 giugno 2014 “Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)”. (GU Serie Generale n.156 del 08-07-2014).
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (G.U. Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8).
- Circolare applicativa n° 7 del 21/1/2019, C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- Circolare della D.G. Dighe 18 marzo 2019, n. 6660. Rivalutazione sismica delle grandi dighe – Procedura.
- Circolare della D.G. Dighe 3 luglio 2019, n. 16790. Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie - Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica (Rev. 1).

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 9 di 37</b>

### 3. DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

Per lo sviluppo degli studi si è fatto riferimento alla documentazione tecnica riportata nel seguito relativa agli effettuati da parte del RTI.

- ❖ Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti. Diga Gibbesi. progetto per l'affidamento dei servizi di ingegneria relativi allo studio di rivalutazione sismica delle opere strutturali dell'impianto, alla progettazione esecutiva della manutenzione straordinaria della strada di collegamento casa di guardia – pozzo paratoie, allo studio interpretativo e alla progettazione esecutiva del riefficientamento della strumentazione di monitoraggio e controllo.
- 1) A- Rivalutazione della sicurezza sismica dello sbarramento in materiale sciolto e delle opere. II122F-A-GEO-RT-102-00. Relazione geologica. Luglio 2021.
- 2) A- Rivalutazione della sicurezza sismica dello sbarramento in materiale sciolto e delle opere. II122F-A-GET-RT-102-00. Relazione geotecnica. Luglio 2021.
- 3) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-001-00. GEO R.A.S. srl. Relazione sulle attività in sito. Maggio 2021.
- 4) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-002-00. GEO R.A.S. srl. Planimetria con ubicazione delle indagini geotecniche. Maggio 2021.
- 5) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-003-00. GEO R.A.S. srl. Sondaggi geognostici. Maggio 2021.
- 6) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-004-00. GEO R.A.S. srl. prove di caratterizzazione sismica. Maggio 2021.
- 7) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-005-01. METROTEST srl. Trincee esplorative. Giugno 2021.
- 8) F- Indagini e prove di laboratorio e in situ. Indagini geotecniche in sito. II122F-F-GEO-RT-011-00. METROTEST srl. Relazione sulle attività di laboratorio geotecnico. Maggio 2021.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 10 di 37

## 4. TERRENI IN SPONDA DESTRA – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 4.1. Indagini geotecniche

I terreni della sponda destra sono stati indagati nel corso della presente fase di studio con una serie di trincee esplorative (TP7 ÷ TP20 – v. elaborato [7]) aperte in aree dove si osservano possibili movimenti della coltre superficiale.

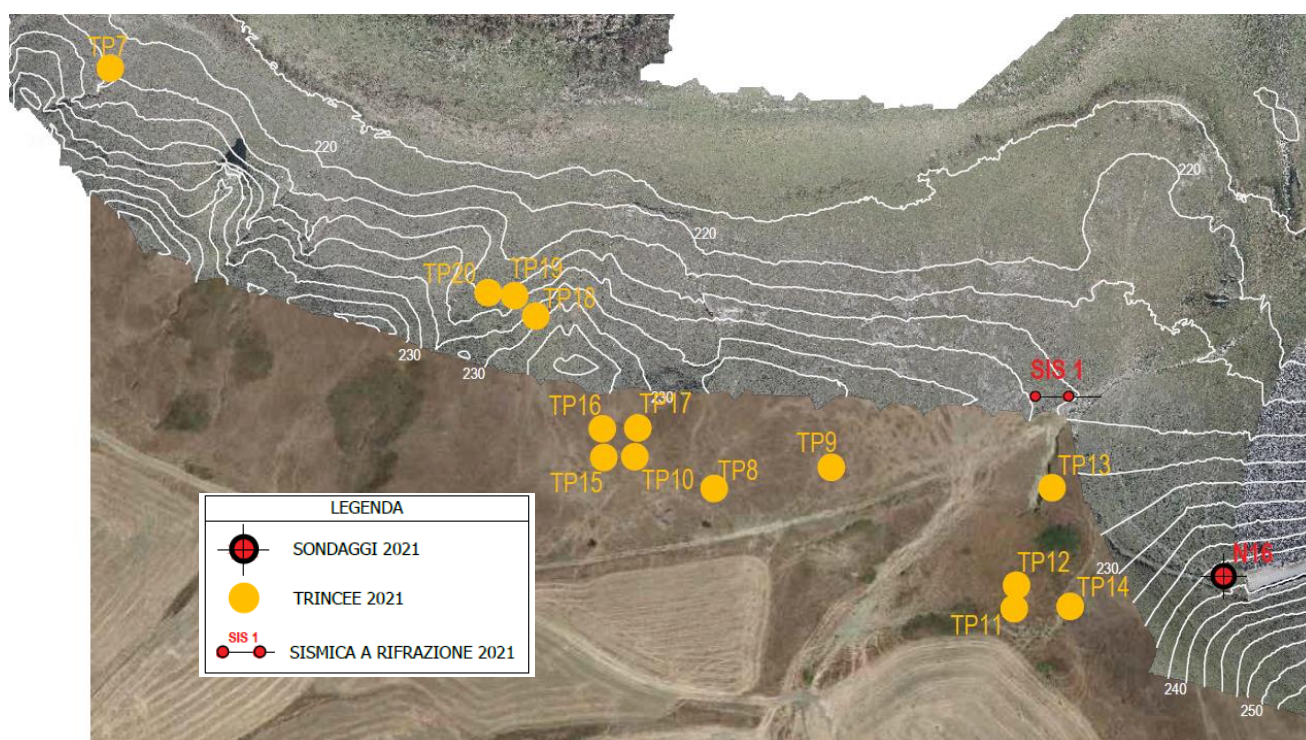




Fig. 4-1 Ubicazione delle indagini eseguite in sponda destra nel 2021.

La trincea TP7 ricade nell'Area 1, mentre le trincee TP18, TP19 e TP20 sono state aperte all'interno dell'Area 2. L'Area 3 è stata interessata dagli scavi TP8, TP9, TP10, TP15, TP16, TP17. Nell'Area 4 prossima alla spalla destra del corpo diga sono state eseguite le trincee TP11, TP12, TP13 e TP14. Si è anche fatto riferimento allo stendimento sismico a rifrazione SIS-1 effettuato nei pressi.

Nel presente studio si è anche fatto riferimento ai risultati dell'intera campagna di indagini geognostiche e geofisiche ed alle prove geotecniche di laboratorio eseguite per la rivalutazione della sicurezza sismica dell'invaso e delle opere accessorie (v. [3], [4], [5], [6] [8]).



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 11 di 37</b>

## 4.2. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

### 4.2.1. Classificazione dei terreni

Lo scavo delle trincee esplorative ha permesso di accertare la presenza di terreni argillo-si appartenenti alla formazione del Tortoniano, che si rinvencono a partire dal piano di campagna.

In particolare, si identificano argille marnose di base di colore variabile dal grigio al grigio azzurro (AT), superiormente alterate (ATa), mentre nella parte superficiale si presentano rimaneggiate (ATr). Localmente sono presenti terreni detritici indicati con la sigla DT. I termini sopradetti sono descritti nella tabella che segue.

**AT** Argilla marnosa di colore variabile dal grigio all'azzurro, da consistente a molto consistente, con un contenuto naturale d'acqua generalmente minore del limite di plasticità. Struttura a scaglie da minute a grosse, da debolmente a ben serrate, a spigoli vivi. Le scaglie possono essere di consistenza marnosa, di forma appiattita, del  $d_{max} \cong 5$  cm. Talora struttura a blocchetti oppure brecciata. Si osservano superfici concoidi, lucide e striate. Si rinvencono noduli marnosi duri di forma generalmente tondeggianti e qualche nodulo di sabbia fina di colore grigio chiaro.

Superiormente l'argilla è alterata (**ATa**), di colore variabile dal marrone giallastro al grigiastro, con patine ocracee, brune e rossastre e noduli marnosi duri di colore giallo ocra o grigio, di forma tondeggianti. Il contenuto naturale d'acqua è prossimo o minore del limite di plasticità. Sono presenti concrezioni calcitiche biancastre. La struttura è a scaglie di forma appiattita, mediamente serrate, a spigoli vivi. A tratti sono presenti superfici concoidi, lucide e striate molto persistenti. Il terreno si preleva talora in elementi di forma prismatica allungata, di consistenza marnosa, delimitati da superfici piane del  $d_{max}$  anche maggiore di 20 cm.

Nella parte più superficiale l'argilla si presenta rimaneggiata (**ATr**), di colore variabile dal grigio al giallastro al marrone, da consistente a poco consistente, con minuti elementi lapidei. Il contenuto naturale d'acqua è in genere prossimo o maggiore del limite di plasticità. Si rinvencono noduli marnosi duri di forma tondeggianti variamente sparsi nella massa e blocchi e trovanti di varia natura a spigoli da vivi ad arrotondati.

**DT** Argilla rimaneggiata di colore marrone, da consistente a poco consistente,  $W_N \geq W_P$ . Il contenuto naturale d'acqua è in genere prossimo o maggiore del limite di plasticità.

Tabella 4-1 Classificazione geotecnica dei terreni presenti in sponda destra



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 12 di 37</b></p>



Fig. 4-2 Area 3 – Pozzetto TP11 (3 m). Argille AT. Superfici concoidi, lucide e striate



Fig. 4-3 Area 3 – Pozzetto TP12 (2,6 m). Argilla ATa. Elementi marnosa di forma prismatica allungata





<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 13 di 37</b></p>



Fig. 4-4 Area 3 – Trincea esplorativa TP9 (1,5-2,0 m). Argille AT e ATa



#### 4.2.2. Risultati delle indagini in sito

In corrispondenza dell'Area 1 è stata accertata la presenza di argilla rimaneggiata ATr fino alla massima profondità esplorata (2,6 m), con noduli marnosi duri di forma tondeggiante variamente sparsi nella massa.



Fig. 4-5 Area 1 – Trincea esplorativa TP7



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 14 di 37</b></p>

Le trincee aperte nell'Area 2 hanno evidenziato la presenza dell'argilla di base AT fin quasi dal piano di campagna, alterata nella parte superiore (ATr). Solo il pozzetto TP20 eseguito in un'area depressa ha mostrato terreni detritici (DT) a copertura dell'argilla AT. Non è stata rinvenuta falda.

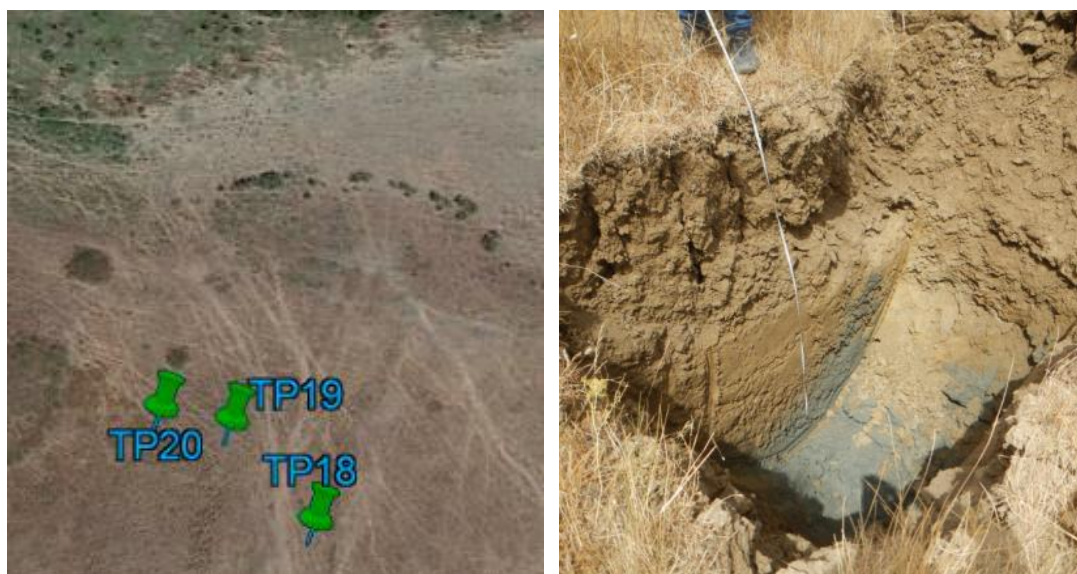


Fig. 4-6 Area 2 – Posizione dei saggi ed interno dello scavo TP19

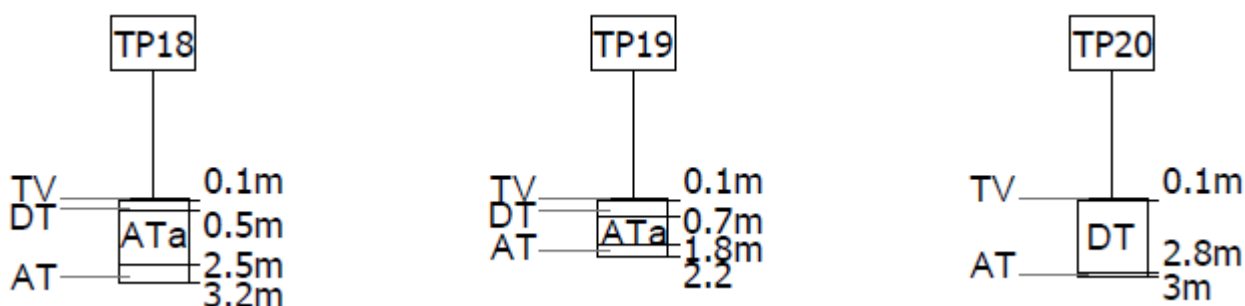


Fig. 4-7 Area 2 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP18, TP19 e TP20

I pozzetti TP10, TP15, TP16 e TP17 sono stati eseguiti all'interno dell'Area 3 in una zona dove si notano modesti dissesti evidenziati da brusche variazioni di quota e contropendenze.

I terreni di base ATa/AT si rinvenivano a partire da profondità di circa 2 m (trincee TP10 e TP15), fino ad un massimo di circa 3 m, come accertato con gli scavi TP16 e TP17 e sono ricoperti dalla frazione rimaneggiata ATr e dai terreni detritici DT.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 15 di 37



Fig. 4-8 Area 3 – Posizione dei saggi e postazione della trincea TP15

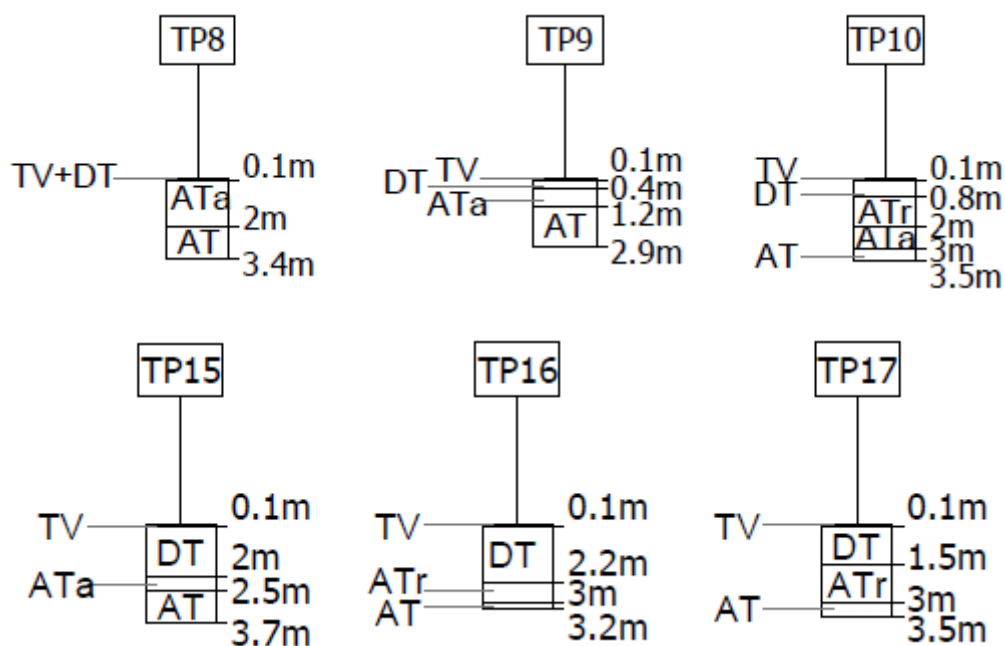




Fig. 4-9 Area 3 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP8, TP9 e TP10, TP15, TP16 e TP17

I due saggi rimanenti (TP8, TP9), eseguiti nella parte più elevata dell'area, hanno mostrato i terreni di base ATa/AT fin quasi dal piano di campagna.

Nel corso degli scavi non è stata rinvenuta presenza di falda.



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 16 di 37</b></p>

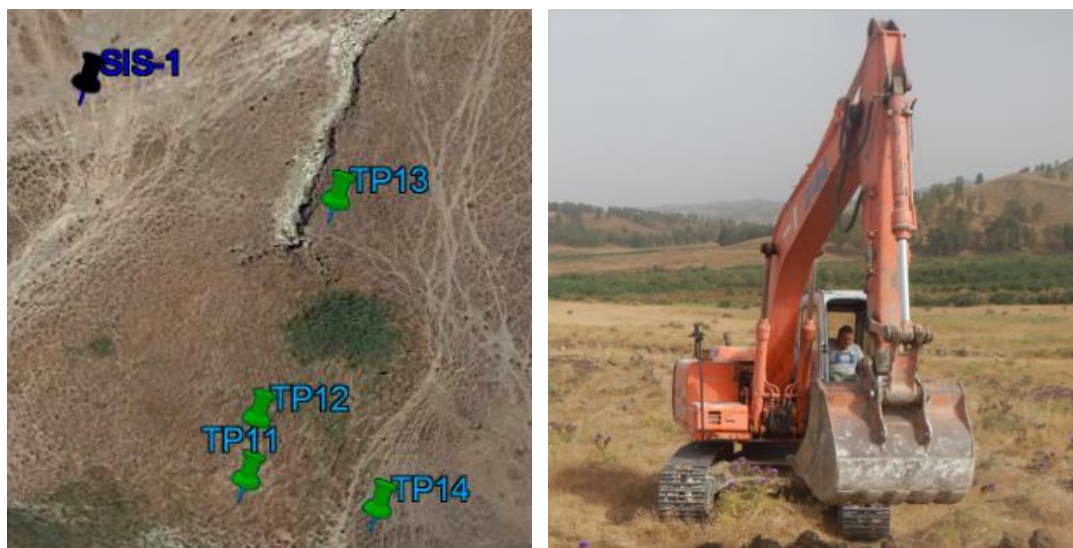


Fig. 4-10 Area 4 – Posizione delle indagini e postazione della trincea TP14



L'Area 4, in prossimità del corpo diga, è caratterizzata da pendenze piuttosto regolari, Fa eccezione la presenza, nella parte settentrionale, di una incisione causata dallo scorrimento delle acque superficiali e di una zona leggermente depressa che è sede di ristagno d'acqua a seguito di piogge intense.



Fig. 4-11 Area 4 – Parte superiore dell'incisione e zona depressa sede di ristagno d'acqua

Con i pozzetti TP11 e TP12 si è osservata la presenza dei terreni ATa/AT fin quasi dal piano di campagna, mentre all'interno dello scavo TP14 le argille di base si rinvennero a partire da una profondità di circa 1,6 m. I suddetti termini sono sempre ricoperte da terreni argillosi detritici (DT).



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN</b> <b>MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 17 di 37

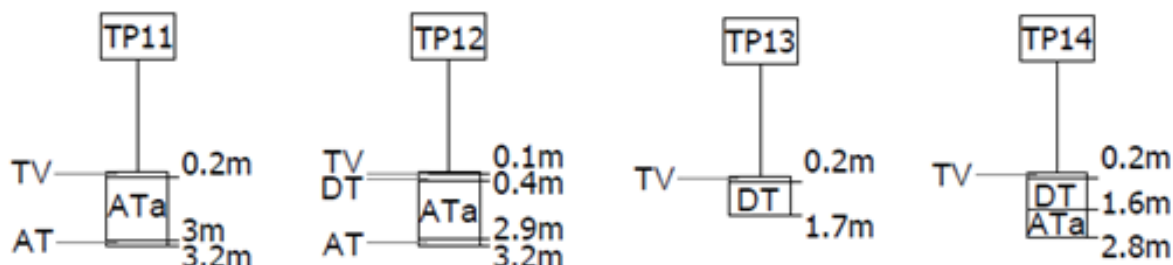


Fig. 4-12 Area 4 – Colonnine stratigrafiche delle trincee TP11, TP12, TP13 e TP14

Lo stendimento sismico a rifrazione SIS-1 eseguito poco a valle conferma la presenza di modesti spessori di coltre superficiale rimaneggiata (intorno a 0,5 m circa).

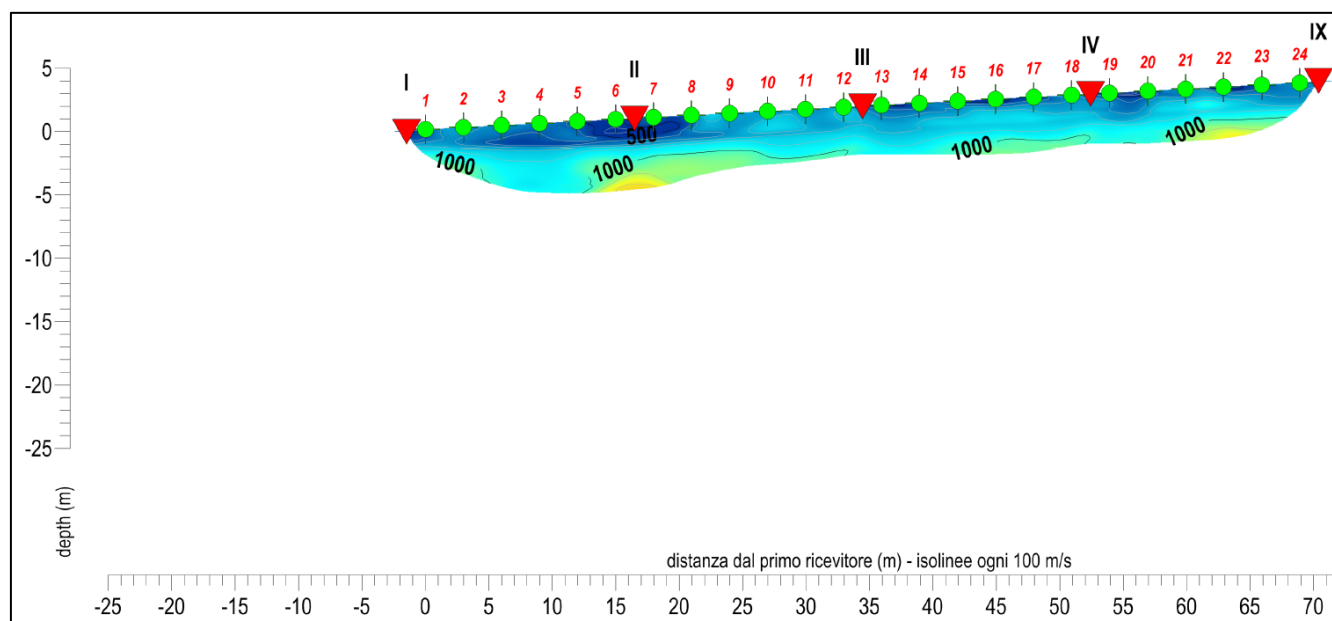




Fig. 4-13 Area 4 – Elaborazione della tomografia sismica a rifrazione SIS-1

Il pozzetto TP13 eseguito più a valle in prossimità dell'incisione sopra detta ed interrotto ad una profondità di 1,7 m, ha evidenziato una coltre detritica con numerosi trovanti di natura calcarea o marnosa a spigoli da vivi a parzialmente arrotondati.

Nel corso delle indagini non è stata rilevata la presenza di falda.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 18 di 37

#### 4.2.3. Risultati delle prove di laboratorio

Per l'argilla di base AT sono disponibili i risultati di numerose serie di prove di laboratorio eseguite su campioni prelevati nel corso dei sondaggi geognostici e delle trincee esplorative su cui si riferisce ampiamente nell'elaborato [2].

Dal punto di vista granulometrico i termini AT sono classificabili come argilla con limo. L'argilla è di alta plasticità e di attività normale. Il peso  $\gamma$  vale circa 20 kN/m<sup>3</sup>.

I risultati di prove di taglio diretto consolidate drenate eseguite su campioni prelevati nei terreni di fondazione del corpo diga e della vasca di dissipazione forniscono i campi di variazione dei parametri di resistenza a taglio (coesione effettiva  $c'$ ; angolo d'attrito effettivo  $\phi'$ ) indicati nella tabella successiva.

AT		$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
	min	15	20
	media	30	24
	max	46	29



Tabella 4-2 Argilla AT – Intervalli di variazione dei parametri di resistenza a taglio

Per quanto riguarda la deformabilità e la permeabilità dei terreni AT, si fa riferimento ai risultati di prove di compressione edometrica eseguite su campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni eseguite nei terreni di fondazione del corpo diga.

Gli intervalli di variazione dell'indice dei vuoti  $e$ , del modulo di compressione edometrica  $E_{ed}$ , del coefficiente di consolidazione  $c_v$  e del coefficiente di permeabilità  $k$  sono riportati nel seguito.

AT	$e$	$E_{ed}$ [MPa]	$c_v$ [cm <sup>2</sup> /sec]	$k$ [cm/sec]
min	0,32	4	6,6E-05	1,6E-10
media	0,52	31	3,1E-04	1,1E-09
max	0,77	79	3,1E-04	1,1E-09

Tabella 4-3 Argilla AT – Intervalli di variazione dei parametri di deformabilità e permeabilità

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 19 di 37

#### 4.2.1. Rapporti opere - terreni

Con riferimento ai risultati delle indagini eseguite lungo la sponda destra, nelle figure che seguono sono illustrati i rapporti tra i terreni presenti lungo due sezioni monte – val- le ricostruite all'interno delle aree 2 e 3 indicate, rispettivamente, con le sigle T2 e T3.

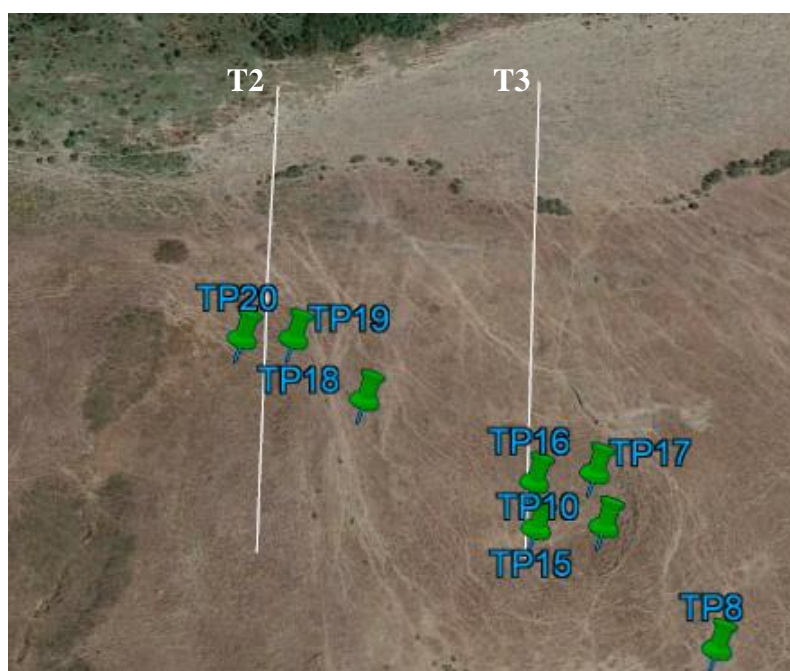


Fig. 4-14 Tracce delle sezioni stratigrafiche

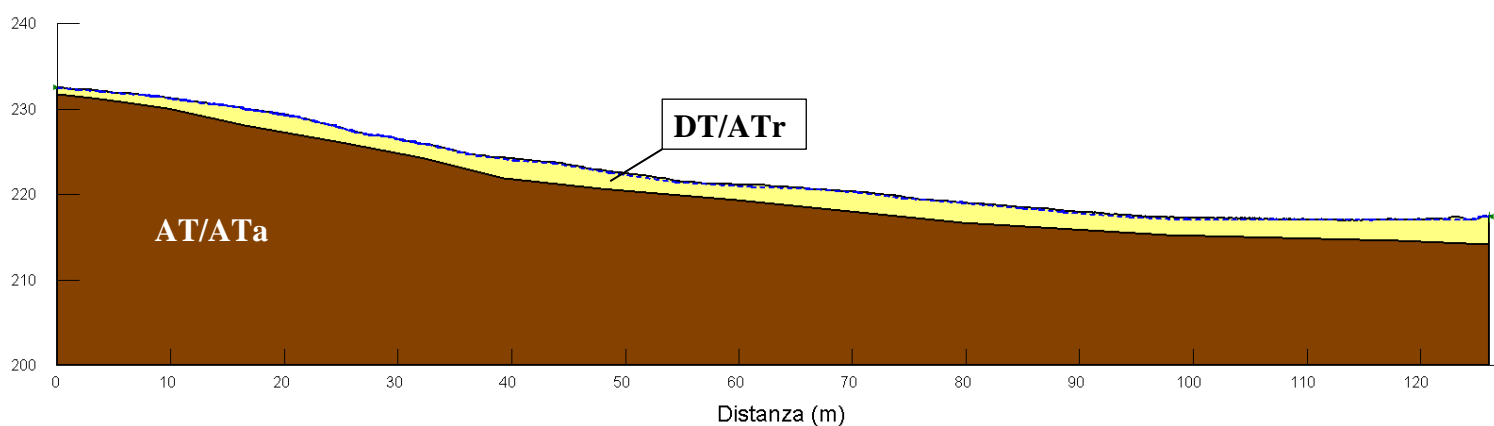




Fig. 4-15 Rapporti opere – terreni lungo la sezione T2



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 20 di 37

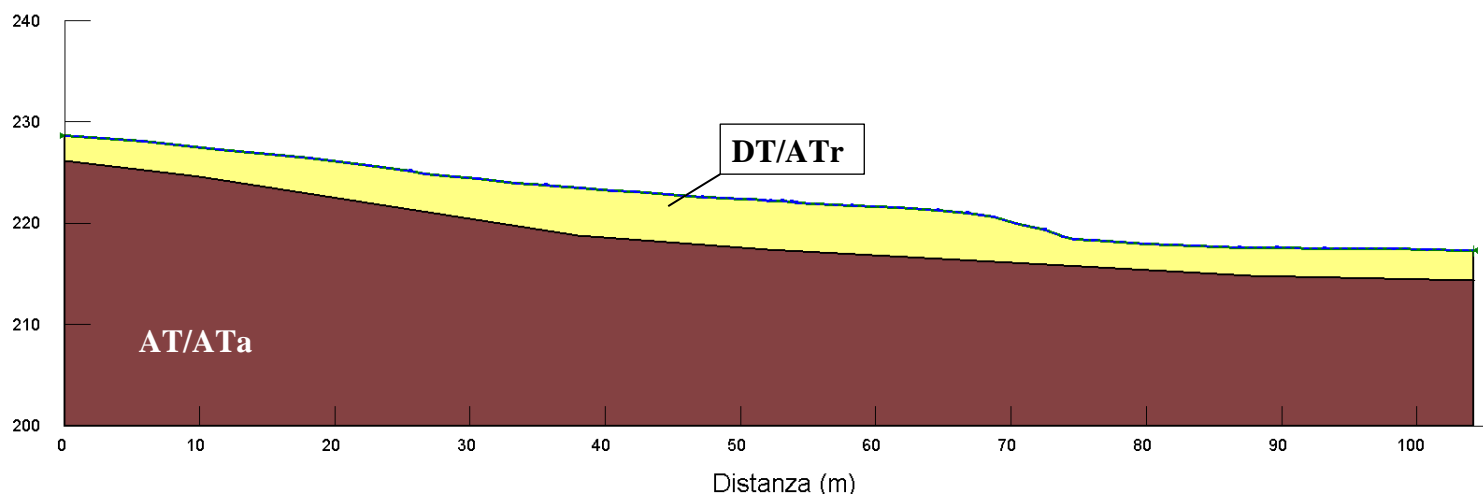


Fig. 4-16 Rapporti opere – terreni lungo la sezione T3

In entrambi i casi, la coltre superficiale costituita dai terreni argillosi detritici e dalla porzione rimaneggiata delle argille del Tortoniano ricopre le argille di base ATa e AT per spessori massimi di circa 2 m.

#### 4.2.2. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Sulla base dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui terreni della formazione delle argille tortoniane AT, si possono assumere i seguenti intervalli di variazione dei principali parametri fisico-meccanici:

##### Terreni AT



- peso dell'unità di volume  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione effettiva  $c' = 15 - 25 \text{ kPa}$ ;
- angolo d'attrito effettivo  $\phi' = 22^\circ - 26^\circ$ .
- modulo di Young  $E = 10\text{-}30 \text{ MPa}$

Per la caratterizzazione geotecnica della parte alterata ATa della formazione si fa riferimento ai dati relativi alla formazione in posto in considerazione dei modesti spessori misurati.

Dall'elaborazione dei risultati delle prove Down-Hole e degli stendimenti sismici risulta una suolo di "Categoria B".

##### Terreni ATr/DT

In assenza di risultati di prove di laboratorio, i parametri di resistenza dei terreni superficiali rimaneggiati ATr e DT da utilizzare nei calcoli di stabilità sono stati stimati me-

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 21 di 37</b></p>

diante un processo di back-analysis delle condizioni di stabilità del pendio nella configurazione attuale.

In particolare, si sono ipotizzate una serie di superfici di scorrimento all'interno dei terreni ATr/DT lungo la sezione monte-valle T3 ricostruita all'interno dell'Area 3. Gli spessori della coltre sono stati dedotti dalle stratigrafie dei pozzetti eseguiti nell'area.

I valori dei parametri di resistenza sono stati determinati nell'ipotesi di condizione di equilibrio limite (coefficiente di sicurezza  $F \cong 1$ ), imponendo assenza di falda e un valore di coesione pari a zero, ipotesi plausibile considerato il rimaneggiamento dei terreni superficiali. Il calcolo è stato svolto utilizzando il software *SLOPE/W* della *Geo-Slope International Ltd* e facendo ricorso al metodo di Morgenstern-Price. Il procedimento di calcolo è descritto più avanti.

Le tracce delle superfici di scorrimento prese in esame sono riportano nella figura che segue. Si evidenzia, inoltre, quella per la quale si è prossimi all'equilibrio limite.

In queste condizioni si è ottenuto un valore dell'angolo d'attrito  $\phi = 15^\circ$ .

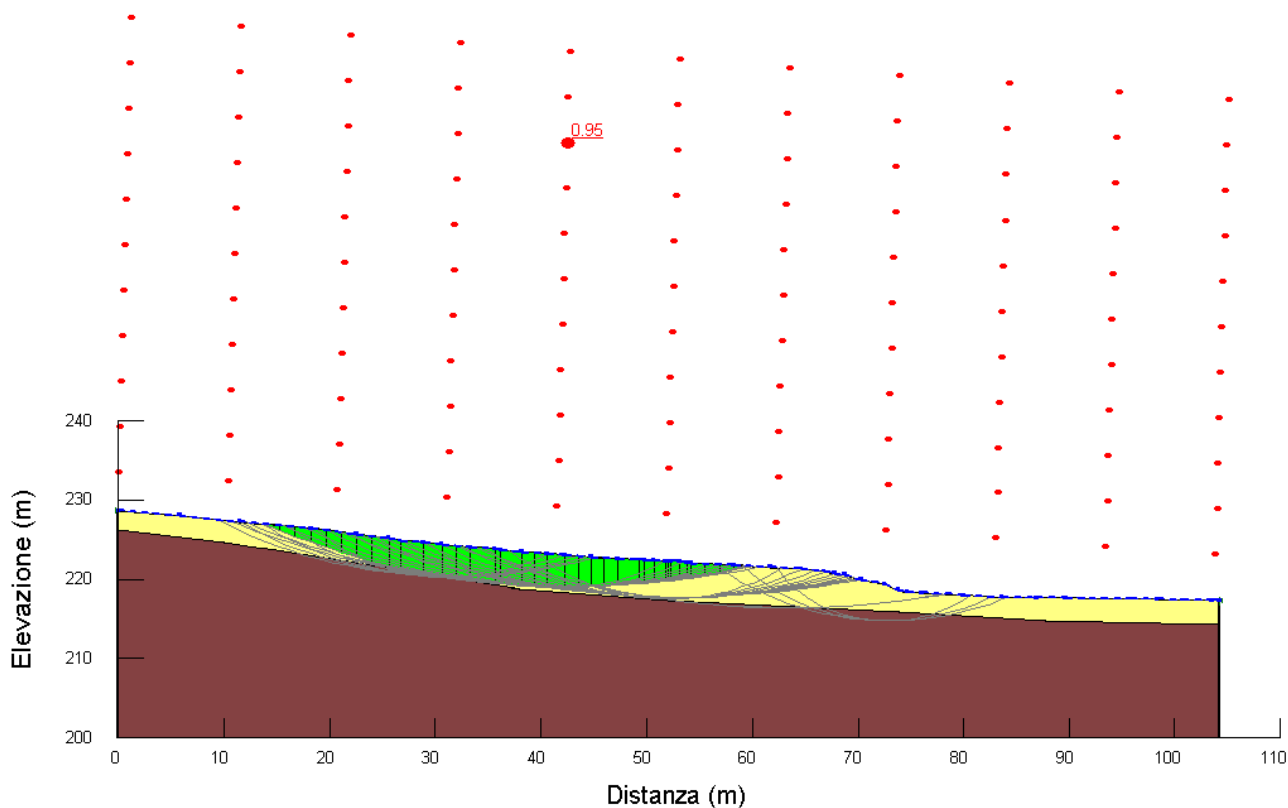






Fig. 4-17 Area 3 – Back-analysis Superfici di rottura presa in esame

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 22 di 37</b></p>

Ai materiali dello zoccolo di pietrame previsto al piede dell'intervento di risagomatura vengono attribuiti un valore di coesione pari a zero e valori del peso  $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$  e dell'angolo d'attrito effettivo  $\varphi' = 40^\circ$ .



	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 23 di 37</b></p>

## 5. SPONDA DESTRA – QUESTIONI GEOTECNICHE

I numerosi sopralluoghi effettuati e i risultati delle indagini geologiche e geotecniche hanno evidenziato situazioni di potenziale instabilità in alcune aree della sponda destra a monte dello sbarramento, all'interno della quota di massimo invaso.

L'Area 1 è interessata da incisioni delle aste torrentizie, tuttavia la bassa acclività dei versanti non determina al momento l'instaurarsi di movimenti di massa. A lungo termine si può ipotizzare un intervento di risagomatura del pendio analogo a quello descritto più avanti per l'Area 3.

Nell'Area 2, pur essendo presenti zone in contropendenza indicative di movimenti della coltre, i risultati delle verifiche di stabilità riportati al capitolo successivo mostrano fattori di sicurezza entro i limiti di norma. Anche in questo caso si può ipotizzare a lungo termine un intervento di risagomatura del pendio.

L'area depressa dove è stato rinvenuto materiale detritico è prossima all'alveo e quindi poco influente ai fini della stabilità globale dell'area.

La parte sommitale dell'Area 3, poco acclive, è stabile, anche per la presenza di affioramenti arenacei in prossimità.

Più a valle l'area è caratterizzata da dissesti che interessano i primi 2 m circa della coltre, evidenziati da depressioni, brusche variazioni di quota, zone in contropendenza e tagli fino a 1 m in direzione monte-valle che mettono a nudo i terreni argillosi (probabilmente si tratta dei fianchi di scivolamenti superficiali avvenuti in passato).



Non si osservano al momento fenomeni in atto, tuttavia i risultati delle verifiche di stabilità mostrano superfici di scorrimento caratterizzate da un coefficiente di sicurezza inferiore all'unità, sia in condizioni statiche con falda sul piano campagna (ipotesi di serbatoio al massimo invaso), sia in condizioni sismiche con falda al tetto della formazione argillosa di base AT/ATa. Pertanto è possibile che in futuro si possano innescare fenomeni di rottura a seguito di variazioni del livello dell'invaso o di azioni sismiche.

Si ritiene pertanto necessario eseguire un intervento di stabilizzazione di una fascia di terreno all'interno dell'Area 3.

Si sono considerate differenti soluzioni progettuali. Sulla base dei risultati di analisi e calcoli di verifica e tramite considerazioni di fattibilità, la scelta è ricaduta sulla riprofilatura del pendio e la realizzazione di uno zoccolo di pietrame nella parte bassa.

Al fine di limitare l'entità degli scavi e ottenere una configurazione stabile, il versante sarà riprofilato con pendenza 3/1 (orizzontale / verticale), con tagli profondi 0,5 m e inserendo una banchina larga 2 m subito dopo ogni taglio.

Alla base dell'intervento sarà realizzato uno zoccolo di pietrame con elementi lapidei di dimensioni massime pari a 20 cm in modo da potere essere adeguatamente costipati, avrà la funzione di stabilizzazione del piede del versante. Il pietrame sarà racchiuso all'interno di un geotessile non tessuto con funzione di filtro.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 24 di 37

L'intervento, illustrato nella figure che seguono, sarà esteso all'intero fronte interessato dal movimento, fino a raccordarsi con zone stabili ai bordi, interessando una porzione dell'Area 3 pari a circa 10.000 m<sup>2</sup>.

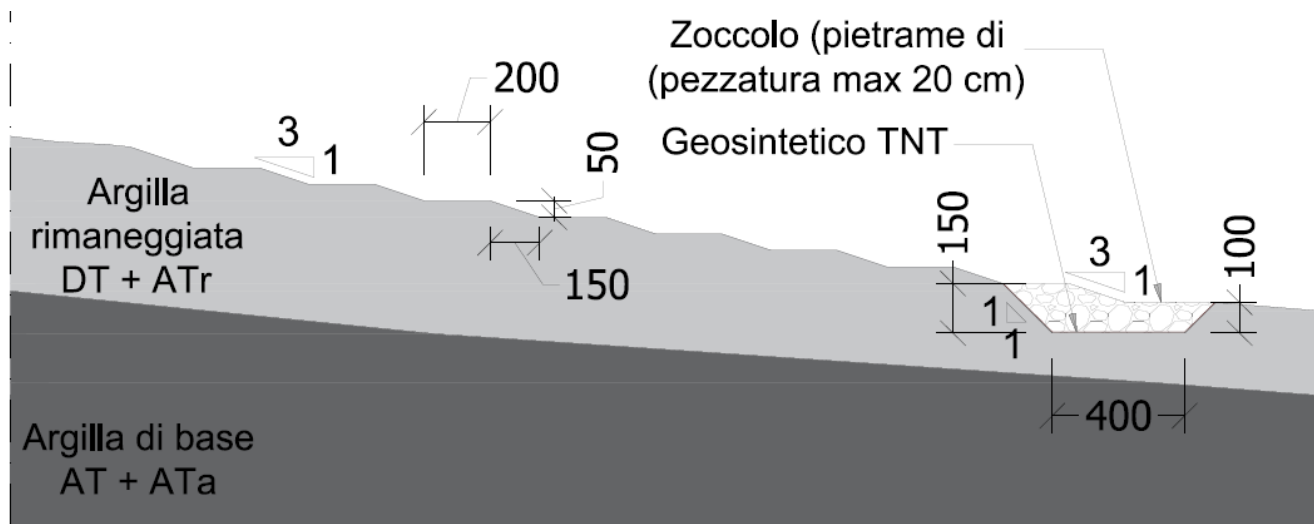




Fig. 5-1 – Intervento di risagomatura del pendio in corrispondenza dell'Area 3



Fig. 5-2 – Zone di intervento di risagomatura del pendio

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 25 di 37



Nell'Area 4 le problematiche sono legate alla presenza di una incisione larga mediamente 4 m, causata dallo scorrimento delle acque meteoriche in corrispondenza di un fosso probabilmente preesistente, che si è approfondito a causa del continuo scalzamento da parte delle acque meteoriche e trasporto a valle dei terreni argillosi. Lungo le pareti si osservano i terreni argillosi di base AT del Tortonianiano ricoperti da un sottile strato di terreni detritici a grana fina misti a ghiaia e blocchi.



Fig. 5-3 – Ubicazione e immagine della parte superiore dell'incisione

Per la sistemazione dell'incisione, il cui ulteriore allargamento e approfondimento potrebbe provocare a lungo termine fenomeni di instabilità del versante prossimo alla spalla destra della diga, si prevede la regolarizzazione delle sponde e la posa in opera di una o più file di gabbioni lungo ciascun lato.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	 REGIONE SICILIANA
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 26 di 37</b>

## 6. SPONDA DESTRA – VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Sono state svolte verifiche di stabilità globale del pendio lungo le due sezioni T2 e T3 ricostruite all'interno delle aree 2 e 3, che sulla base dei risultati dei rilievi sono risultate critiche dal punto di vista della stabilità.

Le verifiche sono state eseguite nelle condizioni attuali con sisma e senza sisma e sono state ripetute nella configurazione che assume il pendio lungo la sezione T3 dell'Area 3 a seguito dell'intervento di riprofilatura necessario per garantire adeguate condizioni di stabilità.

### 6.1. Procedura di calcolo

Le verifiche sono state eseguite secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I del D.M. 17.01.2018.



CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6-1 Coefficienti parziali per le azioni (Tabella 6.2.I - D.M. 17/01/2018)

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0

Tabella 6-2 Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tabella 6.2.II - D.M. 17/01/2018)

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 27 di 37

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1.1

Tabella 6-3 Coefficiente parziale di resistenza  $\gamma_{R2}$  (Tabella 6.8.I - D.M. 17/01/2018)

I terreni sono stati caratterizzati con i seguenti parametri fisico-meccanici. Sono anche indicati i valori del “pietrame” previsto nell’intervento di stabilizzazione del pendio.

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]
DT + ATr	19	0,0	15
AT + ATa	20	15	22
Pietrame	20	0,0	40

Tabella 6-4 Parametri geotecnici di calcolo

Applicando i coefficienti parziali si ricavano i seguenti valori di calcolo.

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	$\phi'$ [°]
DT + ATr	19	0,0	12,1
AT + ATa	20	12,0	17,9
Pietrame	20	0,0	33,9

Tabella 6-5 Parametri geotecnici di calcolo



L’effetto sismico è stato simulato con il metodo pseudo-statico, in cui gli effetti di un evento sismico in un pendio sono rappresentati da un’azione statica equivalente.

L’analisi consiste nel valutare il coefficiente di sicurezza introducendo le componenti orizzontale e verticale del coefficiente sismico equivalente. La componente orizzontale è generalmente scelta come aliquota della componente orizzontale della massima accelerazione sismica attesa in sito, mentre la componente verticale è assunta pari a una frazione di quella orizzontale.

In accordo al D.M. 17.01.2018, le forze di inerzia dovute all’azione sismica sono state calcolate con le seguenti espressioni:

$$F_h = k_h \times W$$

$$F_v = k_v \times W$$

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 28 di 37

dove:

- $F_h$  ed  $F_v$  sono, rispettivamente, la risultante verticale ed orizzontale delle forze di inerzia applicate al baricentro della massa potenzialmente instabile;
- $W$  è il peso della massa stessa;
- $k_h$  e  $k_v$  sono i coefficienti sismici orizzontale e verticale.

$$k_h = \beta_s \times (a_{\max}/g)$$

$$k_v = \pm 0,5 \times k_h$$

con  $a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito,  $g$  accelerazione di gravità e  $\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (v. tabella sotto).

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

**Coeff. di riduzione  $\beta_s$  per verifiche di Stabilità Globale**

I terreni ricadono tutti nella Categoria di suolo B, considerando per la tipologia di opera in oggetto una classe d'uso IV - *Opere Strategiche*, una *Vita nominale*  $V_N$  pari a 100 *anni* e con riferimento allo Stato Limite di Collasso (S.L.C.), risulta:

$$k_h = 0,07$$



$$k_v = 0,035.$$

## 6.2. Codice di calcolo

Le verifiche di stabilità sono state sviluppate utilizzando il codice di calcolo *SLOPE/W* della *Geo-Slope International Ltd* e facendo ricorso al metodo di Morgenstern-Price. Il programma svolge l'analisi all'equilibrio limite esaminando, per varie superfici di scorrimento, il relativo coefficiente di sicurezza e individuando quella critica, cioè quella con il fattore di sicurezza minore.

All'interno del programma sono implementati diversi metodi per definire le superfici di scivolamento. Nelle presenti verifiche, le analisi sono state eseguite attraverso le modalità "Grid and radius" e "Entry and exit". Nel primo caso si inserisce una griglia di centri ed un fascio di rette tangenti relativi alle probabili superfici di scorrimento. Nel se-



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 29 di 37</b>

condo utilizzato solo nel calcolo relativo alla sezione T2 (Area 2) possono essere fissate dall'operatore le zone di attivazione in testa ed al piede delle potenziali superfici di scorrimento.

### 6.3. Piano dei calcoli e risultati delle verifiche

I calcoli hanno riguardato l'analisi di stabilità del pendio nelle condizioni attuali e a seguito dell'intervento di riprofilatura, in assenza e presenza di sisma.

Nel seguito si descrivono gli schemi fisici di riferimento adottati nei calcoli e si riportano i risultati delle verifiche.

#### 6.3.1. Verifiche di stabilità nelle condizioni attuali

Gli schemi fisici di riferimento sono riportati nelle figure che seguono.

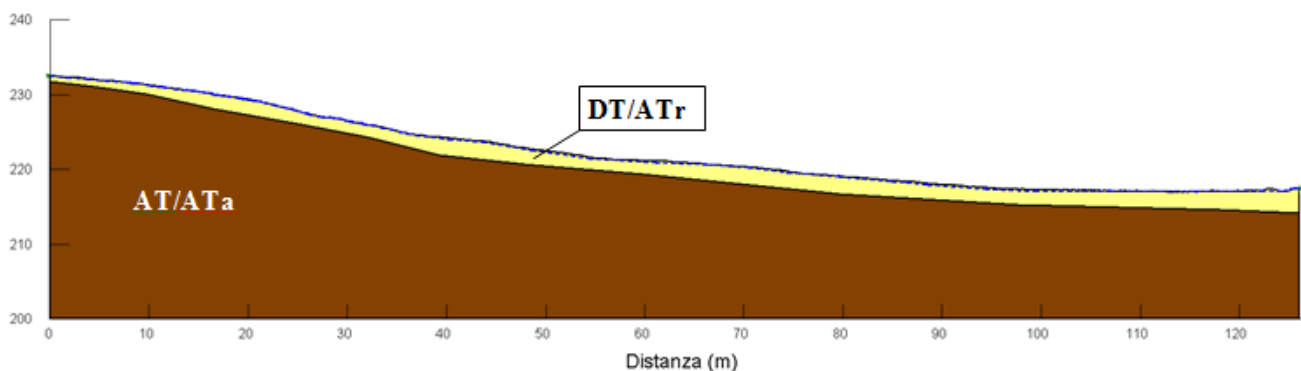


Fig. 6-1 Area 2 – Pendio nella configurazione attuale – Schema fisico di riferimento

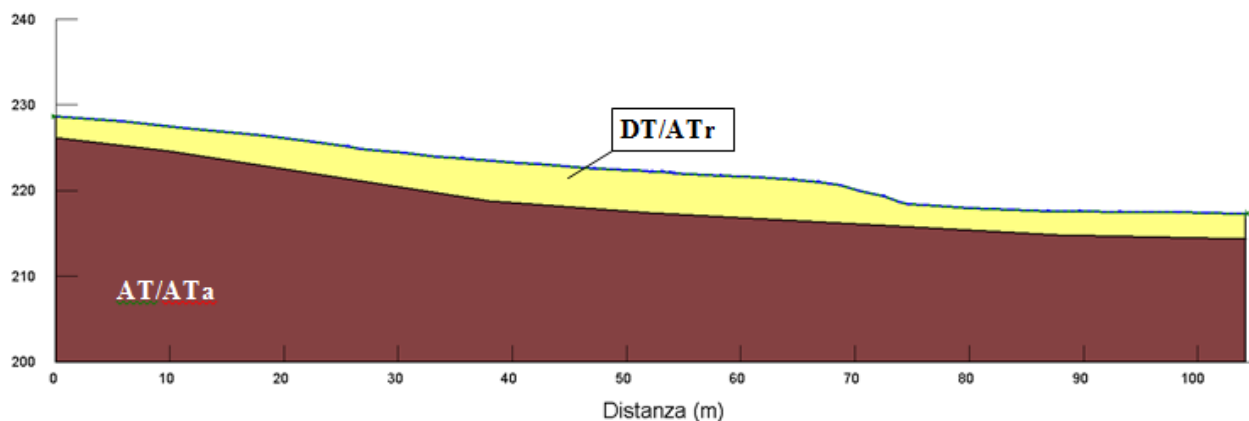




Fig. 6-2 Area 3 – Pendio nella configurazione attuale – Schema fisico di riferimento

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p>Pag. 30 di 37</p>

In condizioni statiche la superficie della falda è stata posta sul piano di campagna (serbatoio pieno – terreni saturi). In condizioni sismiche il pelo libero della falda è posizionato lungo la superficie di contatto tra i terreni superficiali rimaneggiati DT + ATr e i terreni di base AT/ATa.

Per l'Area 2 sono state prese in considerazione superfici di scorrimento lungo la un'ampia zona di monte e lungo una altrettanto estesa zona di valle in considerazione delle differenze morfologiche presenti tra i due settori.

I risultati delle verifiche mostrano che nell'ampio spettro di superfici e di centri esaminati sono sempre soddisfatte le condizioni di sicurezza Infatti, si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo  $FS = 1,10$  nella zona di valle in condizioni statiche con la superficie di scorrimento che interessa unicamente i terreni superficiali DT+ATr. In condizioni sismiche si è ottenuto  $FS = 1,20$ .

Nella zona di monte si ottengono valori di FS più elevati, rispettivamente pari a 1,28 senza sisma e 1,20 con sisma.

Nelle figure che seguono si riportano i cerchi presi in esame e si evidenzia il cerchio critico in corrispondenza del quale si è ottenuto il valore minimo del coefficiente di sicurezza.

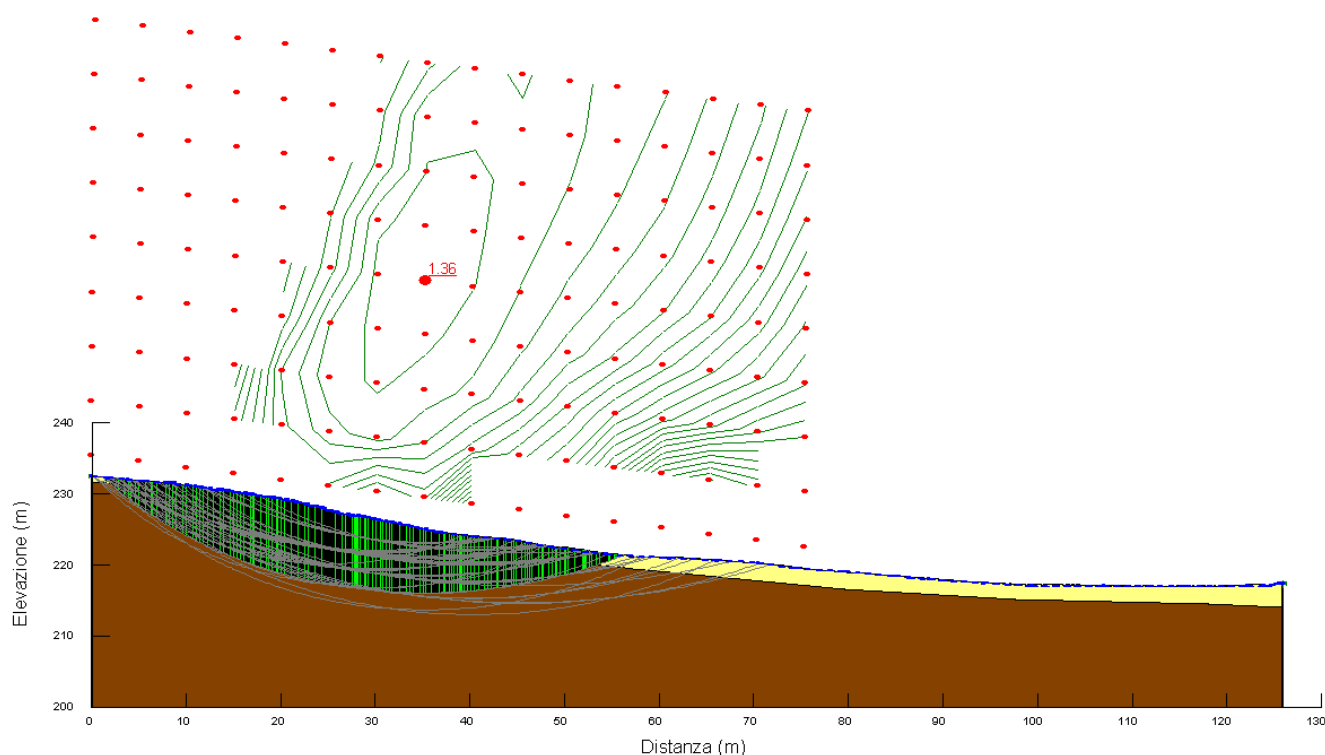




Fig. 6-3 Area 2 monte – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 31 di 37</b></p>

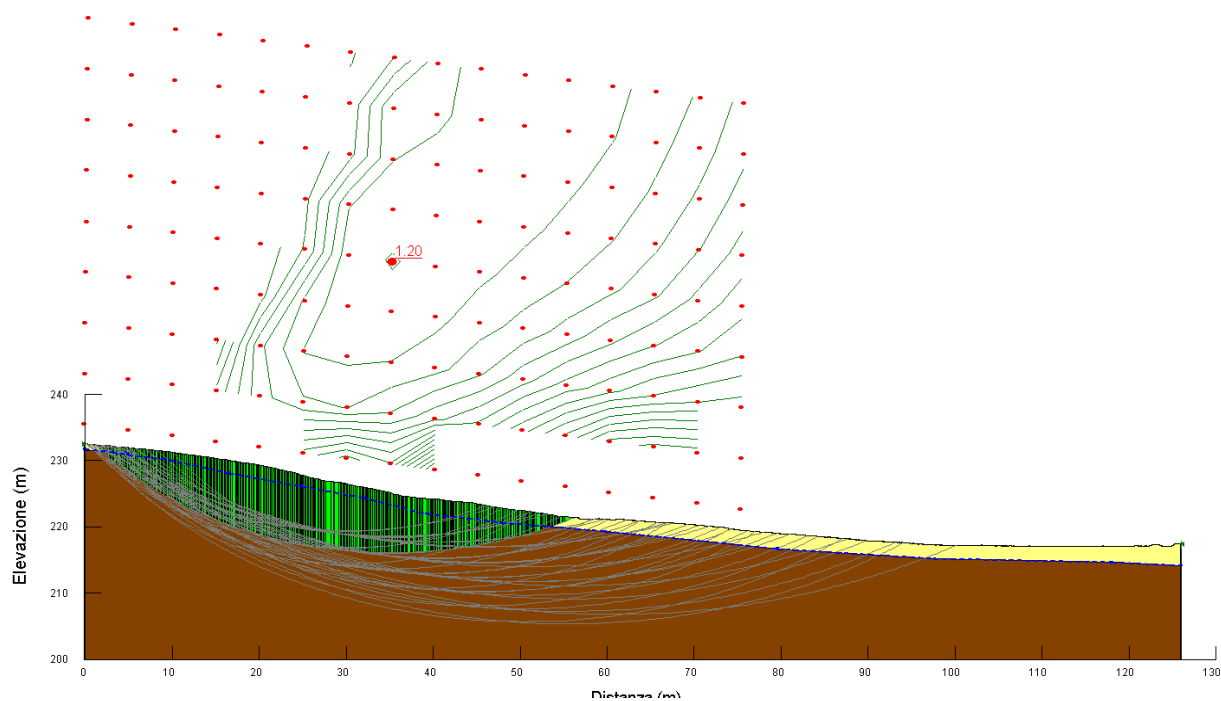


Fig. 6-4 Area 2 monte – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche

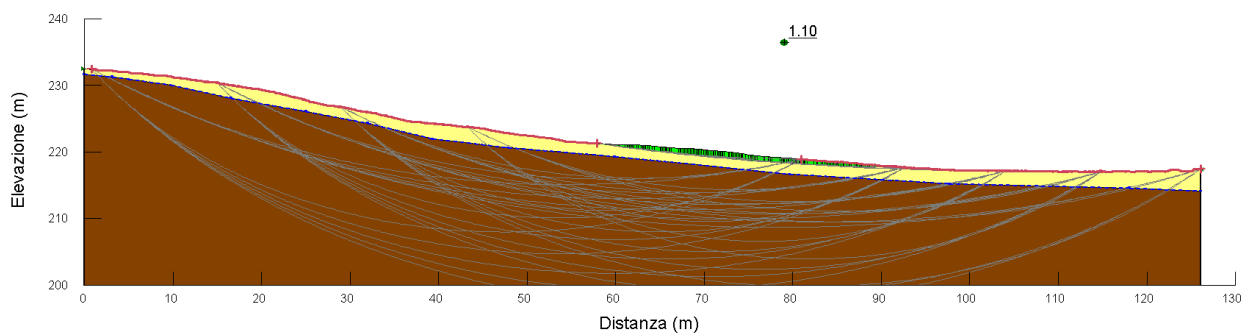


Fig. 6-5 Area 2 valle – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche

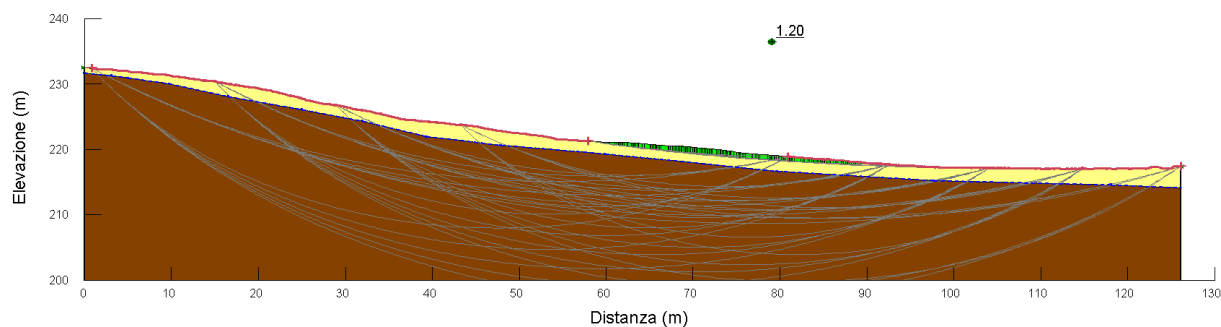




Fig. 6-6 Area 2 valle – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche



<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p>Pag. 32 di 37</p>

Per quanto riguarda l'Area 3, le verifiche evidenziano che non sono soddisfatte le condizioni di sicurezza. Infatti, si ottiene un coefficiente di sicurezza minimo molto basso ( $FS = 0,57$  in condizioni statiche;  $FS = 0,75$  in condizioni sismiche) e quindi abbondantemente al di sotto dell'unità (v. figure che seguono).

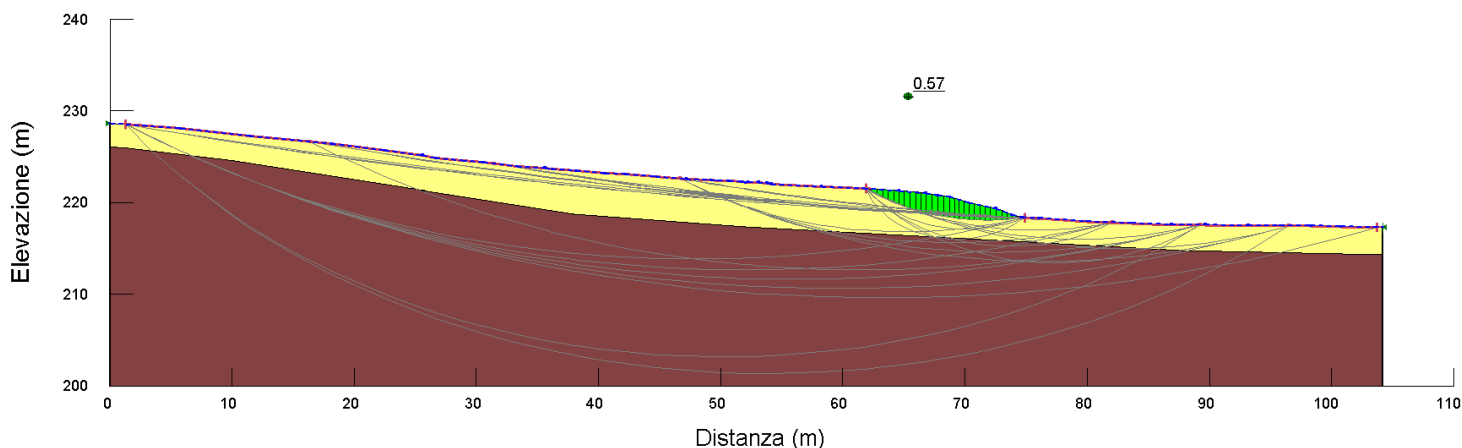


Fig. 6-7 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni statiche

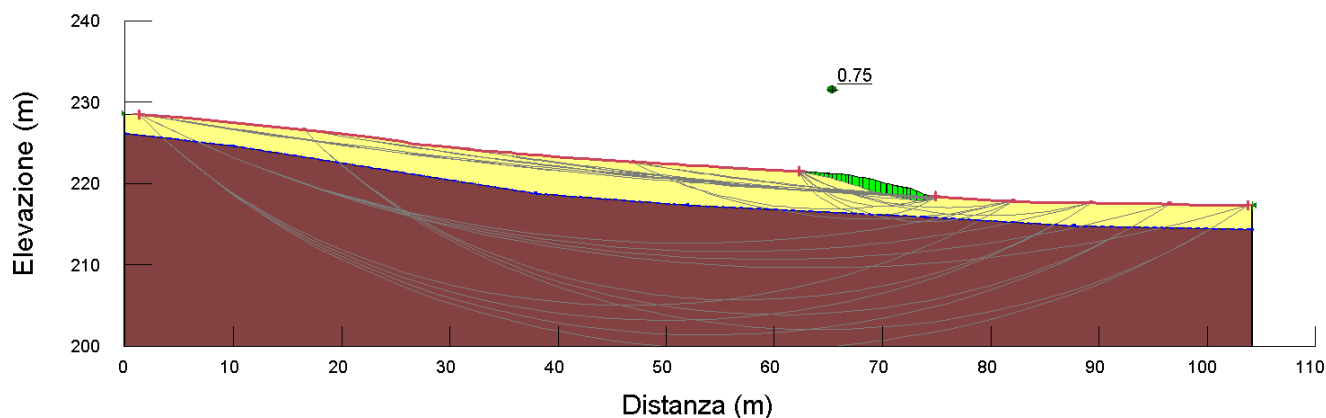




Fig. 6-8 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale nelle condizioni attuali – Condizioni sismiche

### 6.3.2. Verifiche di stabilità dopo la riprofilatura

Come detto in precedenza, si prevede la riprofilatura di parte della versante dell'Area 3 dove si osservano dissesti, con una pendenza 3/1 (orizzontale/verticale) e interposizione di berme. Per incrementare ulteriormente le condizioni di sicurezza si prevede la realizzazione di uno zoccolo di pietrame al piede all'interno di un geotessuto.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite con le medesime ipotesi sulla falda adottate in precedenza (falda sul piano di campagna in condizioni statiche; falda lungo la superficie di contatto tra i terreni superficiali rimaneggiati DT + ATr e i terreni di base AT/ATa in condizioni sismiche).

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p>Pag. 33 di 37</p>

Lo schema fisico di riferimento è riportato nella figura che segue.

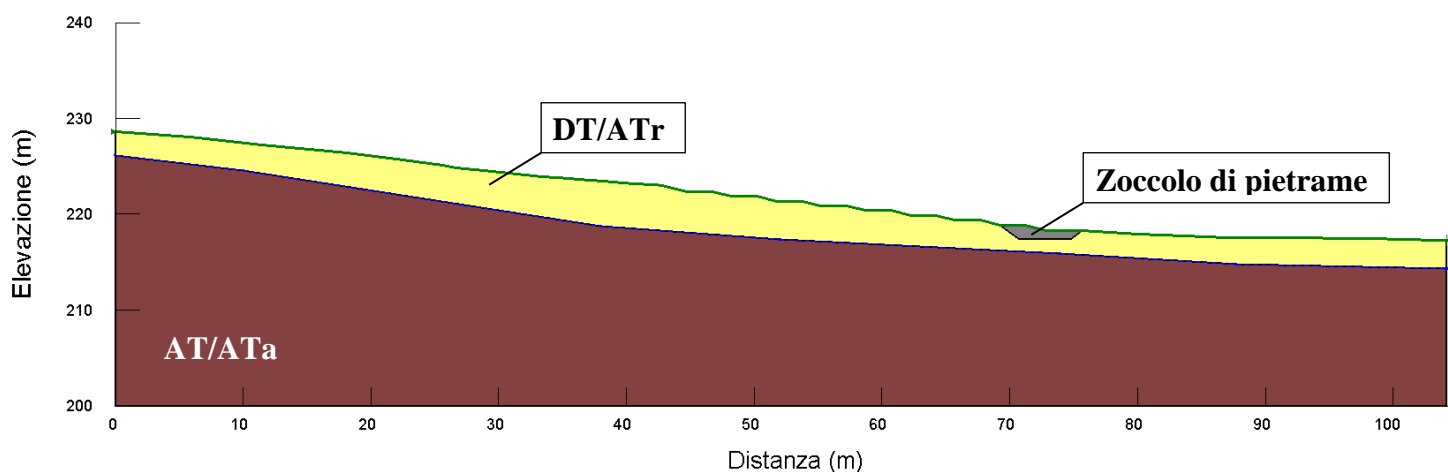


Fig. 6-9 Area 3 – Pendio dopo riprofilatura – Schema fisico di riferimento

Come si evince dalle figure che seguono, i calcoli mostrano che si ottengono fattori di sicurezza minimi adeguati, sia in condizioni statiche ( $FS_{min} = 1,26$ ), che in condizioni sismiche ( $FS_{min} = 1,30$ ), anche in considerazione del valore del coefficiente di sicurezza minimo preso a base per il dimensionamento dell'intervento di riprofilatura ( $FS_{min} > 1,10$ ).

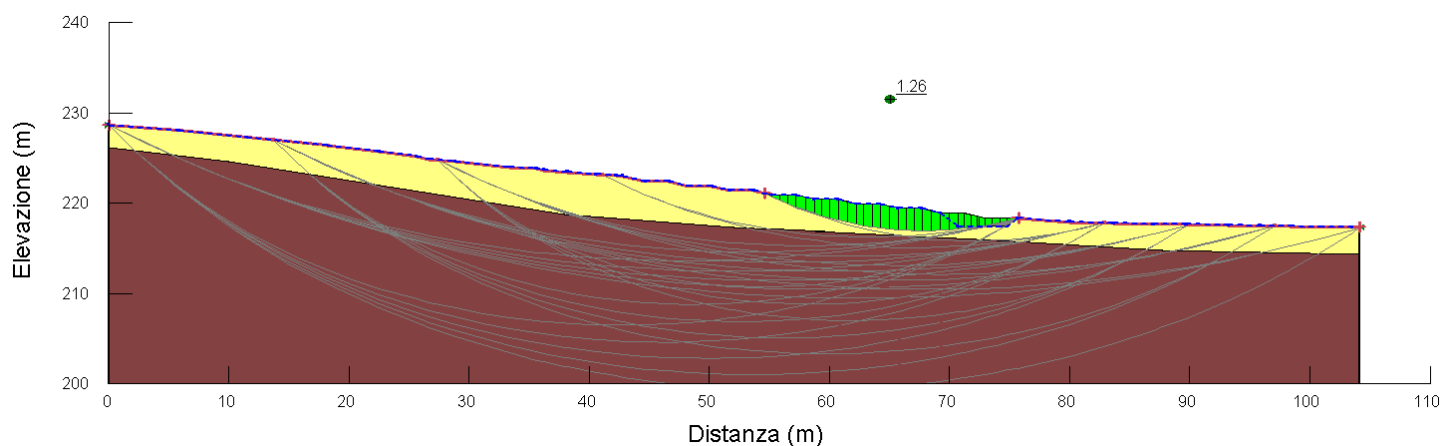




Fig. 6-10 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale dopo riprofilatura – Condizioni statiche

<p>REPUBBLICA ITALIANA</p> 	<p>Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti</p> <p><b>DIGA GIBBESI</b></p> <p><b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>II122F A-SIS- RT-205-00</p>	<p><b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b></p>	<p><b>Pag. 34 di 37</b></p>

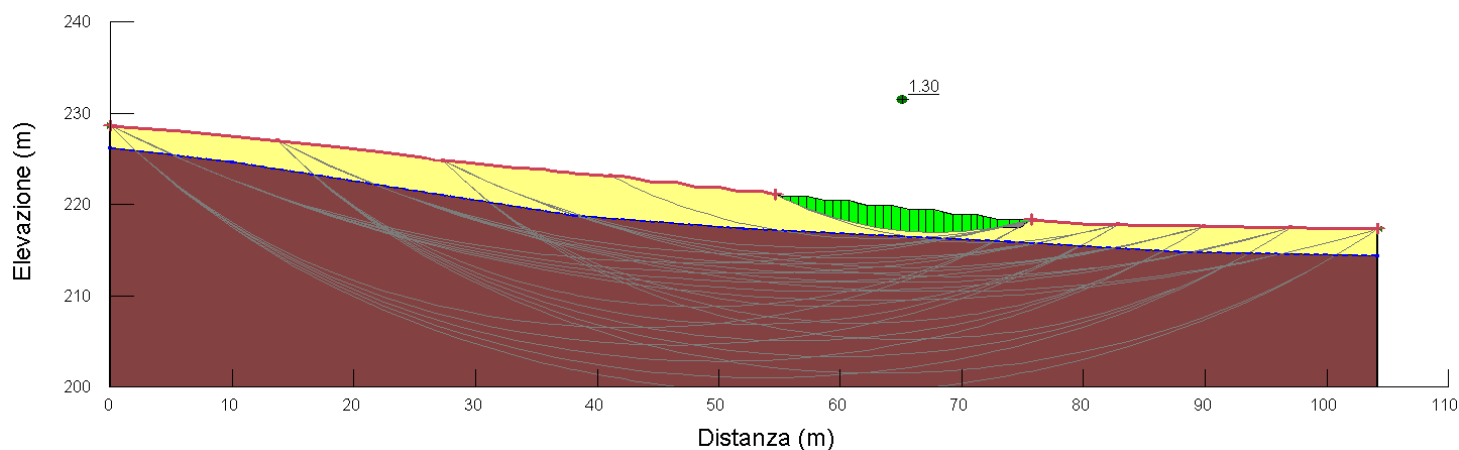




Fig. 6-11 Area 3 – Risultati delle verifica di stabilità globale dopo riprofilatura – Condizioni sismiche





REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 35 di 37



## 7. STIMA DEI COSTI

La stima dei costi degli interventi di stabilizzazione della sponda destra riportata nel seguito è stata effettuata sulla base del “Prezzario della Regione Siciliana anno 2019”.

Nr. Ord.	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONI:				Quantità	IMPORTI	
			Par.ug	Lung.	Larg.	H/peso		unitario	TOTALE
1.00	01.01.01.001	<p>Scavo di sbancamento per qualsiasi finalità, per lavori da eseguirsi in ambito extraurbano, eseguito con mezzo meccanico, anche in presenza d'acqua con tirante non superiore a 20 cm, inclusi la rimozione di sovrastrutture stradali e di muri a secco comunque calcolati come volume di scavo, alberi e ceppaie di dimensioni inferiori a quelle delle voci 1.6.1 e 1.6.2, eseguito secondo le sagome prescritte anche a gradoni, compresi gli interventi anche a mano per la regolarizzazione del fondo, delle superfici dei tagli e la profilatura delle pareti, nonché il paleggiamento, il carico su mezzo di trasporto, il trasporto a rilevato o a rinterro nell'ambito del cantiere fino alla distanza di 1000 m, il ritorno a vuoto, compreso l'onere per il prelievo dei campioni (da effettuarsi in contraddittorio tra la D.L. e l'impresa), il confezionamento dei cubetti, questo da compensarsi a parte con il relativo prezzo (capitolo 20), da sottoporre alle prove di schiacciamento ed ogni altro onere per dare l'opera completa a perfetta regola d'arte. Sono esclusi gli accertamenti e le verifiche tecniche obbligatorie previsti dal C.S.A. in terreni costituiti da argille, limi, sabbie, ghiaie, detriti e alluvioni anche contenenti elementi lapidei di qualsiasi resistenza e di volume non superiore a 0,5 m<sup>3</sup>, sabbie e ghiaie anche debolmente cementate e rocce lapidee fessurate, di qualsiasi resistenza con superfici di discontinuità poste a distanza media l'una dall'altra fino a 30 cm attaccabili da idoneo mezzo di escavazione di adeguata potenza non inferiore ai 45 kW</p> <p>MISURAZIONI:</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO m<sup>3</sup></p>		60.00	38.610		2316.60		
							2316.60	<b>4.16 €</b>	<b>9,637.06 €</b>

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	<b>Pag. 36 di 37</b>

2.00	01.02.05.001	Trasporto di materie, provenienti da scavi – demolizioni, a rifiuto alle discariche del Comune in cui si eseguono i lavori o alla discarica del comprensorio di cui fa parte il Comune medesimo, autorizzate al conferimento di tali rifiuti, o su aree preventivamente acquisite dal Comune ed autorizzate dagli organi competenti, e per il ritorno a vuoto. Escluso l'eventuale onere di accesso alla discarica, da compensarsi a parte. - per ogni m³ di scavo o demolizione misurato in sito e per ogni chilometro per materie provenienti dagli scavi o dalle demolizioni di cui alle voci: 1.1.1. – 1.1.2 – 1.1.3 – 1.1.5 – 1.1.8 – 1.3.4 - 1.4.1.2 - 1.4.2.2 -1.4.3 eseguiti in ambito extraurbano MISURAZIONI: Vedi voce n° 1 [m³ 2316.00]	10.00			23160.00				
		SOMMANO m³ x km				23160.00	0.53 €	12,274.80 €		
3.00	19.07.07	Fornitura e posa in opera di geotessile non tessuto in PP, avente funzione di separazione, filtrazione e protezione meccanica per applicazioni geotecniche, idrauliche, in terreni a diversa granulometria, per le applicazioni come previsto dalle norme EN 13249, EN 13250, EN 13251, EN 13252, EN 13253, EN 13254, EN 13255, EN 13256, EN 13257, EN 13265. Il geotessile dovrà essere in possesso della marcatura CE. Ogni fornitura dovrà essere documentata da una dichiarazione di conformità, secondo le modalità previste dalla norma EN 45014, attestante la qualità, il tipo e le caratteristiche del materiale fornito, con preciso riferimento alla data ed alla località di consegna. Il geotessile fornito in rotoli, in conformità a quanto previsto dalla norma EN 10320 ogni rotolo dovrà essere provvisto di etichetta indicante il nome del prodotto, le dimensioni, la data di produzione ed il codice di produzione; dovrà, inoltre, garantire resistenza chimica, alla degradazione microbiologica, all'ossidazione e durabilità come richiesto dalla marcatura CE. Il geotessile impiegato per opere di primaria importanza dovrà garantire le seguenti caratteristiche prestazionali, che rispondono alle seguenti norme (proprietà idrauliche): - permeabilità al piano ≥ 10 l/m²/s - diametro di filtrazione O90 ≥ 65 micron (EN 12956). Proprietà meccaniche: - punzonamento statico ≥ 6.500 N (EN 12236), - punzonamento dinamico ≤ 8 mm (EN 13433), - resistenza a trazione ≥ 40,0 kN/m (EN 10319). È compreso e compensato nel prezzo tutto quanto altro occorre per dare il materiale collocato in opera a perfetta regola d'arte, compresi gli sfridi e sormonti per sovrapposizioni. - per m² di superficie coperta MISURAZIONI: Geotessile		60.00	6.500		390.00			

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>A- RIVALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA DELLO SBARRAMENTO IN          MATERIALE SCIOLTO E DELLE OPERE</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F A-SIS- RT-205-00	<b>VERIFICHE SISMICHE DELLE SPONDE</b>	Pag. 37 di 37

		SOMMANO m <sup>2</sup>					390.00	<b>9.45 €</b>	<b>3,685.50 €</b>
4.00	17.02.03	Costituzione di strati di bonifica, scanni di imbasamento, nuclei di opere a gettata, eseguiti via terra, in pietrame scapolo di natura calcarea o lavica di peso specifico non inferiore a 25 kN/m <sup>3</sup> e del peso singolo da 5 kg a 50 kg, proveniente, a cura e spese dell'Impresa, da cave accettate dalla D.L. e site ad una distanza non superiore a 10 km, dato in opera in acqua, a qualsiasi profondità secondo sagoma di progetto, compreso l'onere del trasporto, il versamento in opera in maniera graduale e uniforme, la sistemazione superficiale, l'impiego degli idonei mezzi terrestri, ed ogni altro onere per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte. t MISURAZIONI: Placcaggio in pietrame (pezzatura max 20cm) - peso sp. 2,3	2.30	60.00	6.510		898.38		
		SOMMANO t					898.38	<b>20.93 €</b>	<b>18,803.09 €</b>
5.00	17.02.05	Compenso addizionale ai prezzi di cui al precedente art. 17.2.3 per ogni km di distanza in più delle cave di provenienza oltre i primi 10 km. - per ogni t di scogli e per ogni km in più MISURAZIONI: Vedi voce n° 4 [t 9 898.38]	15.00				13475.70		
		SOMMANO t x km					13475.70	<b>0.45 €</b>	<b>6,064.07 €</b>
		TOTALE euro							<b>50,464.52 €</b>
		AGGIUNGE NUOVA VOCE							

Il costo complessivo delle indagini comprensivo di oneri per la sicurezza (5%) e I.V.A. (22%) ammonta a complessivi € 25.522,78 così suddivisi:

Interventi di stabilizzazione	€ 50.454,52
Oneri per la sicurezza	€ 2.523,23
I.V.A. lavori e sicurezza (22%)	€ 11.657,30
<b><u>TOTALE COMPLESSIVO</u></b>	<b>€ 64.645,05</b>