



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

B

## PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Dott. Ing. Antonio 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 :

Ing. Gabriele Speciale

DIREZIONE DI PROGETTO PER L'ATI :

TECHNITAL S.p.A.

Dott. Ing. Simone Venturini

TITOLO ELABORATO:

### PROGETTO ESECUTIVO RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELABORATO N° :

I122F-B-PE-GEN-112-01

		ELABORATO		CONTROLLATO		APPROVATO		
SIGLA		A. Lo Prinzi		V. Canzonieri		G. Speciale		
REVISIONE	N.	DESCRIZIONE			RED.	VER.	APP.	
	1	00	Emissione Maggio 2022			A.L.P.	V.C.	G.S.
	2	01	Emissione Luglio 2022			A.L.P.	V.C.	G.S.
	3							

NOME FILE :


I122F-B-PE-GEN-112-01.xls

DATA :

Luglio 2022

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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 1 di 87

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**

## **B - PROGETTAZIONE STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA CASA DI GUARDIA ED IL POZZO PARATOIA**



### **PROGETTO ESECUTIVO**

### **RELAZIONE TECNICA GENERALE**

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 2 di 87



## INDICE

1.	PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE	6
2.	NORMATIVA TECNICA	12
3.	PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'OPERA	14
4.	STATO DELLE OPERE	15
5.	INTERVENTI IN PROGETTO	19
6.	GEOLOGIA	25
6.1.	Inquadramento geologico	25
6.2.	Geomorfologia	29
6.3.	Idrogeologia	31
6.4.	Sismicità	32
6.5.	Fagliazione superficiale	33
6.6.	Classificazione e pericolosità sismica	33
6.7.	Cave e discariche	34
7.	GEOTECNICA E SISMICA	35
7.1.	Indagini anni 2021 e 2022	35
7.2.	Classificazione geotecnica dei terreni	36
7.3.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	38
7.4.	Caratterizzazione sismica dei terreni	39
7.4.1.	Stati limite	39
7.4.2.	Definizione dell'azione sismica	39
7.5.	Questioni geotecniche	41
7.6.	Rapporti opere-terreni	44
7.7.	Verifiche di stabilità	45
8.	IDROLOGIA ED IDRAULICA	48
8.1.	Modello idrologico	48
8.2.	Calcolo delle portate di progetto	50
8.3.	Opere idrauliche	51
8.4.	Verifica delle portate di progetto	53
9.	PROGETTO STRADALE	55
9.1.	Dati caratteristici e descrizione degli interventi stradali	55
9.1.1.	Sezione tipo	55
9.2.	Pavimentazione	57

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 3 di 87

9.3. Rettifica del tracciato tra pr 320 e pr 480	57
9.4. Demolizione e ricostruzione del tratto in rilevato tra la pr. 980 e la pr. 111058	
10. OPERE D'ARTE MINORE	59
10.1. Caratteristiche dei materiali	59
10.2. Interventi di stabilizzazione tra pr. 732 e pr. 765 e tra pr. 1292 e pr. 1302	60
10.3. Muri di sostegno su pali tra pr. 765 e pr. 809	70
10.3.1. Muro su pali MP1 da pr. 765 a pr. 782,5	72
10.3.1. Muri su pali MP2 e MP3	76
10.4. Muri di sostegno su fondazione diretta	77
11. INTERFERENZE	84
12. TEMPI DI REALIZZAZIONE	85
13. PRINCIPALI DOTAZIONI DI SICUREZZA	86
14. QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI	87



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 4 di 87

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1: Strada di collegamento tra la Casa di guardia e il pozzo paratoie (da Google Earth)	6
Figura 4-1: Dissesti tra pk 280,0 e pk 410,0 causati da deformazioni lente	15
Figura 4-2: Dissesti tra pk 410,0 e pk 560,0 causati da deformazioni lente	16
Figura 4-3: Dissesto tra pk 732,0 e pk 765,0 che ha provocato la parzializzazione della strada	16
Figura 4-4: Rilievo tra pk 765,0 e pk 810,0 interessato da dissesti	16
Figura 4-5: Dissesto intorno a tra pk 1295 che ha provocato la parzializzazione della strada	17
Figura 4-6: Tratto in rilevato tra pk 765,0 e pk 810,0	17
Figura 4-7: Muro di sostegno fortemente ammalorato intorno a tra pk 760,0	18
Figura 6-1: Risultati della prova "Down hole" eseguita in N25DH.	27
Figura 6-2: Carta geologica dell'area del tracciato stradale.	28
Figura 6-3: Modello geologico semplificato.	29
Figura 6-4: Stralcio della Carta Geomorfologica.	30
Figura 6-5: Stralcio della carta tematica del PAI relativa alla pericolosità idraulica.	32
Figura 6-6 : A) Classificazione sismica della Regione Sicilia.	33
Figura 7-1: Planimetria con ubicazione delle indagini del 2021 e 2022	36
Figura 7-2: Paratia tra pk. 732 e pk. 765	41
Figura 7-3: Paratia tra pk. 1292 e pk. 1302	42
Figura 7-4: Rilevato di altezza massima – Schema fisico di riferimento	46
Figura 7-5: Trincea più profonda – Schema fisico di riferimento	46
Figura 8-1: Particolare costruttivo dei fossi di guardia	52
Figura 8-2: Particolare costruttivo dei canali di scarico	52
Figura 8-3: Sezioni tipo di embrici	53
Figura 9-1: Sezione tipo strada a mezzacosta	55
Figura 9-2: Sezione tipo strada in trincea	56
Figura 9-3: Sezione tipo strada in rilevato con $H \leq 5$ m	56
Figura 9-4: Sezione tipo strada in rilevato con $H > 5$ m	56
Figura 9-5: Sezione tipo della pavimentazione stradale	57
Figura 10-1: Schema fisico di riferimento paratia P1	61
Figura 10-2: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di spostamento	62
Figura 10-3: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di momento	63
Figura 10-4: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di taglio	63
Figura 10-5: Paratia di pali P1 – Sfruttamento del momento	64
Figura 10-6: Paratia di pali P1 – Diagramma M-N	65
Figura 10-7: Paratia di pali P1 – Sfruttamento del taglio	65
Figura 10-8: Schema fisico di riferimento paratia P2	66
Figura 10-9: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di spostamento	67
Figura 10-10: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di momento	68




 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 5 di 87

Figura 10-11: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di taglio	68
Figura 10-12: Paratia di pali P2 – Sfruttamento del momento	69
Figura 10-13: Paratia di pali P2 – Sfruttamento del taglio	70
Figura 10-14: Paratia di pali P2 – Diagramma M-N	70
Figura 10-15: Schema di calcolo utilizzato per la back-analysis	72
Figura 10-16: Muro di sostegno su pali MP1 – Planimetria	72
Figura 10-17: Muro di sostegno su pali MP1 – Sezione	73
Figura 10-18: Muro di sostegno su pali MP1 – Schema fisico di riferimento	73
Figura 10-19: Muro di sostegno su pali MP1 – Fattore di sicurezza	74
Figura 10-20: Muro di sostegno su pali MP1 – Schema fisico di riferimento	74
Figura 10-21: Muro di sostegno su pali MP1 – Distribuzione delle azioni	75
Figura 10-22: Muro di sostegno su pali MP2 – Distribuzione delle azioni	76
Figura 10-23: Muro di sostegno su pali MP3 – Distribuzione delle azioni	76
Figura 10-24: Muro di sostegno M4 – H = 2 m – Sezione	78
Figura 10-25: Muro di sostegno M4 – Schema fisico di riferimento	78
Figura 10-26: Muro di sostegno M4 – Risultati dei calcoli	79
Figura 10-27: Muro di sostegno M1 – Schema fisico di riferimento	80
Figura 10-28: Muro di sostegno M1 – Risultati dei calcoli	80
Figura 10-29: Muro di sostegno M2 – Schema fisico di riferimento	81
Figura 10-30: Muro di sostegno M2 – Risultati dei calcoli	81
Figura 10-31: Muro di sostegno M3 – Schema fisico di riferimento	82
Figura 10-32: Muro di sostegno M3 – Risultati dei calcoli	82



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 6 di 87

## 1. PREMESSA E OGGETTO DELLA RELAZIONE

La strada di collegamento tra il piazzale della casa di guardia della diga Gibbesi e quello della torre di manovra e di accesso della condotta di derivazione e degli organi di scarico, ad uso esclusivo degli addetti alla gestione in sicurezza della diga, corre all'interno dell'impianto sulla cresta del rilievo che circonda l'invaso, aggirando il sottostante val-lone. La viabilità ha una lunghezza di oltre 2 km e si sviluppa interamente all'interno del territoriale del Comune di Sommatino.



Figura 1-1: Strada di collegamento tra la Casa di guardia e il pozzo paratoie (da Google Earth)

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 7 di 87

Nel corso di diversi sopralluoghi effettuati in un arco temporale prolungato si è constatato un generale stato di degrado dell'opera, che interessa sia il corpo stradale in senso stretto, sia le opere d'arte a salvaguardia dello stesso. Si è anche notato e il progressivo accentuarsi dei danneggiamenti.

Pur essendo ancora percorribile con autovettura, la viabilità presenta dissesti di varia entità, che in alcuni casi arrivano a interessare l'intero corpo stradale. Il manto bituminoso ha perso la sua funzione di impermeabilizzazione. Gran parte dei manufatti a tutela del nastro stradale sono instabili e di scarsissima qualità, con deformazioni e distacchi provocati anche da fenomeni franosi che interessano l'area.

Le cause dello stato di degrado sono molteplici:

- insufficiente stato di regimazione delle acque superficiali;
- bassa qualità delle lavorazioni eseguite all'epoca della realizzazione della strada e dei materiali impiegati;
- sottodimensionamento delle opere d'arte rispetto al diffuso quadro di instabilità idrogeologica della zona.

Nell'agosto 2018 è stato redatto il Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (art.23, comma 5, D. Lgs. n°50/2016 e ss.mm.ii.) per la manutenzione straordinaria della strada, con una stima dei costi dei lavori di € 470.000,00.


In tale contesto si colloca il SERVIZIO B riguardante la *“Progettazione di fattibilità tecnico-economica, definitiva ed esecutiva dalla manutenzione straordinaria della strada di collegamento casa di guardia – pozzo paratoie”*, che è parte delle attività poste a base gara che il RTI sta sviluppando.

L'intervento sulla strada prevede principalmente:

- *il rifacimento della carreggiata (fondazione e pavimentazione stradale);*
- *la sostituzione delle opere d'arte inefficaci rispetto alla stabilità del nastro viario;*
- *il miglioramento dei sistemi di regimazione delle acque piovane.*

Gli interventi in progetto hanno lo scopo di consentire il transito delle sole vetture di servizio e sporadicamente di mezzi di lavoro (autocarri, gru, etc.) per occasionali interventi manutentivi. La viabilità, anche se interessata da un traffico veicolare modestissimo, è indispensabile per raggiungere tempestivamente ed in qualsiasi condizione meteo-



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 8 di 87

rologica la torre di manovra delle paratoie dello scarico di fondo della diga. Il tracciato deve pertanto essere rapido e sicuro.

Gli esiti dei vari sopralluoghi e rilievi svolti dal RTI durante lo “Studio di fattibilità tecnico economica” hanno evidenziato una accentuata instabilità dei versanti attraversati dal tracciato anche in corrispondenza di tratti a raso, fino al manifestarsi di vere e proprie frane.

In particolare, è emerso quanto segue.



- L'area attraversata dal tracciato è caratterizzata da fenomeni deformativi diffusi lungo i versanti. La carenza e/o assenza di adeguate opere di regimazione delle acque e la scarsa manutenzione delle opere realizzate ha contribuito ad un deciso peggioramento delle condizioni di stabilità.
- La sede stradale è fortemente deformata sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico.
- I muri di sostegno presentano un avanzato stato di degrado per l'assenza dello strato corticale di calcestruzzo. Quasi tutti i muri, indipendentemente dalla loro altezza, sono in procinto di essere scavalcati dai retrostanti terreni.
- I fossi di guardia, le canalette e gli embrici realizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche sono per la maggior parte fuori servizio.
- I bordi della carreggiata sono spesso invasi da vegetazione.

Con nota prot.210420-002 del 20/04/2021, il RTI ha trasmesso gli elaborati tecnici relativi allo “Studio di fattibilità tecnico economica”.

Nella “Relazione Tecnica Generale” si è posta l'attenzione sul fatto che i sopralluoghi e i rilievi hanno evidenziato accentuata e diffusa instabilità dei versanti, per cui, gli interventi di progettazione da sviluppare non possono limitarsi a quelli previsti nel “Progetto Preliminare” di cui agli atti di gara. In particolare, si reputa necessario intervenire con la sostituzione e l'integrazione delle opere d'arte a protezione del corpo stradale e dei versanti.

Con nota prot.15656 del 20/04/2021, il RUP ha preso atto favorevolmente del lavoro svolto dal RTI nella fase dello “Studio di fattibilità tecnico economica” e delle indicazioni fornite sugli interventi da progettare.

Con nota prot.210423-007 del 23/04/2021 il RTI ha chiesto la proroga di 30 gg. della scadenza del SERVIZIO B a causa della complessità della progettazione, che, dovendo

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 9 di 87

necessariamente riguardare la stabilizzazione del corpo stradale e dei versanti interessati, la protezione idrogeologica del corpo stradale con l'inserimento di nuove opere ingegneristiche, esubera le previsioni del "Progetto preliminare" allegato ai documenti di gara.

Con nota prot.16516 del 27/04/2021 il RUP ha concesso la proroga. Contestualmente ha richiesto l'importo complessivo del progetto delle opere e/o il quadro economico.

Con nota prot.210428-014 del 28/04/2021, il RTI ha trasmesso il calcolo sommario della spesa della progettazione di fattibilità delle opere per un importo pari ad € 1.205.794,88.

Sempre il RTI, con nota prot.210429-006 del 29/04/2021, ha evidenziato che la progettazione esecutiva di cui al SERVIZIO B, che prevede la realizzazione di nuove opere strutturali, esubera gli obblighi contrattuali dello stesso RTI non configurandosi più la fattispecie dell'art.3, comma 1, lettera OO-quinques del vigente Codice dei Contratti (definizione di manutenzione straordinaria), per cui il RTI ha chiesto il conseguenziale adeguamento contrattuale.



Con nota prot.17095 del 29/04/2021, il RUP ha disposto, in via cautelare, la sospensione del SERVIZIO B a far data 30/04/2021, potendosi configurare un costo extra-contrattuale per l'Amministrazione.

Con nota prot.18188 del 07/05/2021, il RUP ha trasmesso al RTI l'ODS n°3 del 07/05/2021 con il quale ha ordinato la sottoscrizione per accettazione della "Relazione tecnica di modifica del contratto in corso di esecuzione relativa all'integrazione dell'importo contrattuale del SERVIZIO B", pari a netti € 18.135,00; per tale modifica contrattuale è stata invocato l'art.106, comma 2, del D.Lgs. n°50/2016 e ss.mm.ii.;

In data 14/05/2021, il Dirigente del Servizio 3 ha approvato la "Relazione tecnica di modifica del contratto in corso di esecuzione relativa all'integrazione dell'importo contrattuale del SERVIZIO B".

Con nota prot.19255 del 14/05/2021, il RUP ha trasmesso la "Relazione tecnica di modifica del contratto in corso di esecuzione relativa all'integrazione dell'importo contrattuale del SERVIZIO B" ed ordinato al RTI (ODS n°5) la ripresa del SERVIZIO B a partire dal 17/05/2021, con scadenza 09/06/2021.

Per la progettazione definitiva ed esecutiva dei nuovi interventi si è resa necessaria l'effettuazione di indagini geognostiche e geofisiche e di prove geotecniche di laboratorio integrative, per acquisire tutti gli elementi necessari per la caratterizzazione fisico-

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 10 di 87

meccanica dei terreni di fondazione ai fini del dimensionamento geotecnico e strutturale delle opere d'arte.



Per tale motivo, con nota prot.210531-008 del 31/05/2021 il RTI ha chiesto di autorizzare la realizzazione di indagini integrative I nuovi dati hanno lo scopo di integrare le informazioni acquisite con indagini già eseguite lungo il tracciato e nelle aree limitrofe nell'ambito degli studi di rivalutazione sismica.

Con ODS n°5 del 08/06/2021 il RUP ha ordinato al RTI l'esecuzione del SERVIZIO B nei termini di "manutenzione straordinaria", secondo i termini contrattuali e il capitolato prestazionale. Con successiva nota prot.210712-002 del 12/07/2021 il RTI ha confermato la volontà di progettare gli elementi strutturali necessari alla stabilità e alla fruizione della strada nei termini economici del contratto, pur trattandosi di opere ex novo, ma ha chiesto il supporto di ulteriori indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche.

In considerazione della predetta richiesta, il RUP ha interrotto l'esecuzione del SERVIZIO B con nota prot. 27781 del 16/07/2021, a far data 12/07/2021, avendo ritenuto l'istanza – seppur coerente – da rimettere all'autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale per le Dighe ed allo scopo di potere procedere ad approfondimenti specifici in merito all'estensione dell'incarico di progettazione, dal momento che si configuravano interventi di manutenzione straordinaria ... per rinnovare e sostituire parti anche strutturali dei manufatti ... etc . ... con una progettazione di elementi strutturali ex-novo, non esistenti, alcuni a protezione del corpo stradale, altri di stabilizzazione dei versanti.....

In tale contesto, secondo quanto indicato nella Nota Prot. 28319 del 20/07/2021 e nella "RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA" di modifica del contratto del Servizio B l'Amministrazione ha due possibilità:

- A) ridurre le previsioni di massima finora prospettate, riconducendo la prestazione progettuale nell'alveo del contratto, con il vantaggio di non avere onere aggiuntivo, ma, di contro, con la consapevole approvazione di un progetto esecutivo "omissivo" rispetto alle criticità del corpo stradale e dei versanti;
- B) modificare il contratto in corso d'opera, ai sensi dell'art.106 del vigente Codice dei Contratti, limitatamente al SERVIZIO B, integrando la somma occorrente al conseguimento del progetto esecutivo che permette la realizzazione della strada secondo i criteri di economicità, efficacia ed efficienza delle OO.PP., al fine di garantire in sicurezza

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 11 di 87

*l'accessibilità alla torre di presa, anche in prospettiva di un reale e continuativo esercizio dell'invaso.*

Il RUP ha proposto .... *l'adozione della possibilità B.*

Con nota Protocollo n.45947 del 26/11/2021 l'Amministrazione ha comunicato di avere approvato il progetto delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche integrative da eseguire a supporto del Progetto, sulla scorta delle indicazioni fornite dal RTI.

Con nota del 18/02/2021, la ditta GEO R.A.S., esecutrice dei lavori di indagine, ha trasmesso gli elaborati relativi alle indagini integrative svolte in sito.

Con ODS n°7 del 24/02/2022, prot.6752, il RUP ha ordinato l'immediata ripresa dell'esecuzione del SERVIZIO B.

Con Protocollo n.15251 del 28/04/2022 “.... VISTA, in ultimo,

- la prot.220427-008 del 27/04/2022, acquisita al prot.15102 pari data, con la quale il RTI ha chiesto un'ulteriore proroga di 35 gg. naturali e consecutivi della scadenza dell'esecuzione del SERVIZIO B – progettazione strada di collegamento casa di guardia pozzo paratoie, *“alla luce dell'emersa complessità degli interventi, per i quali si sta sviluppando la progettazione esecutiva, ed in virtù delle sopraggiunte attività di ingegneria svolte per le analisi di cui alle istruttorie del Servizio Dighe prot. 20864 dell'UTD di Palermo attinenti allo studio delle pressioni interstiziali, la strumentazione in corpo diga e la ricognizione documentale presso gli stessi uffici”*;



**RITENUTO**

*- fondate le argomentazioni addotte dall'operatore economico;”*

il RUP ha concesso una ulteriore proroga della scadenza contrattuale del SERVIZIO B, che adesso è il **20/05/2022**.


Nel luglio 2022 il RUP ha richiesto l'adeguamento del Quadro Economico alla luce dell'entrata in vigore del PREZZARIO UNICO REGIONALE LL.PP. SICILIA ANNO 2022 aggiornato ai sensi del c. 2 art. 26 D.L. n.50 del 17/05/2022). Nella presente Relazione Tecnica Generale si riporta, nello specifico capitolo, il nuovo Quadro Economico.




 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 12 di 87

## 2. NORMATIVA TECNICA

- Legge n. 1086 del 05.11.1971 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.”
- Legge 02.02.1974 n.64 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.”
- 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).
- Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – 2017 – Linee guide per la messa in opera del calcestruzzo strutturale. Linee guide per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera.
- 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.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 13 di 87

- 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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 14 di 87

### 3. PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'OPERA



La strada in oggetto, che parte dalla casa di guardia e raggiunge il piazzale dove è ubicato il pozzo paratoie, dopo un percorso complessivo di circa 2150 m, corre prevalentemente a mezza costa o a raso, spesso lungo la linea di spartiacque. Solo nel secondo segmento sono presenti tratti in rilevato di una certa entità. L'andamento è piuttosto tortuoso, dettato dalla morfologia dei luoghi. La pendenza è generalmente elevata fino ad un valore massimo del 14,3%.

Il tracciato può essere suddiviso in due parti principali. Il primo, a partire dalla casa di guardia, è interamente in salita fino a culminare a quota 323,75 m s.l.m., laddove è presente un piazzale di sosta, interessato da una vistosa deformazione della sede stradale, che risulta parzializzata per circa un terzo, sul lato di valle. Il tratto successivo corre in discesa fino a un punto intermedio, dove si raggiunge quota circa 277m s.l.m., per risalire a quota circa 298 m s.l.m. ed infine raggiungere in discesa il piazzale del pozzo paratoie.

Secondo quanto riportato nella documentazione a base gara, la larghezza della sede stradale è di 4 m, oltre alle cunette, tranne che nella parte conclusiva, dove si allarga. La carreggiata è delimitata da muri di controripa di modesta entità (il più alto raggiunge 1,75 m) e da guard-rail; a tratti le opere di contenimento della sede stradale sono del tutto assenti. I muri che delimitano il piazzale finale sede del pozzo paratoia raggiungono altezze anche maggiori di 2 m.

La strada è costituita da una fondazione in tout-venant poggianti, nelle sezioni in trincea, su uno strato di bonifica di sabbia anticapillare, spesso 15 cm, con sovrastante conglomerato bituminoso. Non si hanno informazioni specifiche sui materiali costituenti i rilevati.

La regimazione delle acque è affidata a cunette di calcestruzzo debolmente armate e a fossi di guardia.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 15 di 87</p>

#### 4. STATO DELLE OPERE

Si riportano di seguito le principali osservazioni di carattere generale sulle condizioni della viabilità emerse durante i sopralluoghi, rimandando alla Relazione Geotecnica per una analisi di dettaglio dello stato di degrado dell'opera.

- La sede stradale è fortemente deformata sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico, indipendentemente che la strada corra a raso, a mezza costa, in trincea, o in rilevato.
- L'area attraversata dal tracciato è caratterizzata da fenomeni deformativi diffusi lungo i versanti, che si manifestano con zone in contropendenza, brusche variazioni di quota, rimaneggiamento della coltre superficiale.

Si tratta in genere di movimenti superficiali che interessano modesti spessori di terreno. Tuttavia in alcune zone si osservano vere e proprie frane.

I recenti sopralluoghi hanno evidenziato un deciso peggioramento delle condizioni di instabilità rispetto a quanto rilevato a marzo 2019, in occasione della visita effettuata in occasione della gara.

Nelle immagini che seguono sono mostrati i principali fenomeni deformativi presenti lungo il tracciato.



Figura 4-1: Dissesti tra pk 280,0 e pk 410,0 causati da deformazioni lente





<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 16 di 87</p>



Figura 4-2: Dissesti tra pk 410,0 e pk 560,0 causati da deformazioni lente



Figura 4-3: Dissesto tra pk 732,0 e pk 765,0 che ha provocato la parzializzazione della strada



Figura 4-4: Rilievo tra pk 765,0 e pk 810,0 interessato da dissesti


<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 17 di 87</p>



Figura 4-5: Dissesto intorno a tra pk 1295 che ha provocato la parzializzazione della strada



La carenza e/o assenza di adeguate opere di regimazione delle acque e la scarsa manutenzione delle opere realizzate ha contribuito ad un deciso peggioramento delle condizioni di stabilità dei pendii.

- Il tratto in rilevato tra pk 930,0 a pk 1280,0, che raggiunge un'altezza massima di oltre 5 m stradale è interessata per l'intero sviluppo da più lesioni longitudinali profonde causate dal richiamo dei sottostanti pendii interessati da deformazioni lente. I pali della linee elettrica che corrono a fianco sono fortemente inclinati. I dissesti sono particolarmente accentuati tra pk 980 e pk 1110.



Figura 4-6: Tratto in rilevato tra pk 765,0 e pk 810,0



<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 18 di 87</p>

- I fossi di guardia, le canalette e gli embrici realizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche sono per la maggior parte fuori servizio per la presenza di terreni argillosi all'interno che ne limitano quasi del tutto la funzionalità.  
Alcune strutture si sono deformate a causa dei movimenti dei terreni di fondazione.
- I bordi della carreggiata sono spesso invasi da vegetazione, che arriva ad occupare anche oltre 1 m della sede stradale, impedendo il normale scorrimento delle acque meteoriche lungo le cunette.
- I muri di sostegno presentano un avanzato stato di degrado per l'assenza dello strato corticale di calcestruzzo che mette a nudo gli inerti.  
Alcuni muri, soprattutto quelli di maggiore altezza, sono dissestati a causa della spinta dei retrostanti terreni, ovvero per carenze costruttive; in questo caso mancano intere porzioni di calcestruzzo e si osservano barre di armatura a vista ossidate e ridotte di sezione.



Figura 4-7: Muro di sostegno fortemente ammalorato intorno a tra pk 760,0

Mancano del tutto i fori di drenaggio e probabilmente il materiale di rinterro a tergo non è caratterizzato da idonee caratteristiche fisico-meccaniche e di permeabilità.

Quasi tutti i muri e manufatti di contenimento, indipendentemente dalla loro altezza, sono in procinto di essere scavalcati dai retrostanti terreni.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 19 di 87

## 5. INTERVENTI IN PROGETTO

Nel “Progetto di fattibilità tecnica ed economica” allegato al bando di gara è stato previsto:

- *il rifacimento della carreggiata per l'intera lunghezza (fondazione e pavimentazione stradale), con scarificazione del conglomerato bituminoso e realizzazione di pavimentazione tipo “macadam”, previa compattazione del piano di fondazione con idoneo mezzo;*
- *la sostituzione delle opere d'arte inefficaci rispetto alla stabilità del nastro viario. Si prevede di intervenire con il rifacimento dei soli muri che sostengono la spinta maggiore sostituendoli con gabbioni metallici di altezza massima 2 m.*
- *il miglioramento dei sistemi di regimazione delle acque piovane mediante la realizzazione di 3 tombini con posa in opera di tubazione Armco.*

Alla luce dei risultati dei rilievi e delle indagini eseguiti per il Progetto di Fattibilità, si è ritenuto che tali interventi fossero insufficienti per il ripristino della viabilità, sia come quantità, che come tipo.

Sono stati pertanto individuati i lavori, descritti nel seguito, la cui progettazione esecutiva fa parte del presente studio.


- ❖ Rifacimento della sede viaria (fondazione e pavimentazione stradale) lungo l'intero sviluppo della strada.

Si prevedono:

- la scarifica dell'attuale pavimentazione;
- la bonifica dei terreni di fondazione per spessori massimi di 50 cm, indipendentemente che la strada corra a raso, in trincea, ovvero in rilevato;
- il rifacimento del pacchetto stradale, che sarà composto, partendo dal basso, da uno strato di fondazione in misto granulare (spessore 20 cm), da uno strato di base (10 cm), da uno strato di binder (5 cm) e da uno strato di usura di 4 cm.

- ❖ Rettifica del tracciato tra pr 300 e pr 550, dove è presente un dissesto del sottostante pendio a causa di deformazioni lente della coltre superficiale.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 20 di 87

A partire dalla sez. 17 a pk 320,00 e fino alla sez. 25 a pk 480,00 la carreggiata sarà spostata verso monte in una zona più stabile e correrà in trincea. Sul lato a monte gli scavi e raggiungeranno una profondità massima di circa 3 m e saranno sostenuti da muri di sostegno di altezza massima pari a 1,8 m; il terreno retrostante sarà sagomato con pendenza di 10°. Nel limitrofo pendio saranno realizzati interventi di stabilizzazione con quattro trincee di lunghezza compresa tra 10 m e 25 m.

❖ Interventi di stabilizzazione locale di tipo strutturale (paratie di pali di c.a.)

Nei tratti compresi tra pk. 732 e pk. 765 e tra pk. 1292 e pk. 1302 la carreggiata è parzializzata da movimenti franosi che si manifestano con colamenti e che interessano l'intero spessore del corpo stradale. I dissesti sono aggravati dalla cattiva qualità e posa in opera dei materiali.

Si prevede l'esecuzione di paratie di pali di c.a. accostati di diametro  $\phi 1000$  mm, lunghi 17 m. I pali saranno solidarizzati in testa da un robusto cordolo di c.a.

Al piede della paratia tra pk. 732 e pk. 765 saranno posti in opera gabbioni per la protezione della parte sommitale della sottostante incisione torrentizia.


❖ Interventi di stabilizzazione globale di tipo strutturale (muri su pali) e di regimazione delle acque (fosso di guardia) tra la pr. 765 e la pr. 809.

In questo tratto il pendio sovrastante i muri di controripa è interessato da un movimento rotazionale lento, che si è probabilmente innescato a seguito del taglio del versante per l'esecuzione della trincea stradale. I muri sono anche fortemente degradati e spesso scavalcati dal terreno retrostante.

Al fine di migliorare le condizioni di stabilità globale del pendio si prevede la realizzazione di muri di altezza variabile da 1,7 m a 2,2 m. I nuovi muri saranno fondati su pali e saranno gettati contro i muri esistenti per evitare che scavi di sbancaimento possano peggiorare ulteriormente le condizioni di stabilità del versante.

Dalla parte opposta, per mantenere l'ampiezza della carreggiata sarà necessario demolire i muri esistenti (peraltro fortemente ammalorati) e ricostruirli nella nuova posizione che ne deriva, anche approfittando della minore acclività del pendio e del fatto l'area dove insistono tali opere non è interessata da dissesti.

Lungo il pendio a monte si ripristinerà il fosso di guardia e si realizzeranno quattro trincee lunghe da 10 m a 15 m.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 21 di 87

❖ Demolizione e ricostruzione del tratto in rilevato tra la pr. 980 e la pr. 1110

In tale tratto le deformazioni accentuate che interessano l'intero corpo stradale, con fessurazioni quasi decimetriche profonde, potrebbero comportare a medio-lungo termine il collasso delle strutture.

Si prevede, pertanto, la demolizione del rilevato, la bonifica dei piani di fondazione, con asportazione che si può valutare mediamente in 1 m, che potrà variare in dipendenza di situazioni da riscontrare localmente e la sua ricostruzione con materiali di buone caratteristiche fisiche e meccaniche.

Le scarpate del rilevato saranno sagomate con pendenza 3/2 (orizzontale/verticale). Nei tratti di altezza maggiore di 5 m sarà interposta una banchina larga 1 m.

I risultati delle indagini eseguite nel 2022 (sondaggio N27) hanno mostrato che le caratteristiche dei materiali dell'attuale opera non sono idonee per la costituzione del nuovo rilevato e probabilmente sono una delle cause principali dei dissesti che si osservano. Tali materiali dovranno essere pertanto portati a discarica.



I nuovi materiali, approvvigionati da cava, dovranno essere adeguatamente posti in opera e compattati fino a raggiungere una densità minima in sito pari al 90% della densità ottenuta in laboratorio sui materiali costipati con tecnica AASHO Modificato e un modulo di deformazione pari a 20 MPa.

Prima della posa in opera i materiali dovranno essere verificati con determinazioni della composizione granulometrica e della densità massima con prove di costipamento. Durante i lavori sarà necessario eseguire misure di densità e prove di carico su piastra allo scopo di verificare il rispetto dei requisiti indicati.

❖ Interventi di sistemazione idraulica ed idrogeologica.

Le opere in programma hanno lo scopo di ristabilire un idoneo smaltimento delle acque di piattaforma e delle acque meteoriche di scorrimento afferenti la piattaforma stradale.

A tal fine, si prevede la sistemazione dei fossi di guardia e delle canalette esistenti nonché la realizzazione di specifici canali di scarico che convogliano le acque meteoriche in recapiti sicuri, in modo da limitarne l'interferenza con le condizioni di stabilità dei versanti in particolare in corrispondenza delle zone a valle degli embri-ci.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 22 di 87

Il ripristino dei fossi guardia esistenti per il recapito delle acque avverrà attraverso il dimensionamento degli stessi in modo da limitarne il fallimento e la conseguente formazione di profondi solchi dovuti allo scorrimento dell'acqua ad elevate velocità, come ad esempio nel pendio a monte della piattaforma stradale in corrispondenza della zona tra la pk 740.00 e la pk 860.00 e per una lunghezza di 116 m.

In corrispondenza dei tratti stradali in rilevato, è prevista la disposizione di embrici, con opportuno interasse, in modo da rendere controllato il deflusso delle acque meteoriche lungo le pendici dei rilevati e limitarne l'azione erosiva sugli stessi.

Nei tratti in trincea le acque che scorrono lungo le cunette laterali saranno recapitate, mediante canalette esistenti e di nuova costruzione, presso punti di smaltimento sicuri.

Al fine di migliorare la regimentazione delle acque piovane sarà prevista la realizzazione di due attraversamenti, posti in corrispondenza delle principali incisioni vallive del torrente Canalotto, per mezzo di tubazioni Armco corrugate. Tali attraversamenti saranno collocati in corrispondenza delle pk 330.00 e pk 660.00.


- ❖ Riprofilatura del pendio nei tratti dove i muri di sostegno sono in procinto di essere scavalcati dai retrostanti terreni e laddove un "alleggerimento" migliorerà la stabilità dei versanti.

Sono stati individuati i tratti dove è necessario intervenire con una riprofilatura del pendio. La nuova pendenza sarà in genere pari a 3/2 (orizz/vert), ma potrà aumentare o diminuire in dipendenza delle locali situazioni morfologiche e geologiche e di eventuali modifiche dei luoghi nel frattempo sopravvenute.

- ❖ Muri di sostegno.

Sono stati individuati i muri che è necessario demolire e ricostruire a causa di molteplici fattori quali: un forte degrado strutturale (carenza/assenza di copriferro, barre a vista ossidate e ridotte di sezione, estese aree con nidi di ghiaia); cedimenti in fondazione; opere oramai insufficienti in altezza in quanto scavalcate dal terreno retrostante.

Nella maggior parte dei casi i nuovi muri avranno altezza maggiore per meglio adattarsi alla nuova situazione dei luoghi e consentire un adeguato contenimento dei terreni a tergo.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 23 di 87

Le canalette a bordo carreggiata saranno inglobate strutturalmente nei muri, così come si riscontra allo stato attuale, allo scopo di limitare gli scavi. Si è reso necessario mantenere la forte pendenza delle canalette esistenti per consentire un adeguato scorrimento delle acque meteoriche.

Per i rimanenti muri e, in generale, per le opere di contenimento di calcestruzzo che saranno mantenute, si dovrà risanare l'estradosso, che mostra quasi sempre inerti a vista. L'intervento prevede la posa in opera di rete porta-intonaco e il ripristino dello strato corticale con calcestruzzo.

Puntualmente potrà essere necessario il ripristino del copriferro.

❖ Guard-rail

Si prevede la ricollocazione di guard-rail che allo stato attuale sono fuori sede, in quanto traslati e/o ruotati causa dei movimenti del terreno, con eventuale sostituzione integrale in dipendenza delle condizioni strutturali.

❖ Interferenze



A fianco del sede stradale corrono una linea telefonica, che intorno a pk 600 si allontana dal tracciato e una linea elettrica che raggiunge il piazzale del pozzo paratoie. Alcuni pali sono fortemente inclinati a causa dei dissesti che coinvolgono i terreni di fondazione. Dal momento che i lavori interesseranno quasi per intero le aree dove insistono i pali delle due reti, sarà necessario procedere allo spostamento di tali sostegni.

La rete elettrica sarà dismessa e spostata fino alla progressiva 1700,00, dal momento che lungo il tratto rimanente i pali di sostegno non interferiscono con le opere.

Per l'esecuzione degli interventi non è necessario procedere ad espropri in quanto tutte le opere in progetto ricadono all'interno dell'impianto della diga Gibbesi.


Si fa presente che il tratto interessato dalle opere in progetto si arresta all'ingresso del piazzale del pozzo paratoie. Qualsiasi intervento di risanamento/consolidamento nell'area del piazzale finale potrà essere progettato solo dopo l'acquisizione di una accurata serie di controlli e verifiche di carattere geologico e geotecnico delle condizioni di stabilità del sovrastante pendio interessato da dissesti di varia natura.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 24 di 87

L'intera zona dove corre la strada presenta nell'insieme versanti instabili e qualsiasi recapito di acque potrebbe, comunque, comprometterne a lungo termine le condizioni di stabilità. Nella progettazione degli interventi si è cercato, pertanto, di mediare, individuando le soluzioni meno impattanti e più durature, anche nell'ottica di contenere i costi. Per questo motivo si ritiene necessario che una volta ultimati i lavori si proceda a un controllo costante dell'efficacia degli interventi tramite misure topografiche per verificare una eventuale evoluzione dei principali movimenti.

Si sottolinea, infine, che qualsiasi intervento che sarà realizzato non potrà essere efficace se non affiancato da una adeguata e costante manutenzione della sede viaria e dei pendii limitrofi.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 25 di 87

## 6. GEOLOGIA

La strada di collegamento tra la casa di guardia e il piazzale del pozzo paratoie è ubicata in località Contrada Canalotto all'interno del complesso della Diga Gibbesi.

Il tracciato stradale segue generalmente l'andamento delle linee di displuvio che circoscrivono il "Vallone Canalotto" e si sviluppa in direzione SO-NE seguendo l'andamento altimetrico dei due versanti. Alla sommità del vallone, in direzione NE, la strada si attesta fra i 320 ed i 330 m.s.l.m. La strada corre prevalentemente a mezzacosta a raso ed attraversa, per l'intero tracciato, terreni di natura argillosa rimaneggiati.

### 6.1. Inquadramento geologico

Dalla consultazione della cartografia geologica che descrive l'area fra il comune di Sommatino e la Diga Gibbesi, è stato possibile riconoscere che nel settore dove si sviluppa il tracciato stradale sono descritte n.3 principali litologie:

- **UC5:** depositi fluviali terrazzati;
- **UA2.:** formazioni pelitiche del Miocene (Tortoniano);
- **UA3:** formazioni pelitiche brecciate e tettonizzate dell'Oligocene-Eocene



I terreni più antichi affioranti nella zona sono costituiti da sedimenti argillosi brecciati denominati UA3; la cui messa in posto, secondo alcuni Autori, è legata a frane sottomarine di grandi dimensioni. Si tratta di depositi legati a trasporto gravitativo massivo di grandi colate plastiche durante le prime fasi orogeniche. Questi elementi sono stati in passato definiti come Olistostromi paleogenici.

Al di sopra presenti depositi prevalentemente argilloso-marnosi, del Tortoniano, denominati UA2. Si tratta, nello specifico, di argille siltoso-sabbiose e marne argillose mioceniche di colore da grigio-azzurro a tabacco da fittamente a mal stratificate in strati centimetrici fino a struttura indistinta.

A chiudere la successione si trovano depositi Olocenici legati all'azione degradatrice e demolitrice degli agenti esogeni ha determinato nel tempo il formarsi di considerevoli fasce di depositi alluvionali a fondovalle ove è presente in Torrente Gibbesi.

Dall'analisi delle carote estratte con i sondaggi è stato possibile riconoscere:



A) materiale di riporto R di spessore massimo pari a 0,7 m.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 26 di 87

B) Depositi argillosi tortoniani, denominati AT presenti nei sondaggi N15, N26, N27 ed N28 sino al fondo foro (20 m). Si tratta di argille marnose scagliettate di colore dal grigio o grigio verdastro molto consistenti ( $W_n < W_p$ ). Sono presenti all'interno noduli di sabbia fina di colore grigio chiaro. Presentano una struttura contorta con scaglie minute o di dimensioni massime di 3 cm, a spigoli vivi, da mediamente a poco serrate. Nei Sondaggi N15-N27-N28 sono presenti porzioni rimaneggiate di queste argille, denominate ATr, il cui spessore varia da 1,5 m a circa 8 m. Si tratta di argille di colore dal nocciola al grigio chiaro, consistenti ( $W_n > W_p$ ), con presenza di minuti elementi lapidei in parte di natura arenacea e di colore biancastro. Nel solo sondaggio N28 è presente una porzione di argille alterate, denominata ATa, con spessore pari a circa 6 m.

C) Depositi argillosi scagliosi e brecciati dell'Oligocene-Eocene. Questa tipologia di terreni, indicata con la sigla AS, è stata riscontrata nel sondaggio N25DH da quota 1 m sino al fondo del foro (30 m). Si tratta di argille ed argille marnose di colore grigiastro, scagliettate, molto consistenti ( $W_n < W_p$ ). Le scaglie sono da minute, a spigoli vivi, da mediamente a ben serrate, con superfici talora lucide, fino a dimensioni di 2-3 cm, di forma appiattita, talora concoide. Appare evidente in alcuni tratti la natura caotica del materiale come anche la presenza di numerose patine di ossidazione, veli e noduli di sabbia ed elementi biancastri di natura carbonatica. In considerazione di queste caratteristiche, si suppone che questo tipo di terreni possa essere riferito ai depositi dell'Olistostroma, derivanti da lenti collassi sottomarini di materiale plastico.

Dall'analisi dei profili sismici a rifrazione appare evidente un netto aumento delle velocità con l'aumento delle profondità. Si passa, infatti, da circa 500 m/s a 1500 m/s entro i primi 5 metri di profondità a partire da piano campagna. L'aumento delle velocità e da mettere in relazione con la presenza del substrato argilloso non rimaneggiato e scarsamente alterato. Dunque i valori massimi riscontrati si riferiscono con molta probabilità alle argille in formazione; questa ipotesi è avvalorata dalla stretta correlazione fra profondità di aumento della velocità delle onde P riscontrata nelle sismiche a rifrazione e le profondità alle quali sono state descritte le formazioni argillose in posto nei sondaggi geognostici eseguiti.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 27 di 87

Alla luce dei risultati della prova “Down Hole” eseguita lungo il sondaggio N25DH permettono di attribuire la categoria C di sottosuolo.

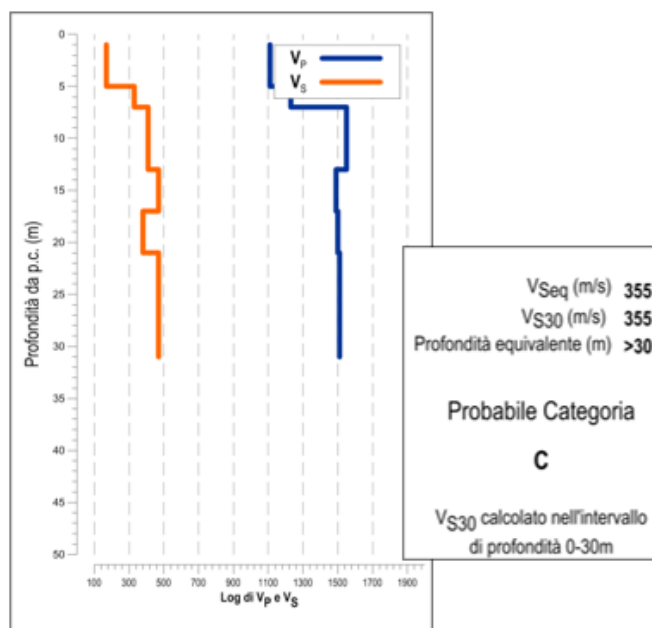



Figura 6-1: Risultati della prova “Down hole” eseguita in N25DH.

Sulla base dei sopralluoghi e delle ricerche cartografiche e bibliografiche ed analizzando i risultati delle indagini geofisiche e geognostiche eseguite nell'area del tracciato stradale, è stata realizzata la carta geologica relativa all'area, della quale si allega uno stralcio nell'immagine che segue.

Nell'area principalmente affiorano i depositi paleogenici UA3 dell'Olistostroma. Si tratta di formazioni pelitiche tettonizzate e dall'aspetto caotico e brecciato derivante dalla loro genesi collegata a trasposti gravitativi di grandi masse plastiche in ambiente sottomarino. Questa formazione è situata alla base del modello geologico e non risulta definibile, sulla base dei dati di campo, il suo spessore complessivo. Quest'ultimo è comunque stimabile in diverse decine di metri prendendo in considerazione i dati bibliografici riguardanti aree limitrofe al settore in studio.

Al di sopra si trova la formazione delle argille tortoniane. Il contatto tra le due formazioni risulta una discontinuità stratigrafica. Anche in questo caso lo spessore non può essere stimato a partire dai dati di campo, ma si suppone che si attesti fra i 30 m ed i 50 m circa.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 28 di 87

Chiudono la successione i depositi fluviali olocenici, che seppur cartografati non interessano strettamente l'area della strada, in quanto presenti nelle porzioni basali dell'invaso di Gibbesi.

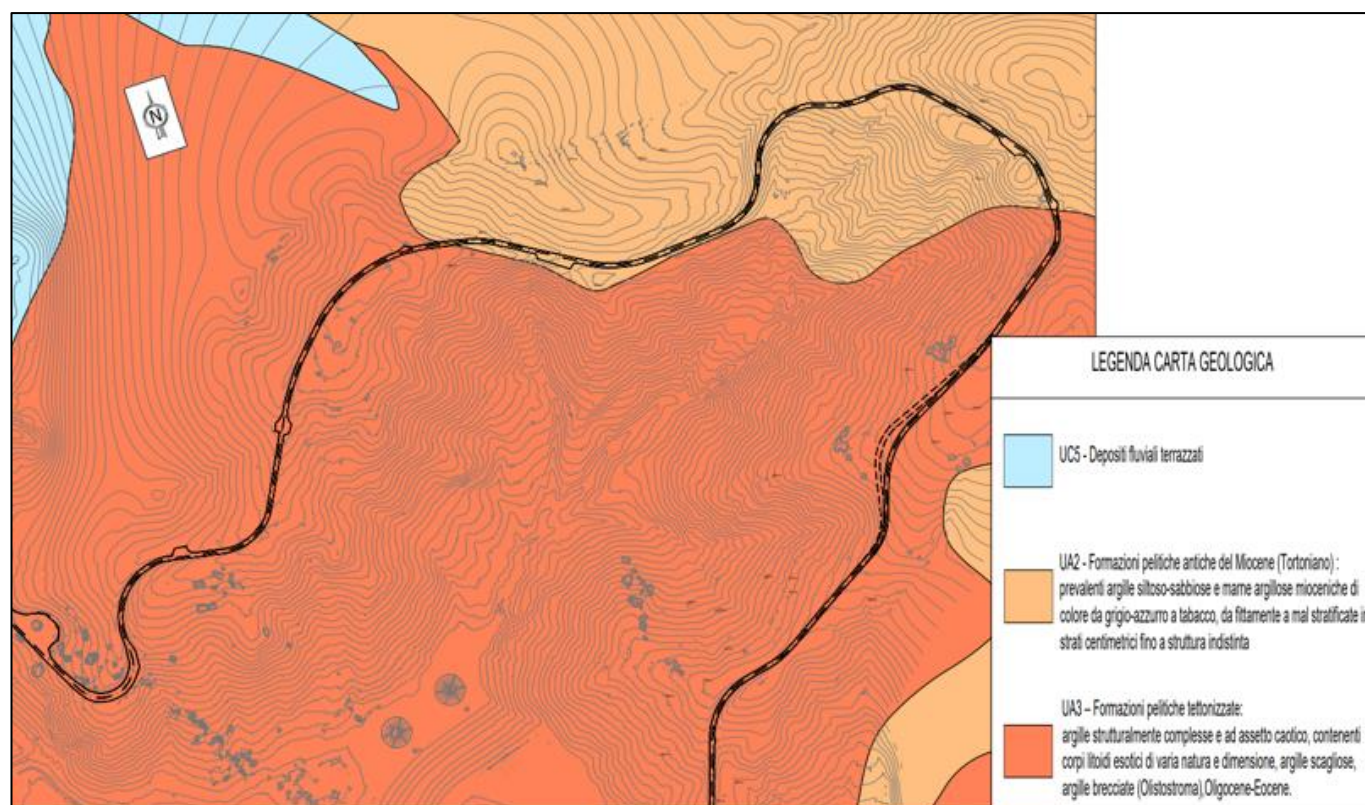



Figura 6-2: Carta geologica dell'area del tracciato stradale.

Un modello semplificato che riassume le caratteristiche dei contatti fra i terreni e gli spessori ipotizzati delle formazioni cartografate è riportato nella figura che segue.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 29 di 87

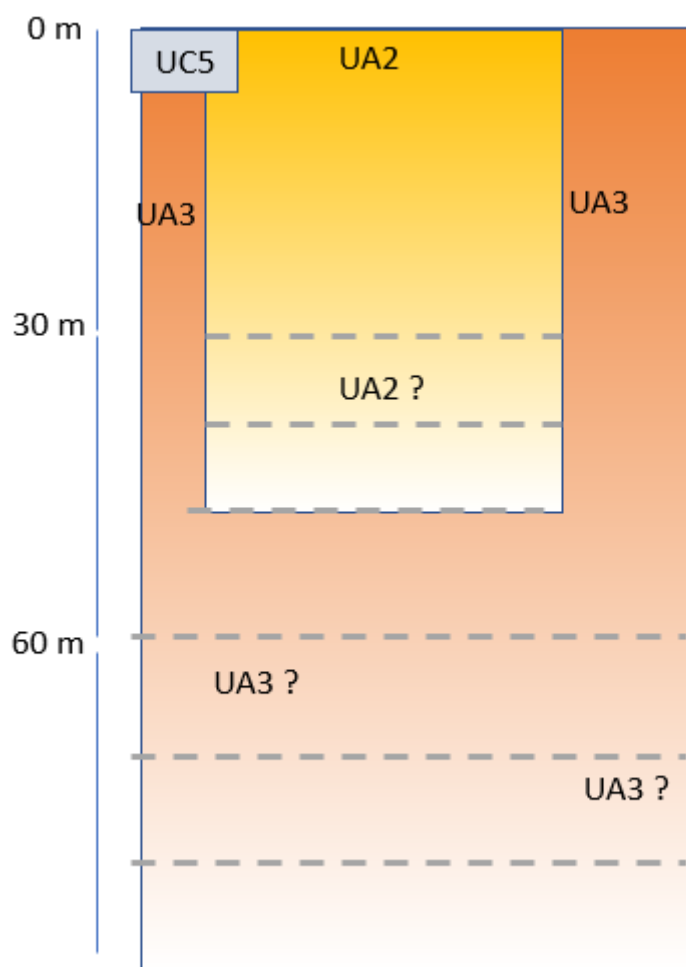



Figura 6-3: Modello geologico semplificato.

Nel settore non risultano rappresentati elementi tettonici. Questo può essere facilmente compreso data la deformabilità dei depositi argillosi che rende non visibili, soprattutto per in una regione così ristretta, le eventuali linee di dislocazione presenti.

## 6.2. Geomorfologia

Dal punto di vista morfologico la regione si presenta come un tipico paesaggio da collinare a calanchivo. Questo è determinato dalla modellazione da parte degli agenti esogeni dei depositi a prevalente componente argillosa.

In vari settori si osserva una erosione accelerata: questo tipo di modellazione è in particolare visibile nella sezione centrale del Vallone Canalotto ed in alcuni settori del versante con esposizione SE. Su quest'ultimo si può osservare la presenza di tre linee di

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 30 di 87

impluvio nelle quali si sono sviluppati veri e propri solchi incisi facilmente riconoscibili sul campo ed anche in vista satellitare.

Altri tipi di dissesto sono diffusamente presenti lungo entrambi i margini del percorso stradale per quasi tutto il suo sviluppo. Questi movimenti di versante sono da collegare all'interazione tra i tratti in rilevato stradale e le generali caratteristiche reologiche delle argille che compongono i rilievi collinari.

Deformazioni lente si sviluppano anche nelle zone dove sono presenti, al piede del versante, altri tipi di dissesto quali colamenti e scorrimenti, in parte già censiti all'interno del catalogo PAI. Questi ultimi dissesti sono presenti nel settore a Sud ed a Est dell'area della casa di guardia.

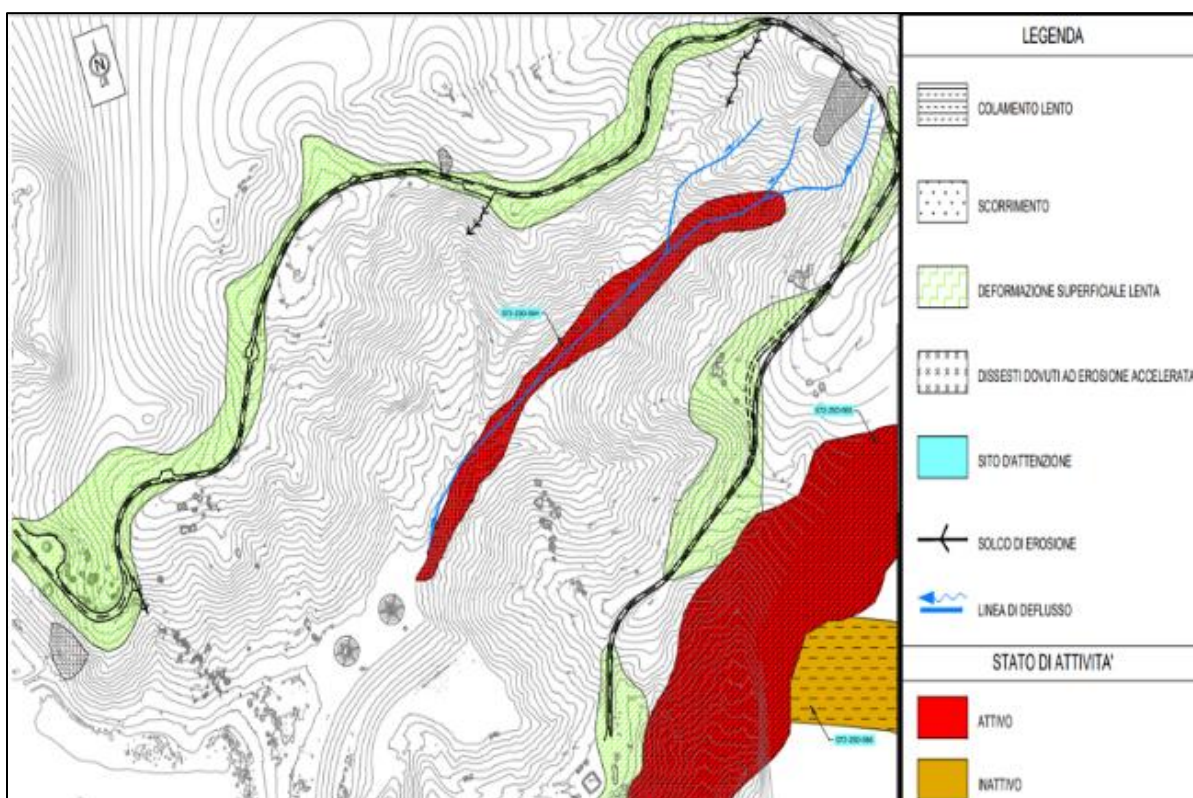




Figura 6-4: Stralcio della Carta Geomorfologica.

Nella sezione più elevata del tracciato è presente un colamento superficiale che ha interessato la sede stradale. Il materiale colato presenta una nicchia di distacco di grandezza complessiva circa 15 m ed uno sviluppo del corpo di frana, perpendicolare alla sede stradale, paria circa pari a circa 30 m. Il colamento, seppur superficiale, può innescare

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 31 di 87

nel futuro un continuo richiamo di materiale da monte ed interessare sempre maggiormente la sede stradale come si osserva delle crepe longitudinali alla nicchia di frana.

Tra le progressive 750+00 e 850+00 in un tratto che in parte si sviluppa in trincea è presente un dissesto caratterizzato da una nicchia di distacco a monte della strada.

La morfologia è caratterizzata dalla presenza di un gradino di altezza poco superiore al metro. Lungo l'asfalto in prossimità del bordo lato valle della strada è presente un accumulo di materiale probabilmente identificabile come il piede del materiale mobilitato della precedente nicchia. Nel complesso questo dissesto può essere definito come uno scorrimento rotazionale il cui sviluppo è in parte stato bloccato dal muro di trincea presente al margine della sede stradale.

Un altro colamento di piccola entità che ha interessato la sede stradale è presente intorno alla progressiva 1295. In questo caso la deformazione si è sviluppata sul materiale che costituisce il rilevato e l'accumulo del materiale mobilitato non si protende oltre la rottura di pendenza della base del rilevato. Seppur di modeste dimensioni l'arretramento della nicchia subverticale può causare la definitiva interruzione della viabilità in tale settore già in parte compromessa.


L'area del piazzale del pozzo paratoie è circondata superiormente da morfologie quali rigonfiamenti ed inclinazione del versante in direzione Sud degli elementi naturali ed antropici. Queste evidenze danno indicazioni riguardo la presenza di un movimento lento di versante. E' auspicabile un frequente monitoraggio dell'area utilizzando gli inclinometri installati alcuni anni fa, che dovrebbero essere affiancati da altri in sostituzione di quelli andati fuori uso, anche la fine di potere definire eventuali futuri interventi di consolidamento delle opere.

In alcuni settori sono presenti versanti argillosi che subiscono erosione diffusa. Queste sono presenti, sia nelle porzioni più elevate del vallone, che nelle vicinanze del piazzale del pozzo paratoie quasi in concomitanza con il limite dell'invaso occupato dalle acque quando presenti. Un'altra area interessata da fenomeni di erosione accelerata, già censita nel PAI, è presente nella zona di fondovalle del Vallone Canalotto dove vengono convogliate tutte le acque di deflusso.

### 6.3. Idrogeologia

Nell'area del tracciato stradale sono presenti unicamente terreni scarsamente permeabili, caratterizzati da un coefficiente di permeabilità minore di  $10^{-8}$  cm/s.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 32 di 87

Nel vallone si osservano linee di deflusso, che risultano attive e visibili solo nei periodi invernali.

Per quanto riguarda le pericolosità idrauliche non vengono riscontrate, nella cartografia PAI del settore, problematiche relative a possibili esondazioni per manovra o ipotetico collasso della Diga Gibbesi.

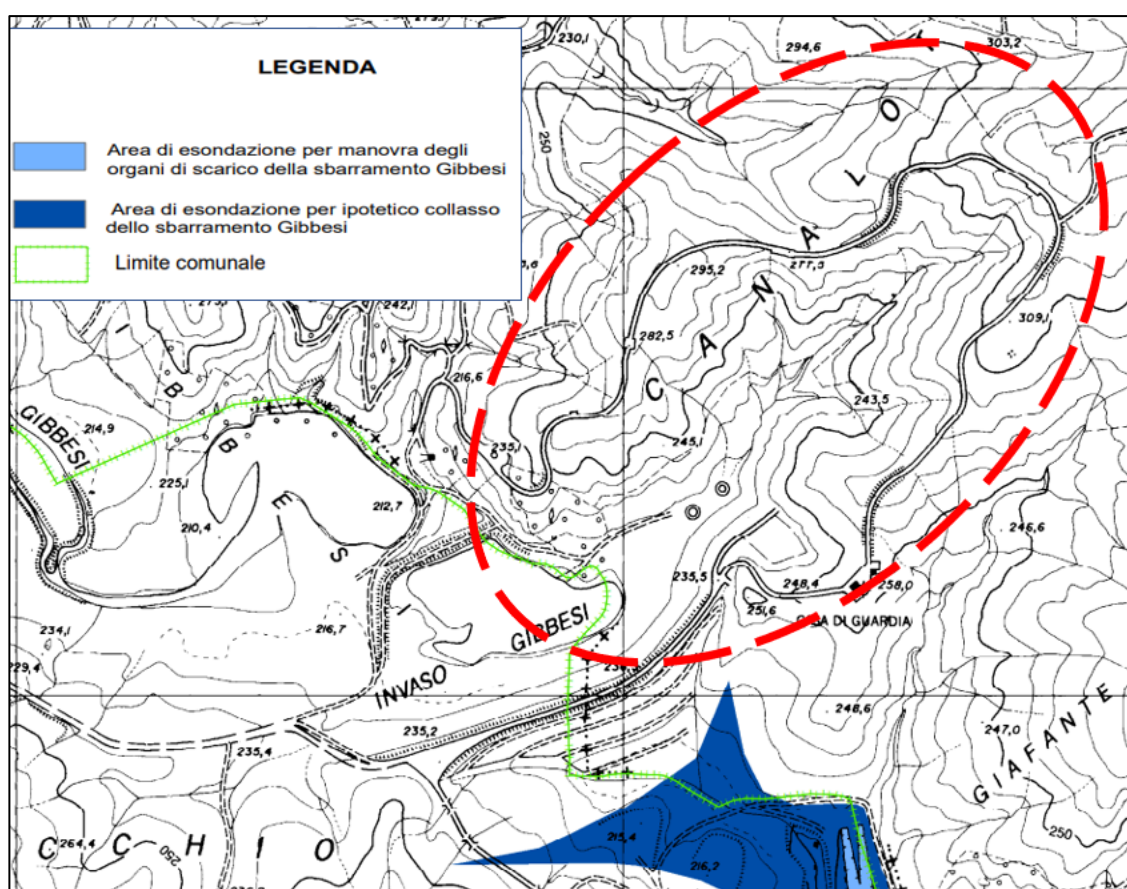




Figura 6-5: Stralcio della carta tematica del PAI relativa alla pericolosità idraulica.

#### 6.4. Sismicità

L'area di studio ove ricade la strada è caratterizzata da una sismicità bassa per la quale nei cataloghi storici sono riportati solo pochi eventi. In particolare, essa pare non essere stata colpita da forti terremoti, ad eccezione di quelli dello Stretto di Messina del 1908 e della Valle del Belice del 1968. Per tale ragione non è stata considerata area sismica.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 33 di 87</p>

## 6.5. Fagliazione superficiale

Attraverso la consultazione del database ITHACA (ITaly HAZard for CAPable faults), fondato e gestita dall'ISPRA è stato verificato che nell'area in cui ricade la strada non sono presenti faglie attive e capaci ACF, nè strutture sismogenetiche (CSS) di queste è presente.

## 6.6. Classificazione e pericolosità sismica

Secondo la classificazione sismica regionale, riportata nella figura che segue, l'area in studio ricade in zona 3, quindi a bassa pericolosità sismica.

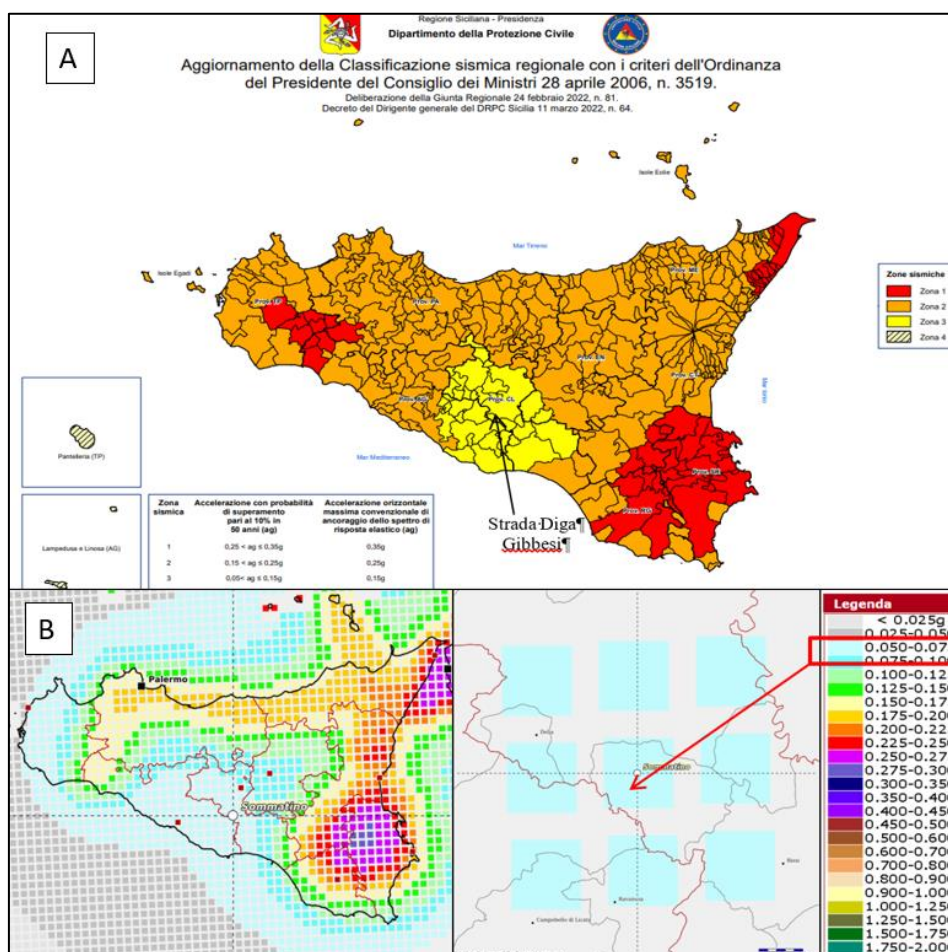





Figura 6-6 : A) Classificazione sismica della Regione Sicilia.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 34 di 87

## 6.7. Cave e discariche

Sono state individuate cava di prestito autorizzata in territorio di Caltanissetta ad una distanza di circa 15 km dall'impianto e quattro possibili aree di stoccaggio ed eventuale recupero e riciclo dei materiali inerti e del calcestruzzo entro un raggio di 60 km dalla diga.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 35 di 87

## 7. GEOTECNICA E SISMICA

### 7.1. Indagini anni 2021 e 2022

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione delle opere si è fatto riferimento principalmente alle indagini a cura del RTI svolte nel 2021 nell'ambito degli studi di rivalutazione sismica e nel 2022 per il presente progetto

Nei prospetti che seguono si riportano i principali dati relativi ai sondaggi e alle trincee che interessano il tracciato stradale.



Sondaggio	Anno	Profondità (m dal p.c.)	C.I.	Prove in foro
N15	2021	20	2	-
N25-DH	2021	30	1	Down-Hole
N26	2022	20	3	-
N27	2022	20	3	-
N28	2022	20	3	-

Trincea	Anno	Profondità (m dal p.c.)
TP1	2021	3,0
TP2	2021	4,0
TP3	2021	3,7
TP4	2021	3,0
TP5	2021	3,5
TP6	2021	3,0

Indagini sismiche a rifrazione sono state eseguite nel 2021 nel piazzale della casa di guardia (SIS-2) e nel piazzale del pozzo paratoie (SIS-3); nel 2022 in corrispondenza della variante tra le progressive 450 m e 550,0 m (SIS-6), nell'area dove sono presenti dissesti tra le progressive 760 m e 770 m (SIS-7) e lungo il tratto in rilevato tra le progressive 1000 e 1100 m.

L'ubicazione delle indagini eseguite lungo il tracciato della strada è riportata nella figura che segue.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 36 di 87

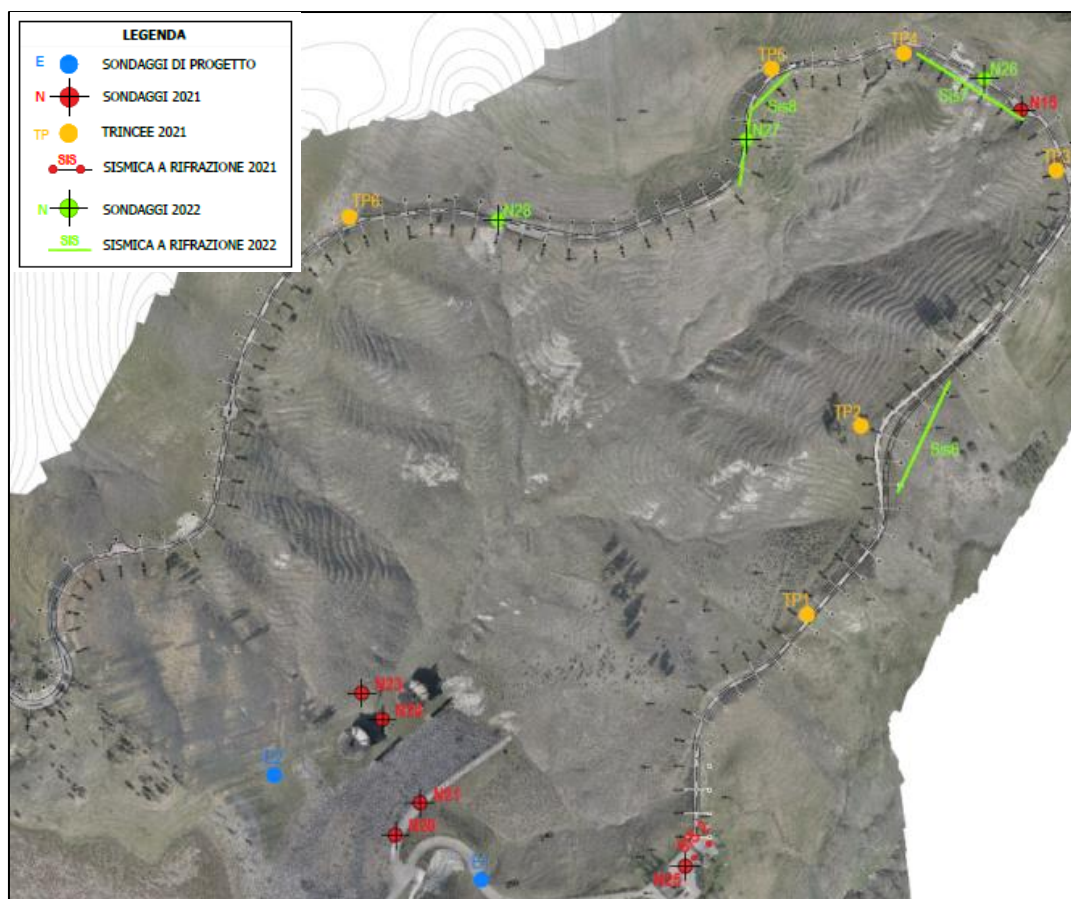


Figura 7-1: Planimetria con ubicazione delle indagini del 2021 e 2022



In laboratorio sono state eseguite prove geotecniche su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno. Le sperimentazioni hanno compreso:

- determinazioni del contenuto d'acqua, dei limiti di consistenza, della composizione granulometrica, del peso specifico dei grani, del peso dell'unità di volume;
- n° 3 prove di taglio diretto (CD) e n° 6 prove di compressione edometrica.

## 7.2. Classificazione geotecnica dei terreni

Le indagini eseguite lungo il tracciato stradale hanno evidenziato la presenza di terreni di natura argillosa, rimaneggiati e/o alterati nei primi metri di profondità.

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi e dei pozzetti, i terreni che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici sono stati raggruppati in otto classi indicate nella tabella che segue



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 37 di 87

TV	Terreno vegetale
R	Materiali del rilevato stradale. Nella parte superiore sabbia ghiaiosa limosa di natura calcarenitica, di colore giallastro oca. Nella parte inferiore materiali di natura prevalentemente calcarea, di colore grigio marrone, con elementi lapidei del $d_{max} = 5$ cm.
ATr	Argilla rimaneggiata di colore marrone verdastro, consistente, talora poco consistente, $W_N \leq W_P$ . Presenza di elementi arenacei biancastri, puntature biancastre diffuse e noduli marnosi.
ATa	Argilla marnosa alterata di colore dal grigio marrone al grigio azzurro, consistente, $W_N < W_P$ , con numerose patine di ossidazione rossastre, ocracee e brune. Nella parte superiore il terreno si preleva in elementi di forma pseudo-prismatica delimitati da superfici piane molto ossidate e persistenti, del $d_{max} \cong 20$ cm. La struttura è prevalentemente a blocchetti, talora a scaglie debolmente serrate, a spigoli vivi. Presenza di superfici lucide, ondulate o concoidi.
AT	Argilla marnosa scagliettata di colore grigio o grigio verdastro, molto consistente, $W_N < W_P$ . La struttura è contorta, con scaglie minute, a spigoli vivi, mediamente serrate, disposte caoticamente nella massa, ovvero con scaglie del $d_{max} = 3$ cm, da mediamente a poco serrate, con superfici lucide. Talora struttura a blocchetti. Presenza di noduli di sabbia fina di colore grigio chiaro e di noduli marnosi duri di forma tondeggiante, del $d_{max} \cong 3$ cm.
ASr	Argilla rimaneggiata di colore marrone, consistente, $W_N < W_P$ . Presenza di radici.
ASa	Argilla e argilla marnosa alterata di colore variabile dal marrone al grigio, consistente, $W_N < W_P$ , con superfici ondulate o concoidi, lucide. Talora struttura scagliettata o a blocchetti. Presenza di patine brune, giallastre e ocracee.
AS	Argilla e argilla marnosa di colore grigiastro, scagliettata, molto consistente, $W_N < W_P$ . Le scaglie sono minute, a spigoli vivi, da mediamente a ben serrate, ovvero di dimensioni fino a 2-3 cm, di forma appiattita, talora concoide, mediamente serrate, a spigoli vivi; le superfici a tratti sono lucide. Talora struttura a blocchetti. Presenza di patine di ossidazione fino ad una profondità di circa 10 m, patine violacee, noduli di sabbia fina di colore grigio chiaro del $d_{max} = 1$ cm e noduli marnosi

#### Classificazione geotecnica dei terreni di fondazione

I materiali di riporto R costituiscono principalmente il corpo del rilevato che corre nel tratto in discesa verso il piazzale del pozzo paratoie.

I terreni AT, del Tortoniano, sono costituiti di argilla marnosa scagliettata di colore grigio o grigio verdastro, molto consistente, con noduli di sabbia fina di colore grigio chiaro e noduli marnosi duri di forma tondeggiante, del  $d_{max} \cong 3$  cm. Il contenuto naturale d'acqua  $W_N$  è minore del limite di plasticità  $W_P$ . La struttura è contorta, con scaglie minute, a spigoli vivi, mediamente serrate, disposte caoticamente nella massa, ovvero con scaglie del  $d_{max} \cong 3$  cm, da mediamente a poco serrate, con superfici lucide. Talora la struttura è a blocchetti.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 38 di 87

Nella parte superiore la formazione è alterata (ATa), di colore variabile dal grigio marrone al grigio azzurro, consistente, con numerose patine di ossidazione rossastre, ocracee e brune. Anche in questo caso il contenuto naturale d'acqua è minore del limite di plasticità.

Le trincee hanno anche evidenziato che immediatamente al di sotto di un modesto spessore di terreno vegetale le argille tortoniane sono rimaneggiate (ATr), di colore marrone verdastro, consistenti, talora poco consistenti, con  $W_N \leq W_P$ .

Le argille AS si rinvencono lungo la parte media e inferiore della strada fin dal piano di campagna. Si tratta di argilla e argilla marnosa di colore grigiastro, molto consistente, con un contenuto d'acqua  $W_N$  minore del limite di plasticità  $W_P$ . La struttura è scagliettata, a blocchetti. Le scaglie possono presentarsi minute, a spigoli vivi, da mediamente a ben serrate, ovvero di dimensioni fino a 2-3 cm, di forma appiattita, talora concoide, mediamente serrate, a spigoli vivi. Le superfici sono a tratti lucide..

Nella parte più superficiale, per spessori massimi di circa 1 m osservati all'interno dei pozzetti esplorativi, l'argilla è rimaneggiata (ASr) e presenta un contenuto d'acqua generalmente minore del limite di plasticità. Più in basso, fino a circa 4 m, i termini sono alterati (argilla ASa) e sono costituiti di argilla e argilla marnosa di colore variabile dal marrone al grigio, consistente, con  $W_N < W_P$  e con superfici ondulate o concoide, lucide. Talora la struttura scagliettata o a blocchetti. Sono presenti patine brune, giallastre e ocracee.



Nel corso delle indagini non si è accertata la presenza di falda all'interno dei sondaggi geognostici e delle trincee esplorative.

### 7.3. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Nella tabella che segue sono riportati in sintesi i parametri geotecnici che è possibile attribuire ai terreni di fondazione che costituiscono il volume significativo ai fini delle verifiche delle opere oggetto del presente studio.

Sigla	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E_{young}$ [MPa]
R	20	-	5	35	100-150
ATr/ASa	19	80	5-10	15	6
ATa/ASa	19	>100	25	25	50
AT/AS	19	>100	25-40	25-26	80

Parametri fisico-meccanici dei terreni e dei materiali

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 39 di 87

Ai materiali R del rilevato stradale sono stati assegnati i valori che comunemente utilizzati in casi analoghi.

In considerazione dei risultati ottenuti con le prove geotecniche di laboratorio e della posizione delle opere da progettare, le argille sono state caratterizzate con i medesimi parametri indipendentemente dalla formazione geologica di appartenenza, distinguendo la parte rimaneggiata da quella in posto.

Alle argille rimaneggiate ATr e ASr sono stati attribuiti valori di coesione e angolo d'attrito effettivi molto cautelativi, coincidenti con i limiti inferiori degli intervalli di variazione dei parametri di resistenza determinati in laboratorio con le prove di taglio diretto, o addirittura inferiori.

Alla parte superiore alterata (ATa/ASa) delle argille di base sono stati assegnati valori dei parametri di resistenza pari ai limiti inferiori dei valori attribuiti alle argille di base AR/AS.

## 7.4. Caratterizzazione sismica dei terreni

### 7.4.1. Stati limite

I calcoli sono stati condotti considerando le opere con classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente  $C_U = 1,5$  e vita nominale di progetto per costruzioni con livelli di prestazioni elevate  $V_N = 100$  anni, in accordo con quanto indicato nel D.M.17/01/18. Il periodo di riferimento dell'opera è pertanto pari a:  $V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1,5 = 150$  anni.

La caratterizzazione sismica è stata eseguita nei confronti dello stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV).

Per la determinazione dell'intensità dell'azione sismica, la probabilità di superamento  $P_{Vr}$  associata allo SLV secondo le norme tecniche è il 10%.

Pertanto, il corrispondente periodo medio di ritorno, valutato con la nota espressione:



$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{Vr})$$

risulta pari a:  $T_R = 1.424$  anni.

### 7.4.2. Definizione dell'azione sismica

L'azione sismica di progetto è specificata in termini dello spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale, che è stata determinata come indicato nel D.M. 17/1/18. L'accelerazione di riferimento attesa in sito è stata calcolata in funzione



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 40 di 87

delle coordinate geografiche dell'opera, della vita nominale e del coefficiente d'uso, che vengono di seguito riportate:

	Latitudine	37,314121			
	Longitudine	13,988731			
Classe d'uso	III				
Coefficiente d'uso	1,5				
Vita nominale (anni)	100				
Periodo di riferimento per la costruzione (anni)	150				
STATO LIMITE	T <sub>r</sub> (anni)	a <sub>g</sub> (g)	F <sub>o</sub> (-)	T <sub>c</sub> * (s)	
SLO	90	0.036	2.519	0.295	
SLD	151	0.043	2.555	0.341	
SLV	1424	0.093	2.718	0.544	
SLC	2475	0.113	2.747	0.573	


Per l'attribuzione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento ai risultati delle indagini sismiche eseguite nel 2021 e nel 2022 (prova Down-Hole N25-DH, indagini sismiche a rifrazione SIS-2-3-6-7).

Sulla base delle informazioni disponibili sui terreni di fondazione è stata associata una categoria di sottosuolo 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”*.

Per tale categoria di sottosuolo, in accordo con la topografia di tipo T1, si ottengono i seguenti valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ , del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  e del coefficiente  $C_c$ :

STATO LIMITE	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>S<sub>T</sub></b>	<b>C<sub>c</sub></b>
SLO	1.50	1.00	1.57
SLD	1.50	1.00	1.50
SLV	1.50	1.00	1.28
SLC	1.50	1.00	1.26

Valori dei coefficienti  $S_s$ ,  $S_T$  ed  $C_c$

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 41 di 87

## 7.5. Questioni geotecniche

### ❖ Rettifica del tracciato tra pr 300 e pr 550

In tale tratto è presente un esteso dissesto lungo il sottostante pendio a causa di deformazioni lente della coltre superficiale. Tra pk 320 e pk 480 si è previsto lo spostamento della carreggiata verso monte in una zona più stabile, dove correrà in trincea. Sul lato a monte gli scavi e raggiungeranno una profondità massima di circa 3 m e saranno sostenuti da muri di sostegno di altezza massima pari a 1,8 m; il terreno retrostante sarà sagomato con pendenza media di 10°.

In considerazione della vicinanza della zona dissestata, nel pendio si prevedono interventi di stabilizzazione con trincee drenanti lungo allineamenti monte – valle secondo la retta di massima pendenza, di lunghezza variabile da 110 m a 25 m.

### ❖ Interventi di stabilizzazione locale di tipo strutturale tra pk. 732 e pk. 765 e tra pk. 1292 e pk. 1302

In tali tratti la carreggiata è parzializzata da movimenti franosi che si manifestano con colamenti e che interessano l'intero spessore del corpo stradale. I dissesti sono aggravati dalla cattiva qualità e posa in opera dei materiali.

Per il ripristino della continuità della carreggiata si prevede, in entrambi i casi, l'esecuzione di paratie di pali di c.a. accostati di diametro  $\phi 1000$  mm, lunghi 17 m. I pali saranno solidarizzati in testa da un robusto cordolo di c.a..

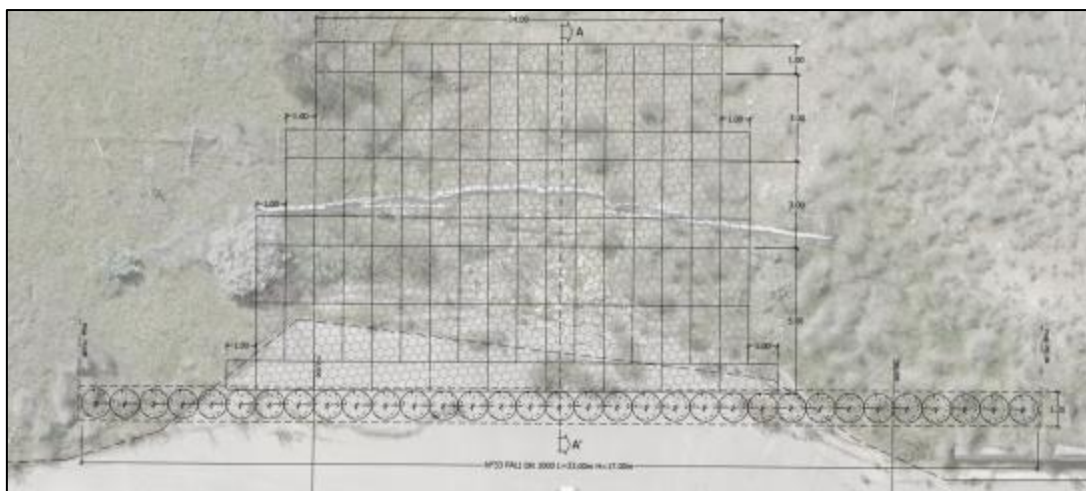



Figura 7-2: Paratia tra pk. 732 e pk. 765

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 42 di 87

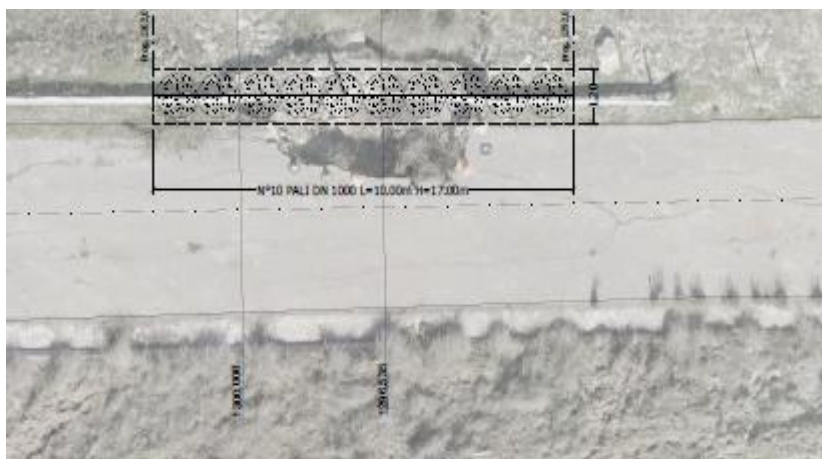


Figura 7-3: Paratia tra pk. 1292 e pk. 1302

Nel tratto compreso tra pk. 732 e pk. 765 saranno posti in opera gabbioni al piede della paratia per la protezione della parte sommitale della sottostante incisione torrentizia.

❖ Interventi di stabilizzazione globale di tipo strutturale e di regimazione delle acque tra la pr. 765 e la pr. 809.

In questo tratto, che si sviluppa in trincea, il pendio sovrastante i muri di controripa è interessato da una deformazione lenta.

Al fine di ripristinare le strutture di sostegno e migliorare le condizioni generali di stabilità globale del pendio si prevede la realizzazione di muri fondati su pali, di altezza variabile da 1,7 m a 2,2 m.



I nuovi muri saranno gettati contro quelli esistenti per evitare che nuovi scavi di sbancamento possano peggiorare ulteriormente le condizioni di stabilità del versante.

Dalla parte opposta, per mantenere l'ampiezza della carreggiata sarà necessario demolire i muri esistenti.

Lungo il pendio a monte si ripristinerà il fosso di guardia e si realizzeranno quattro trincee drenanti di lunghezza compresa tra 10 m e 15 m.

❖ Demolizione e ricostruzione del tratto in rilevato tra la pr. 980 e la pr. 1110

In questo tratto le deformazioni superficiali lente dei terreni che costituiscono il versante sul quale insiste il rilevato hanno prodotto un diffuso quadro fessurativo che interessa l'intero corpo stradale, potrebbero comportare a medio-lungo termine

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 43 di 87

il collasso delle strutture. I dissesti sono aggravati dalla scarsa qualità e manifattura dei materiali posti in opera.

Al fine di rendere l'opera usufruibile in sicurezza a lungo termine si prevede la demolizione dell'intero tratto in rilevato, la bonifica dei piani di fondazione, con asportazione della coltre superficiale e sostituzione con il medesimo materiale del nuovo rilevato di buone caratteristiche fisiche e meccaniche. Lo spessore da asportare, che si può valutare mediamente in 1 m, dipenderà dalla consistenza dei terreni di fondazione da riscontrare localmente.

Le scarpate del rilevato saranno sagomate con pendenza 3/2 (orizzontale/verticale). Nel tratti di altezza maggiore di 5 m sarà interposta una banchina larga 1 m.


I risultati delle indagini eseguite nel 2022 hanno mostrato che le caratteristiche dei materiali dell'attuale opera non sono idonee per la costituzione del nuovo rilevato e probabilmente sono una delle cause principali dei dissesti che si osservano. Tali materiali dovranno essere pertanto portati a discarica.

❖ **Muri di sostegno – Riprofilatura del pendio**

Alcuni muri di sostegno lungo il tracciato presentano un forte stato di degrado strutturale legato carenza/assenza di copriferro, barre a vista ossidate e ridotte di sezione, estese aree con nidi di ghiaia. Altre strutture mostrano dissesti dovuti a cedimenti in fondazione o rotazione in testa. Sono anche stati individuati i muri oramai insufficienti in altezza in quanto scavalcati dal terreno retrostante.

In questi casi si rende necessario demolire e ricostruire le opere. Nella maggior parte dei casi i nuovi muri avranno altezza maggiore per meglio adattarsi ai luoghi e consentire un adeguato contenimento dei terreni a tergo.

In altri casi si è optato per la risagomatura del pendio retrostante. La nuova pendenza sarà in genere pari a 3/2 (orizz/vert), ma potrà aumentare o diminuire in dipendenza delle locali situazioni morfologiche e geologiche e di eventuali modifiche dei luoghi nel frattempo sopravvenute. L'intervento di un "alleggerimento" contribuirà anche a migliorare le condizioni di stabilità dei versanti.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 44 di 87

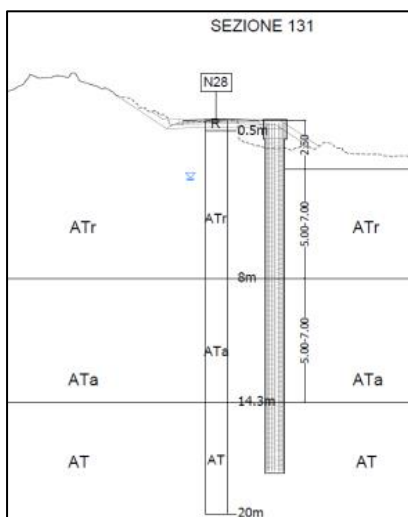
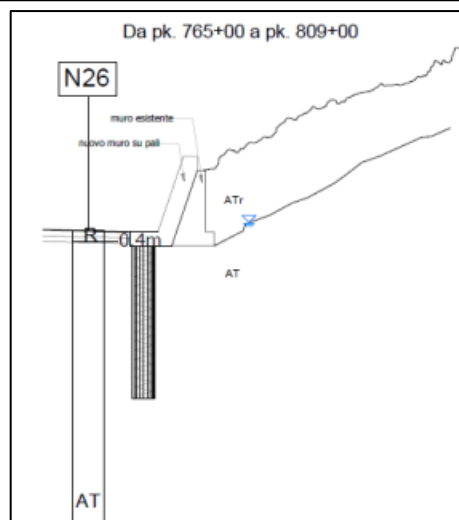
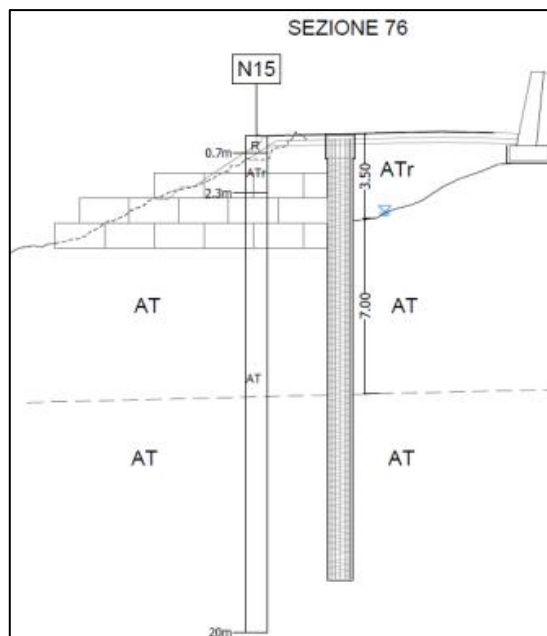
## 7.6. Rapporti opere-terreni

La paratia di pali da realizzare per il consolidamento dei tratti di strada tra pk 732+00 e pk 765+00, dove si è presente un dissesto dovuto a colamento e un cedimenti della sede stradale, sarà realizzata all'interno delle argille AT del Tortoniano, che si presentano rimaneggiate (ATr) nei primi 2 m circa secondo le indicazioni fornite dal sondaggio N15. A vantaggio di sicurezza, nei calcoli si è ipotizzato uno spessore di 3,5 m dei terreni ATr. Il pelo libero della falda è stato ipotizzato cautelativamente al tetto dei terreni AT.

I gabbioni da mettere in opera a valle della pa-

ratia per la protezione della parte sommitale dell'incisione saranno adeguatamente ammorsati nelle argille in posto AT.



I pali di fondazione dei nuovi muri di sostegno da realizzare nel tratto compreso tra pk 765 e pk 809 saranno realizzati all'interno della argille tortoniane AT.



La paratie prevista tra pk 1292+00 e pk 1302+00, dove un tratto di strada è parzializzato a causa di un dissesto che si manifesta con un colamento a valle, saranno realizzate all'interno delle argille AT del Tortoniano, che si presentano rimaneggiate (ATr) nei primi 2 m circa.

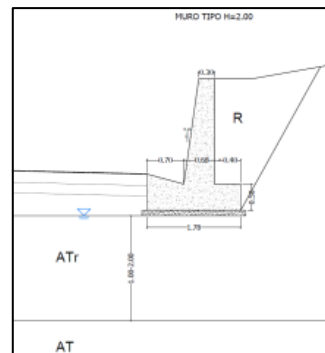
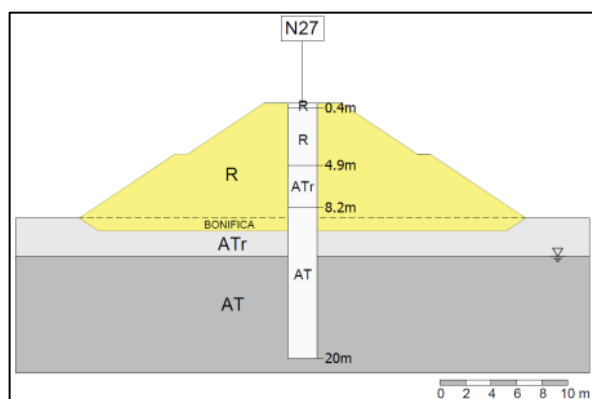
Più in basso, fino a circa 8,5 m, i termini argillosi so-



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 45 di 87

no alterati (ATa).

In generale, i muri di sostegno da demolire e ricostruire risultano fondati sulla parte rimaneggiata talora alterata delle argille AT.



Il tratto in rilevato tra la pr. 980 e la pr. 1110 insiste quasi esclusivamente sull'argilla rimaneggiata ATr.



## 7.7. Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità globale hanno riguardato i tratti di rilevato da demolire e ricostruire nell'ambito del presente intervento e la stabilità a breve termine degli scavi per la realizzazione dei nuovi muri di sostegno.

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.

Le verifiche di stabilità del rilevato sono state eseguite sia in condizioni statiche, sia in condizioni sismiche. Per quanto riguarda gli scavi, le verifiche hanno preso in considerazione solo le condizioni statiche, trattandosi di scavi provvisori.

Per la verifica di stabilità dei rilevati è stata presa in esame la sezione di massima altezza  $H = 9,0$  m alla pk 1060, che insiste sui terreni ATr. Il paramento ha pendenza 2/3 (verticale / orizzontale) con berme di 1 m superati 5 m di altezza.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 46 di 87

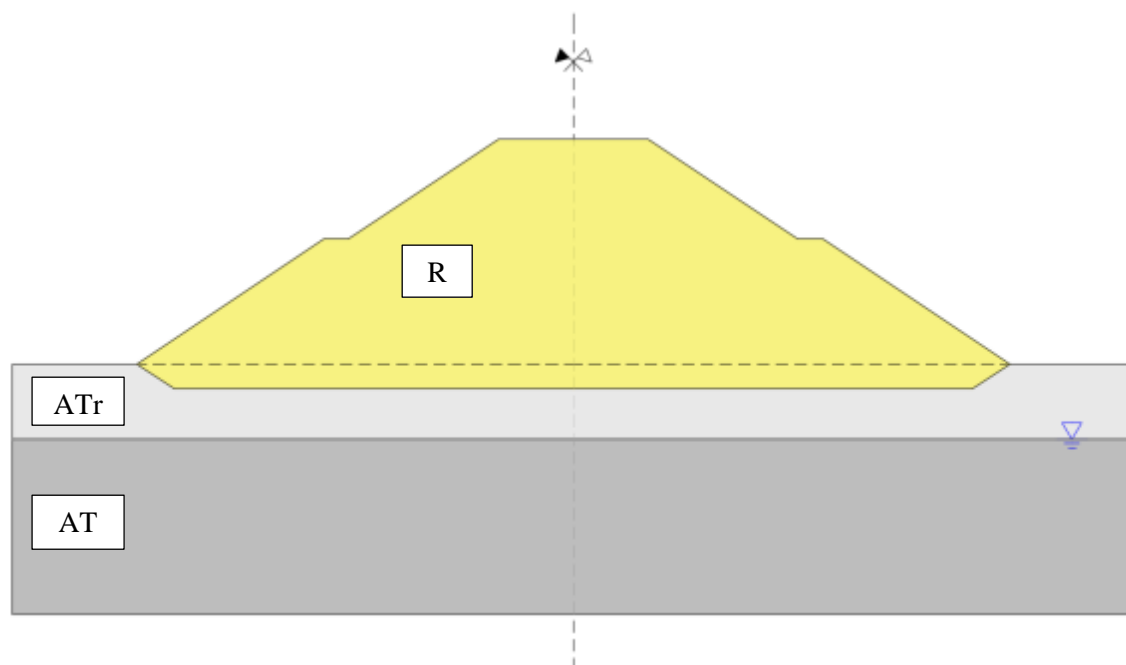


Figura 7-4: Rilevato di altezza massima – Schema fisico di riferimento

Per la verifica di stabilità delle trincee si è preso in esame lo scavo di maggiore profondità, pari a 4,5 m, alla progressiva pk 400. Lo scavo una pendenza variabile da 1/2 a 3/1.

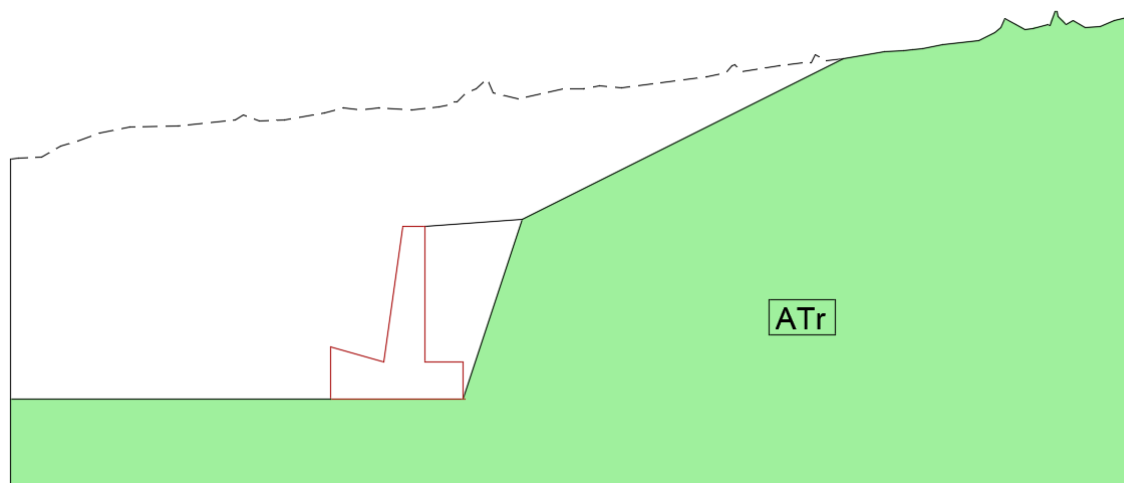



Figura 7-5: Trincea più profonda – Schema fisico di riferimento



Nella tabella seguente si riportano i valori del coefficiente di sicurezza minimo  $F_{\min}$  ottenuto nei differenti schemi di calcolo.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 47 di 87

Sezione di Calcolo	F <sub>min</sub> statico	F <sub>min</sub> sismico
Rilevato	1,26	1,18
Trincea	4,37	-

Coefficiente di sicurezza minimo del rilevato ottenuto con le verifiche di stabilità

Il coefficiente di sicurezza minimo  $F_{\min}$  risulta sempre maggiore del valore minimo stabilito dalla Normativa, pari a 1,1.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 48 di 87

## 8. IDROLOGIA ED IDRAULICA

Gli interventi di carattere idraulico hanno lo scopo di regimentare e controllare le acque che defluiscono nei pressi della piattaforma stradale e di creare un'adeguata rete drenante che derivi tali acque verso ricettori sicuri in modo che il flusso della corrente non influenzi la stabilità delle aree circostanti.

In tale ottica si sono previsti fossi di guardia e canali di scarico per la regimazione delle acque di scorrimento, nuove canalette e nuovi embrici per lo smaltimento delle acque di piattaforma.

### 8.1. Modello idrologico

Nel caso del bacino afferente all'area della strada in oggetto, la risposta idrologica è caratterizzata da tempi di corrivazione brevi, pertanto le precipitazioni da considerare ai fini dell'analisi idrologica sono quelle di breve durata ed intensità elevata.



Per il calcolo delle portate di picco si è fatto riferimento al modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution), una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici sviluppata in relazione al progetto VAPI, che permette di determinare le altezze di pioggia  $h$ , e le relative intensità  $i$ .

Il modello TCEV, applicato alla definizione delle curve di probabilità pluviometrica, è stato descritto nel progetto VAPI Sicilia (Ferro, Cannarozzo, 1993) seguendo la modellazione introdotta da Conti et al, 2007.

La procedura si articola su tre livelli successivi.

- Il *primo livello di regionalizzazione* impone costante, per tutta la regione Sicilia, il coefficiente di asimmetria teorico  $G_t$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$ . L'intera regione Sicilia è quindi considerabile una zona pluviometrica omogenea con valori  $\Theta^*=2.24$  e  $\Lambda^*=0.71$  costanti ed indipendenti dalla durata dell'evento  $t$ .
- Il *secondo livello di regionalizzazione* prevede l'individuazione di sottozone omogenee, interne alla zona individuata nel primo livello, all'interno delle quali possa essere assunto costante sia il coefficiente di asimmetria che il coefficiente di variazione della legge teorica. In questo livello, la Sicilia è suddivisa in cinque zone pluviometriche omogenee. Ad ognuna delle sottozone pluviometriche omogenee è attribuito un valore costante del parametro della TCEV,  $\Lambda_1$ , il quale



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 49 di 87

rappresenta il numero medio di eventi costituenti la componente base ed è indipendente dalla durata dell'evento. Per ogni sottozona, il valore dell'altezza di pioggia, di fissata durata  $t$  e tempo di ritorno  $T$ , rapportato alla media  $\mu$  della legge TCEV.

- Il *terzo livello di regionalizzazione* definisce relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  e le grandezze relative al sito oggetto di studio.

L'area oggetto di studio è localizzata all'interno della sottozona pluviometrica omogenea  $Z_3$ . Per tale zona, utilizzando i parametri precedentemente introdotti, è possibile calcolare il fattore di crescita  $K_T$ .

Fissando il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto ed individuando la stazione pluviometrica più vicina al sito di progetto, è possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata  $t$ .



La stazione pluviometrica di riferimento ai fini del calcolo delle altezze di pioggia è la stazione di Delia, che presenta 20 anni di funzionamento ed è situata ad un'altitudine di 360 m s.l.m.

Sono stati quindi individuati i valori tabellati dei coefficienti  $a$  e  $n$ , pari rispettivamente a 32.30 e 0.284.

A partire dalle informazioni descritte, è possibile ricavare la curva di probabilità pluviometrica relativa al tempo di ritorno  $T$  di interesse per piogge di durata superiore all'ora: nel caso in esame si assume  $T=100$  anni in virtù della suscettibilità dell'area rispetto alla potenziale azione erosiva della corrente in arrivo nonché della necessità di garantire, in qualsiasi condizione meteorologica, la corretta viabilità per l'eventuale attuazione di manovre di sicurezza sulle paratoie della diga Gibbesi.

Considerando che gli eventi di pioggia brevi seguono dinamiche meteorologiche differenti rispetto agli eventi di lunga durata, al fine di ottenere le curve di probabilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora, non è possibile utilizzare direttamente le C.P.P. relative ad eventi di durata compresa fra 1 e 24 ore.

Il rapporto tra l'altezza di pioggia  $h_{t,T}$ , di durata inferiore all'ora e di tempo di ritorno  $T$ , e l'altezza di pioggia  $h_{60,T}$ , di durata oraria e tempo di ritorno  $T$ , risulta essere relativamente poco dipendente dalla localizzazione del sito, ma risulta dipendente dalla durata  $t$  espressa in minuti.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 50 di 87

Utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui il coefficiente si è opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello (*"Rainfall depth-duration relationship for South Italy"*, 1996), è possibile ricavare il legame funzionale per la Regione Sicilia, il quale risulta espresso dalla relazione:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^{0,386}$$

Per quanto riguarda le superfici di influenza, le misure delle precipitazioni hanno la caratteristica di essere misure puntuali e, di conseguenza, si riferiscono al punto in cui è posizionato lo strumento.

La quantità di precipitazione affluente ad una data area, in un determinato intervallo di tempo, deve essere valutata partendo dalle misure puntuali effettuate dalle stazioni di misura ricadenti nell'area o in essa limitrofe.



Essendo la stazione di misura posizionata nelle vicinanze dell'area oggetto di studio e considerando le dimensioni ridotte dei bacini scolanti per il caso in esame ( $A < 10 \text{ km}^2$ ), non è necessario applicare il ragguglio spaziale delle precipitazioni, assumendo quindi  $ARF = 1$ .

## 8.2. Calcolo delle portate di progetto

Il dimensionamento dei fossi di guardia e degli attraversamenti idraulici, nonché di tutti i canali di scarico presenti nell'area di progetto, è stato effettuato valutando le portate di picco per il tempo di ritorno di interesse ( $T=100$  anni).

Le grandezze fisiche alla base del calcolo delle portate di picco, con le relative unità di misura, sono:

- A: area drenante [ $\text{m}^2$ ];
- L: lunghezza dell'asta principale [m];
- $H_m$ : quota massima dell'asta principale [m];
- $H_v$ : quota minima dell'asta principale [m];
- $\Delta H$ : dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta principale [m];
- s: pendenza massima del percorso [%];
- $t_c$ : durata evento pluviometrico critico [min];
- C: coefficiente di afflusso;

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 51 di 87

- $Q_d$ : portata di picco relativa alla durata dell'evento critico [l/s].

I valori delle grandezze fisiche in oggetto per i bacini afferenti ai fossi di guardia e agli attraversamenti idraulici, sono riportate nelle tabelle che seguono.

ID Bacino	A [m²]	L [m]	Hm [m]	Hv [m]	$\Delta H$ [m]	s [%]	$t_c$ [min]	C	$Q_d$ [l/s]
S5F	3950	149.00	302.47	290.30	12.17	8.17	5.00	0.60	270.2
S8F	3680	103.00	343.49	321.66	21.83	21.19	5.00	0.60	251.7
S9F	3630	153.00	342.51	314.15	28.36	18.54	5.00	0.60	248.3
S17F	970	69.00	269.50	256.70	12.80	18.55	5.00	0.60	66.3
D18F	1770	63.00	256.13	239.73	16.40	26.03	5.00	0.60	121.1

Parametri per il calcolo delle portate di picco fossi di guardia

Pk [m]	A [m²]	L [m]	Hm [m]	Hv [m]	$\Delta H$ [m]	s [%]	$t_c$ [min]	C	$Q_d$ [l/s]
0+330.00	4820	149.00	302.47	290.30	12.17	8.17	5.00	0.60	389.2
0+660.00	4570	103.00	343.49	321.66	21.83	21.19	5.00	0.60	344.8

Parametri per il calcolo delle portate di picco attraversamenti


### 8.3. Opere idrauliche

I fossi di guardia proposti hanno le dimensioni riportate nella tabella che segue.

Sezione Trapezia	
Base minore b [m]	0.70
Base maggiore B [m]	1.00
Altezza H [m]	0.50

Dettagli dei fossi di guardia

Al fine di contenere l'azione erosiva della corrente idrica in corrispondenza del fondo del canale, sarà adottato un opportuno rivestimento del fondo in calcestruzzo.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 52 di 87

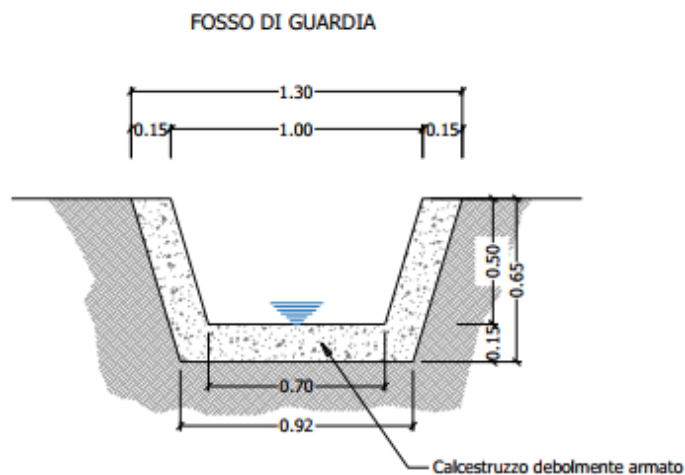


Figura 8-1: Particolare costruttivo dei fossi di guardia

Per quanto concerne lo scarico delle acque di piattaforma, saranno ripristinati i canali di scarico esistenti e ne saranno inseriti di nuovi, i quali avranno lo scopo di convogliare le acque meteoriche verso recapiti sicuri in modo da limitare l'effetto della corrente sui rilievi e, di conseguenza, preservarne le condizioni di stabilità.

Nella tabella che segue sono riportate le dimensioni dei canali di scarico di progetto.

Sezione Rettangolare	
Base minore b [m]	0.70
Altezza H [m]	0.50

Dettagli dei canali di scarico

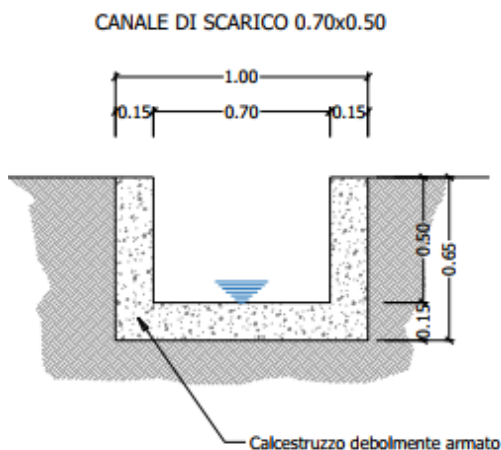




Figura 8-2: Particolare costruttivo dei canali di scarico



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 53 di 87

Al fine di migliorare il sistema di regimentazione delle acque piovane è stata prevista la realizzazione di due attraversamenti, tubolari ARMCO corrugati dal diametro  $\Phi 700$ , posti in corrispondenza delle principali incisioni vallive definite dal torrente Canalotto e, in particolare, alle progressive pk 0+330.00 e pk 0+660.00.

Per quanto riguarda lo smaltimento delle acque di piattaforma, saranno ripristinati le cunette e gli embrici esistenti e ne saranno inseriti di nuovi per lo scarico delle acque di piattaforma in corrispondenza delle sezioni stradali in rilevato. Gli embrici saranno disposti con interasse di 25 m e avranno le dimensioni riportate nella figura che segue.

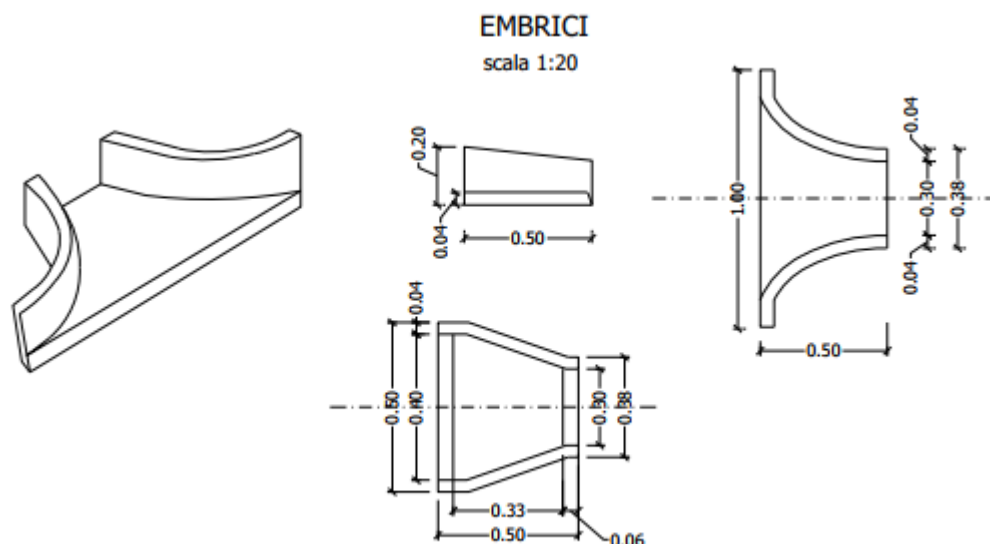




Figura 8-3: Sezioni tipo di embrici

#### 8.4. Verifica delle portate di progetto

Il dimensionamento delle opere idrauliche a difesa del corpo stradale è stato condotto applicando una fase di pre-dimensionamento e una fase successiva di verifica delle capacità delle opere.

La fase di pre-dimensionamento prevede l'assegnazione di una tipologia di opera idraulica in funzione della morfologia del territorio, pendenza, orografia etc. La successiva verifica della capacità idrauliche è stata effettuata, in condizioni di moto uniforme, attraverso l'applicazione della formula di Chezy:

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 54 di 87

$$Q = X \cdot A \cdot \sqrt{R_h \cdot i}$$

in cui:

Q è la portata che defluisce nell'opera idraulica [m<sup>3</sup>/s];

X = c R<sup>1/6</sup> è il coefficiente di scabrezza (Gauckler-Strickler);

c è il coefficiente di resistenza;

A è l'area della sezione bagnata [m<sup>2</sup>];

R<sub>h</sub> = S/P è il raggio idraulico [m];

i è la pendenza del canale.

Il raggio idraulico R<sub>h</sub> dipende dalla geometria del canale ed è espresso come il rapporto tra l'area della sezione trasversale del flusso S ed il perimetro bagnato P.

La tabella che segue riassume i risultati delle verifiche effettuate sulle sezioni dei fossi di guardia di progetto.

ID	Q <sub>d</sub> [l/s]	s [%]	b [m]	B [m]	h [m]	y [m]	y/h	V [m/s]
S5F	270.2	3.5%	0.7	1.0	0.5	0.13	0.2	2.69
S8F	251.7	3.5%	0.7	1.0	0.5	0.12	0.2	2.63
S9F	248.3	3.5%	0.7	1.0	0.5	0.12	0.2	2.63
S17F	66.3	3.5%	0.7	1.0	0.5	0.07	0.1	1.69
D18F	121.1	3.5%	0.7	1.0	0.5	0.10	0.2	2.04



Verifiche idrauliche dei fossi di guardia

Successivamente, è stata effettuata la verifica idraulica degli attraversamenti proposti definendo le informazioni idrauliche utili a valutare i profili di corrente attraverso l'attraversamento stesso.

Nella tabella che segue sono riportate i risultati delle verifiche.

Pk [m]	Q <sub>d</sub> [l/s]	s [%]	D [m]	Hw [m]	Hw/D	V [m/s]
0+330.00	389.2	2.5%	0.70	0.54	0.77	1.74
0+660.00	344.8	2.5%	0.70	0.49	0.70	1.67

Verifiche idrauliche degli attraversamenti

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 55 di 87

## 9. PROGETTO STRADALE

Allo scopo di acquisire tutti gli elementi necessari per la progettazione delle opere, sono stati eseguiti numerosi sopralluoghi per rilevarne lo stato di fatto, evidenziare i dissesti e individuare le opere necessarie per il ripristino della viabilità. In tale ambito è stata eseguita una accurata ripresa video dell'intero tracciato, che viene restituita in formato digitale.

Grazie ad una serie di voli con drone è stata ricostruita la cartografia di dettaglio dell'intera area attraversata dalla strada e sono state ricostruite sezioni trasversali ogni 20 m di tracciato.

### 9.1. Dati caratteristici e descrizione degli interventi stradali

Il progetto della strada ha ricalcato l'attuale sedime stradale mantenendo quindi i cigli stradali esistenti tranne per la zona ricadente in variante tra pk 320 e pk 480.

Di seguito le principali caratteristiche geometriche dell'opera.

- Lunghezza: 2.025 m
- Piattaforma stradale costituita da una carreggiata con una corsia per senso di marcia da 2,00 m.
- Pendenza longitudinale max 14.80 %;
- Raggio di curvatura planimetrico minimo: 29.5 m;
- Raggio di curvatura altimetrico minimo: 300 m;

#### 9.1.1. Sezione tipo

Le sezioni tipo utilizzate sono le seguenti:

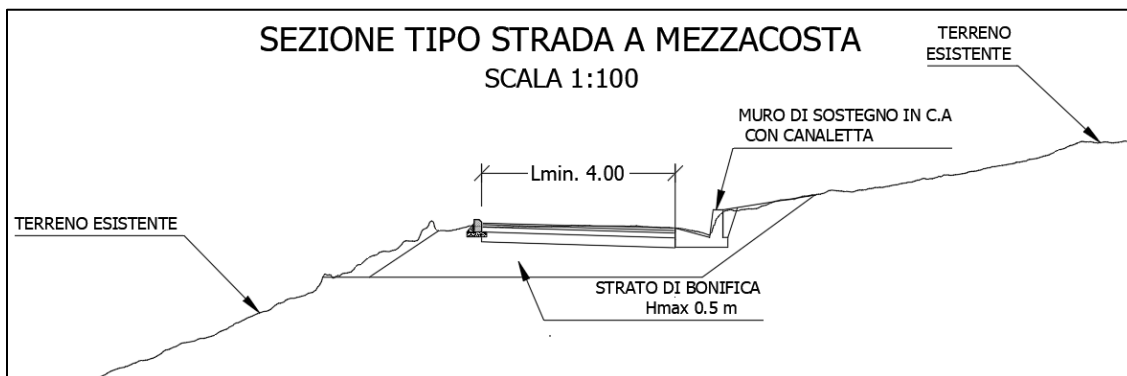




Figura 9-1: Sezione tipo strada a mezzacosta

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 56 di 87</p>

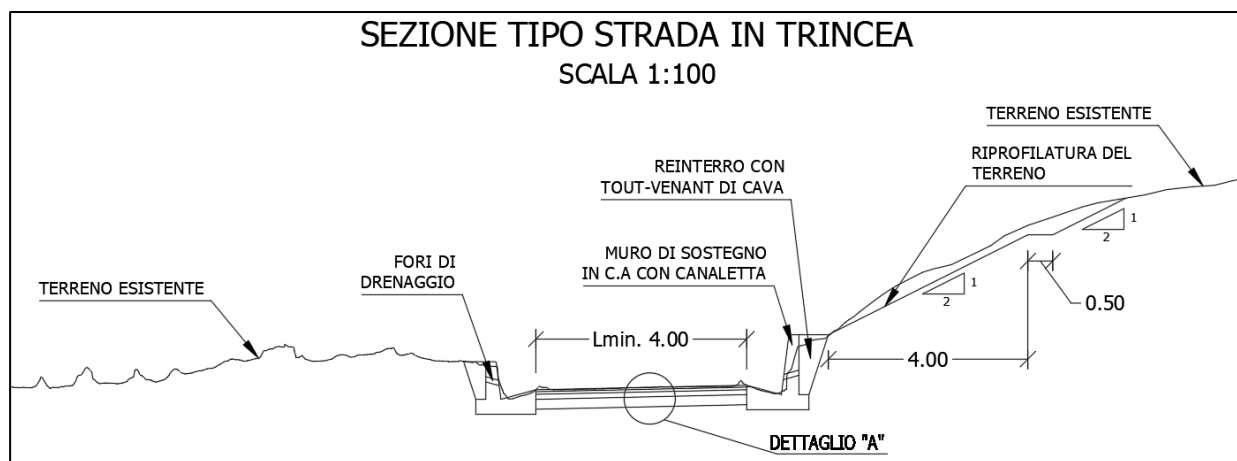


Figura 9-2: Sezione tipo strada in trincea

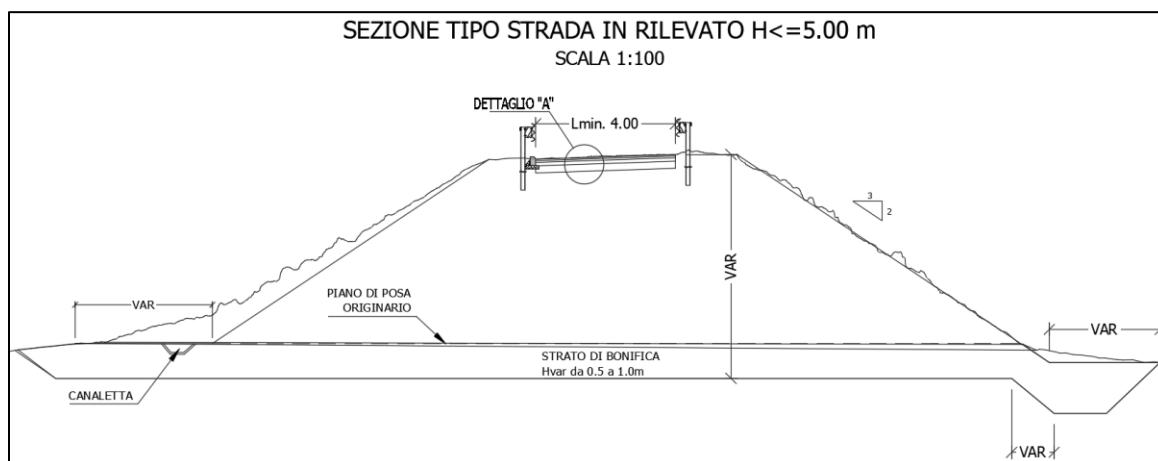


Figura 9-3: Sezione tipo strada in rilevato con  $H \leq 5$  m

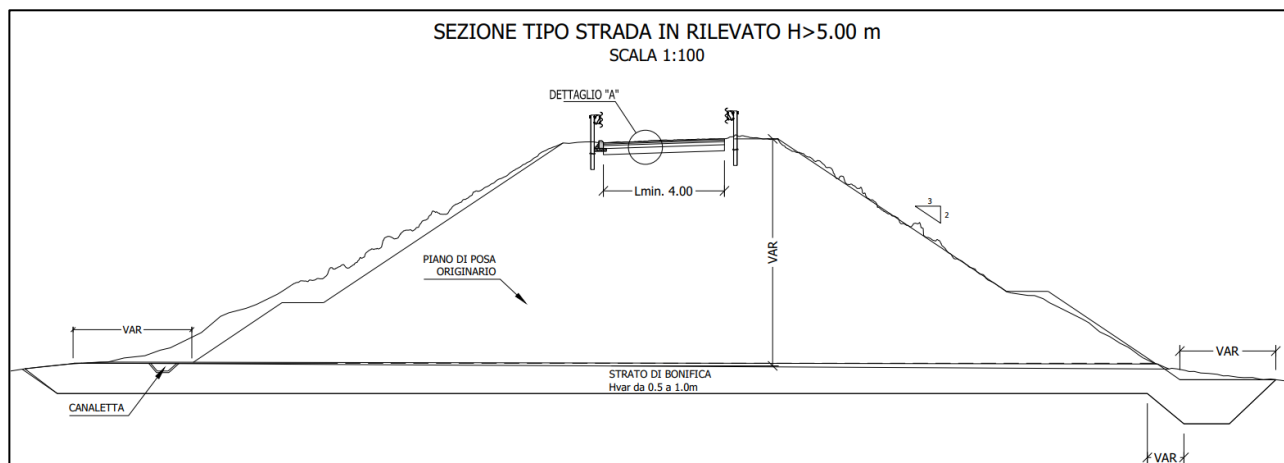




Figura 9-4: Sezione tipo strada in rilevato con  $H > 5$  m



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 57 di 87

E' prevista la sostituzione dei guard-rail deformati o totalmente fuori sede a causa dei dissesti.

## 9.2. Pavimentazione

La sezione tipo della pavimentazione stradale è riportata nella figura che segue.

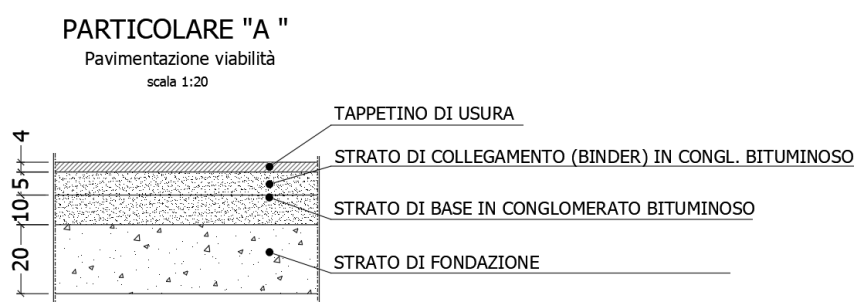


Figura 9-5: Sezione tipo della pavimentazione stradale

Per garantire la durabilità dell'opera si è previsto, partendo dal basso:

- uno strato di fondazione di spessore 20 cm;
- uno strato di base di spessore 10 cm
- uno strato di collegamento in conglomerato bituminoso (binder) di spessore 5 cm
- il tappetino di usura di spessore 4 cm


Si procederà, inoltre, alla bonifica del piano di posa fino a spessori massimi di 50 cm, con sostituzione dei terreni con il medesimo materiale dello strato di fondazione.

## 9.3. Rettifica del tracciato tra pr 320 e pr 480

Tra la sez. 17 (pk 320,00) e la sez. 25 (pk 480,00), laddove il tracciato è interessato da deformazioni dovute a richiami del sottostante pendio, la carreggiata sarà spostata verso monte in una zona più stabile e correrà in trincea.

Sul lato a monte gli scavi e raggiungeranno una profondità massima di circa 3 m e saranno sostenuti da muri di sostegno di altezza massima pari a 1,8 m; il terreno retrostante sarà sagomato con pendenza di 10°.

Nel limitrofo pendio saranno realizzati interventi di stabilizzazione con quattro trincee di lunghezza compresa tra 10 m e 25 m.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 58 di 87

#### 9.4. Demolizione e ricostruzione del tratto in rilevato tra la pr. 980 e la pr. 1110

Si prevede, pertanto, la demolizione del rilevato, la bonifica dei piani di fondazione, con asportazione mediamente di 1 m di terreno e che potrà variare in dipendenza di situazioni da riscontrare localmente e la sua ricostruzione con materiali di buone caratteristiche fisiche e meccaniche.

Le scarpate del rilevato saranno sagomate con pendenza 3/2 (orizzontale/verticale).

Nei tratti di altezza maggiore di 5 m sarà interposta una banchina larga 1 m.

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 59 di 87

## 10. OPERE D'ARTE MINORE

### 10.1. Caratteristiche dei materiali

#### ❖ Conglomerato Cementizio:

##### **Classe di resistenza C 12/15 – Magrone**

Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione X0 – Magrone

Tipo/classe di cemento CEM I 32.5 R Portland (conforme a UNI-EN 197/1)

Contenuto minimo cemento  $250 \text{ kg/m}^3$

Rapporto max a/c = 0,60

Aggregati  $D_{max} = 30 \text{ mm}$  frantumati

##### **Classe di resistenza C 25/30 – Muri di sostegno**

Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione XC2 – Parti di strutture di fondazione

Classe di consistenza S4

Tipo/classe di cemento CEM I 32.5 R Portland (conforme a UNI-EN 197/1)

Contenuto minimo cemento  $300 \text{ kg/m}^3$

Rapporto max a/c = 0,60

Aggregati  $D_{max} = 30 \text{ mm}$  frantumati

##### **Classe di resistenza C 35/45 – Pali**

Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica cubica  $R_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$

Classe di esposizione XS2 – Parti di strutture di fondazione



Classe di consistenza S5

Tipo/classe di cemento CEM III 32.5 d'altoforno (conforme a UNI-EN 197/1)

Contenuto minimo cemento  $300 \text{ kg/m}^3$

Rapporto max a/c = 0,60

Aggregati  $D_{max} = 30 \text{ mm}$  frantumati

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 60 di 87

### ❖ Acciaio per c.a.

#### Barre tonde tipo B450C

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$

Prescrizioni comuni: Adottare distanziatori conformi alla realizzazione di un copriferro con spessore di almeno 40 mm in accordo all'Eurocodice 2 con riferimento alla classe di esposizione e al tipo di struttura (armata o precompressa).

Copriferro minimo adottato  $\geq 40 \text{ mm}$

### 10.2. Interventi di stabilizzazione tra pr. 732 e pr. 765 e tra pr. 1292 e pr. 1302

Nei tratti compresi tra pr. 732 e pr. 765 e tra pr. 1292 e pr. 1302 la carreggiata è parzialmente lizzata da movimenti franosi che si manifestano con colamenti e che interessano l'intero spessore del corpo stradale. I dissesti sono aggravati dalla cattiva qualità e posa in opera dei materiali.

Si prevede l'esecuzione di paratie di pali di c.a. accostati di diametro  $\phi 1000 \text{ mm}$ , lunghi 17 m. I pali saranno solidarizzati in testa da un robusto cordolo di c.a.


I pali saranno gettati in opera con calcestruzzo C35/45 e saranno armati con armatura longitudinale e spirale B450C e saranno collegati in testa tramite un cordolo di sezione  $1,00 \times 1,20 \text{ m}^2$ .

La paratia tra pr. 732 e pr. 765 (paratia P1) ha uno sviluppo di 33 m e procede parallelamente all'asse stradale. Al piede saranno posti in opera gabbioni per la protezione della parte sommitale della sottostante incisione torrentizia. La seconda paratia (indicata nel prosieguo con la sigla P2) ha uno sviluppo complessivo di 10 m.

I calcoli sono stati eseguiti utilizzando il codice di calcolo Paratie Plus 2022 di HARPACEAS, considerando la situazione ritenuta più significativa, che si verifica in maniera abbastanza diffusa lungo tutto lo sviluppo della paratia.

In accordo ai risultati delle indagini e grazie alle valutazioni a seguito dei sopralluoghi in sito per la paratia P1 si assume una stratigrafia che prevede nei primi 3,5 m uno strato di materiali ATr. Al di sotto sono presenti le argille in posto AT.

Si riporta di seguito lo 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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 61 di 87</p>

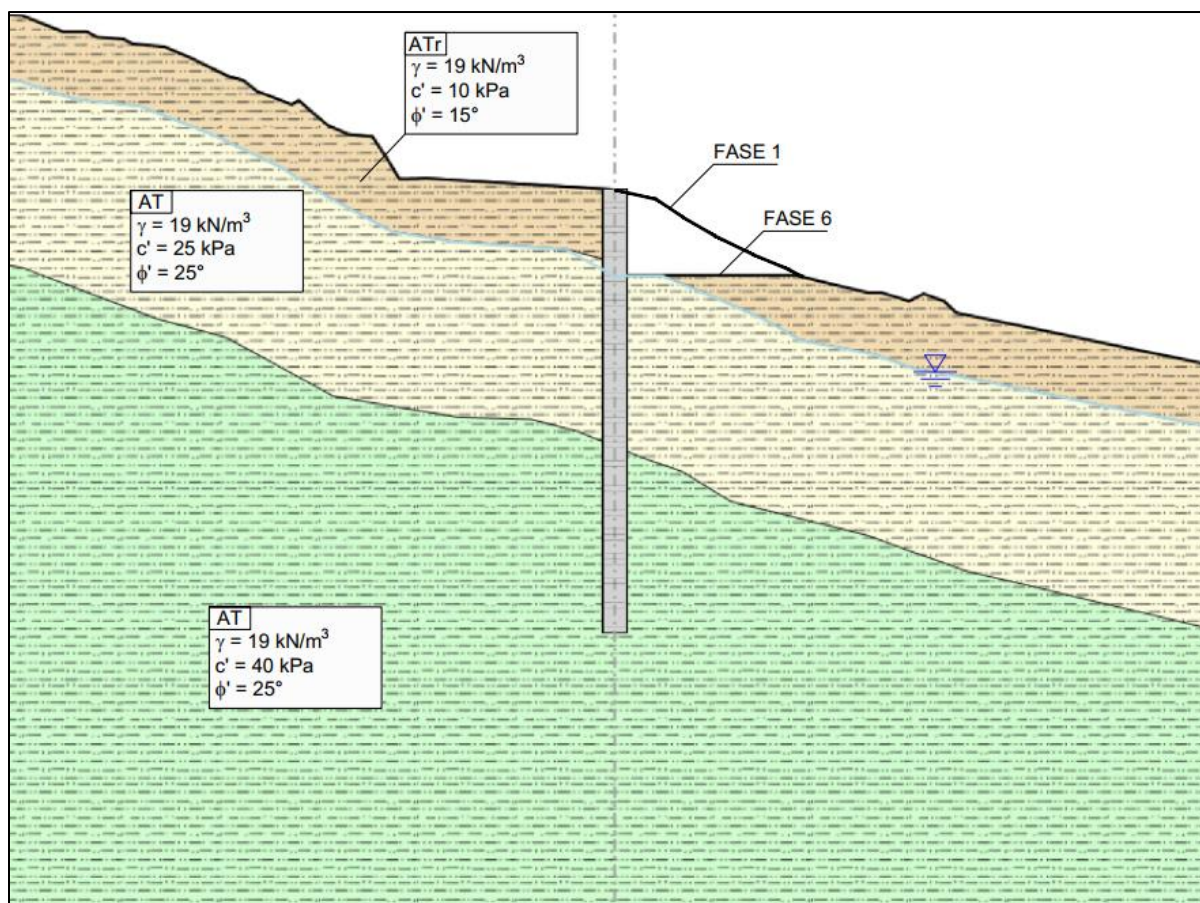




Figura 10-1: Schema fisico di riferimento paratia P1

La rottura dello strato superficiale di ATr viene considerata in maniera progressiva attraverso l'imposizione di più fasi di calcolo, nell'ordine seguente:

- FASE 1: Condizione litostatica, pendio integro;
- FASE 2: Costruzione della paratia di pali;
- FASE 3: Rimozione di 1,0 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 4: Rimozione di 2,0 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 5: Rimozione di 3,0 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 6: Rimozione di 3,5 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 7: Applicazione del sisma.

Durante ciascuna fase viene sempre considerata l'applicazione di un sovraccarico sul piano stradale pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.



<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 62 di 87</p>

Nella tabella che segue sono indicati i valori massimi assoluti delle sollecitazioni di momento flettente e taglio ( $M_{\max}$ ,  $T_{\max}$ ) e dello spostamento ( $\delta_{\max}$ ), nonché le profondità rispetto alla testa della paratia alle quali si ottengono tali valori.

Momento massimo $M_{\max}$ [kNm/m]	Profondità $M_{\max}$ [m]	Taglio massimo $T_{\max}$ [kN/m]	Profondità $T_{\max}$ [m]	Spostamento massimo $\delta_{\max}$ [cm]	Profondità $\delta_{\max}$ [m]
808	9,8	147	4,8	4,7	0,0

Paratia di pali P1 – Risultati dei calcoli

Nei grafici successivi sono riportati i diagrammi degli involuipi di momento flettente, taglio e spostamento:

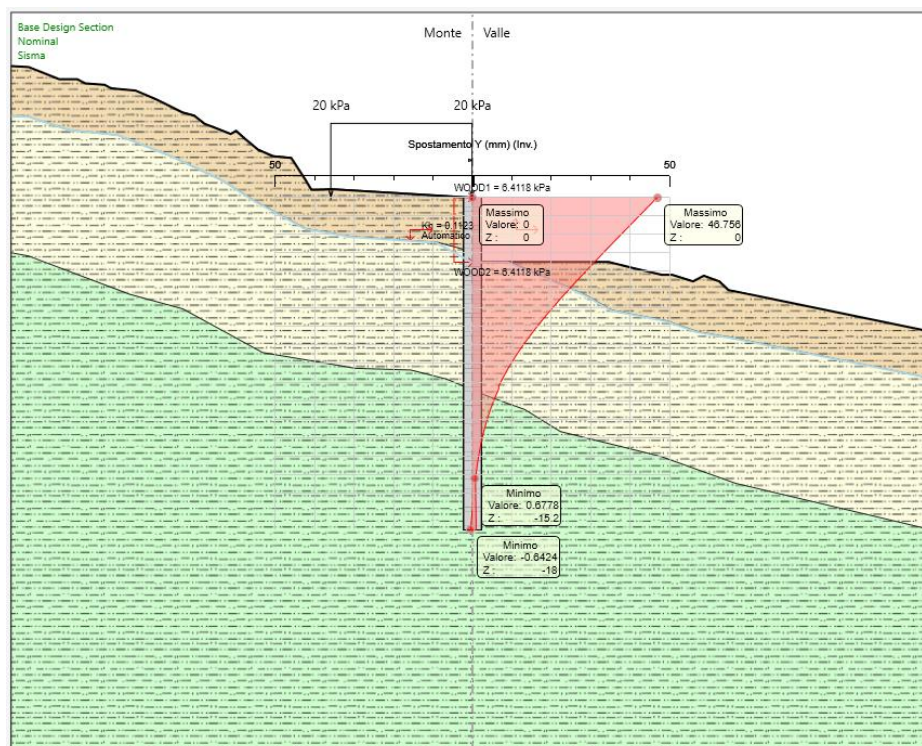




Figura 10-2: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di spostamento

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 63 di 87</p>

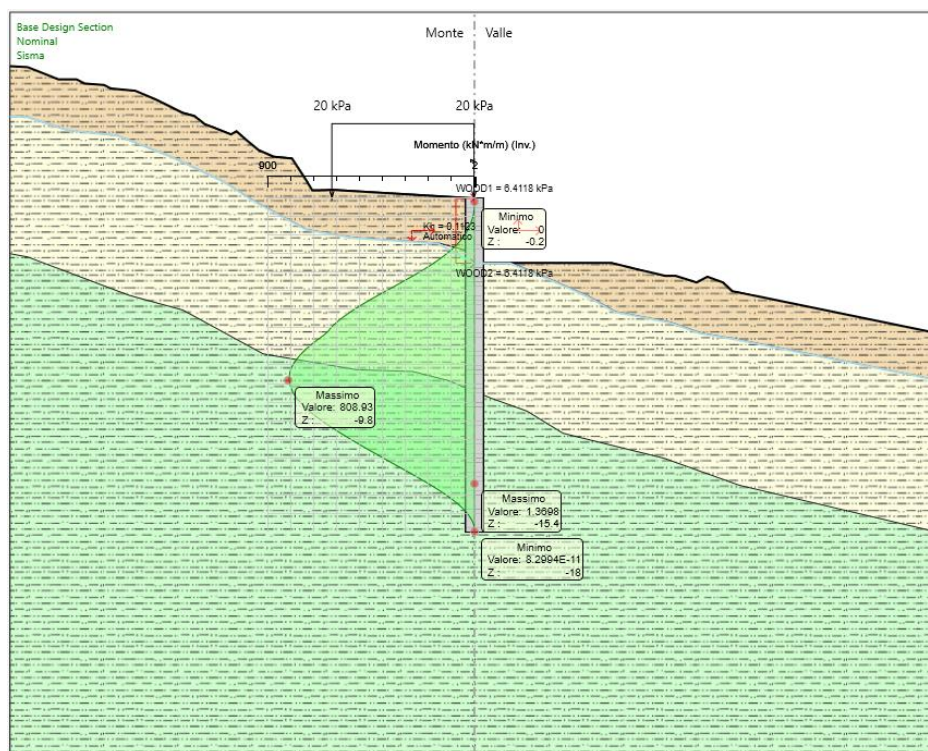


Figura 10-3: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di momento

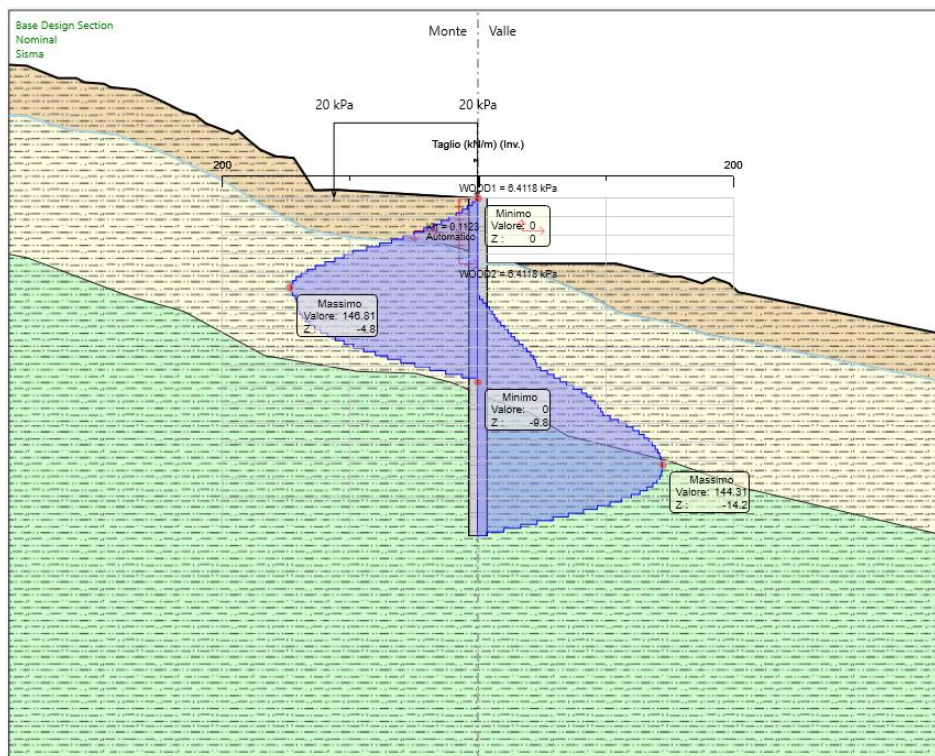




Figura 10-4: Paratia di pali P1 – Involuppo dei diagrammi di taglio



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 64 di 87

I valori massimi risultano dalla condizione A2+M2+R1, più cautelativa nei confronti delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Si riporta in particolare lo spostamento calcolato in testa alla paratia che, nella condizione "Nominal", a 2,3 cm. Tale valore risulta molto rappresentativo delle reali condizioni del pendio, anche se lo spostamento massimo risulta comunque congruo al valore limite da normativa (pari a  $0,05 \cdot h$ , con  $h$  altezza della paratia).

Per quanto riguarda il dimensionamento delle armature, si è considerata una distanza minima tra gli interassi di due barre longitudinali (interfero)  $d_{int,min}$ , pari a 3 volte il diametro delle barre e una minima armatura longitudinale  $A_{min,long}$ , pari allo 0,3% della sezione trasversale.

Per il singolo palo il massimo momento di calcolo risulta pari ad  $M_{Ed} = 808 \text{ kNm}$  essendo il diametro del palo 1,0 m.

Si considera un'armatura longitudinale composta da  $16\phi 24$ , con area  $A_{long} = 7.234 \text{ mm}^2$ .

Di seguito si riporta il diagramma di sfruttamento del momento.

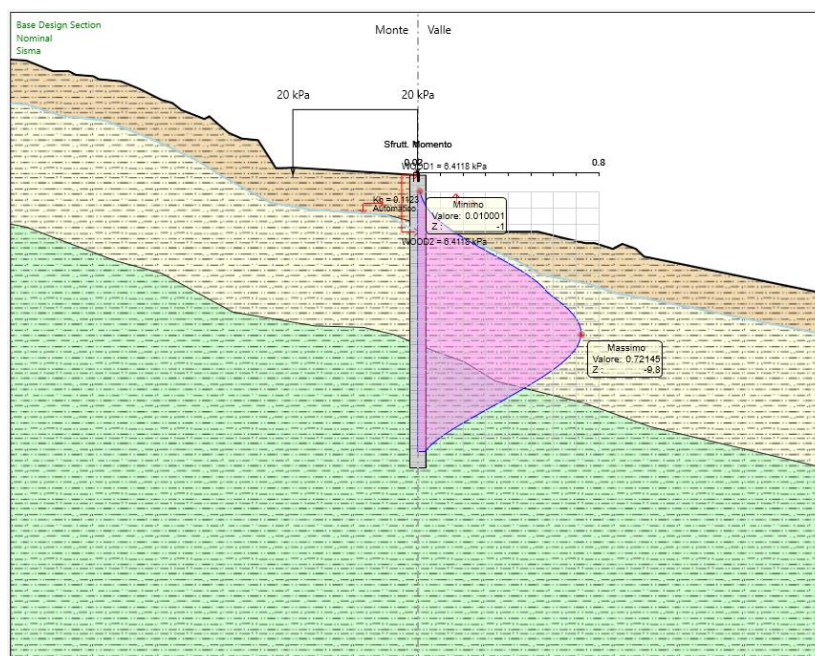




Figura 10-5: Paratia di pali P1 – Sfruttamento del momento

Si osserva come il momento resistente sia ben superiore a quello massimo agente. In tali condizioni è possibile non considerare la presenza di una zona dissipativa.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 65 di 87

Si riporta infine il diagramma M-N ricavato dal software di calcolo.

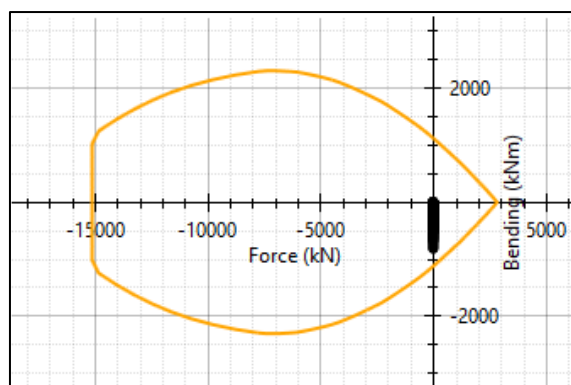


Figura 10-6: Paratia di pali P1 – Diagramma M-N

Per quanto riguarda l'armatura trasversale, attraverso ParatiePlus si è valutato per sezioni circolari in c.a. il taglio resistente fornito dall'armatura trasversale in accordo alla normativa vigente e confrontato direttamente con il momento di calcolo, ottenendo un taglio resistente di calcolo  $V_{Rd} = 212 \text{ kN}$ .

Risulta quindi verificata la condizione minima imposta da normativa  $V_{Rd}/V_{Ed} \geq 1,3$ .

Di seguito si riporta il diagramma di sfruttamento del taglio

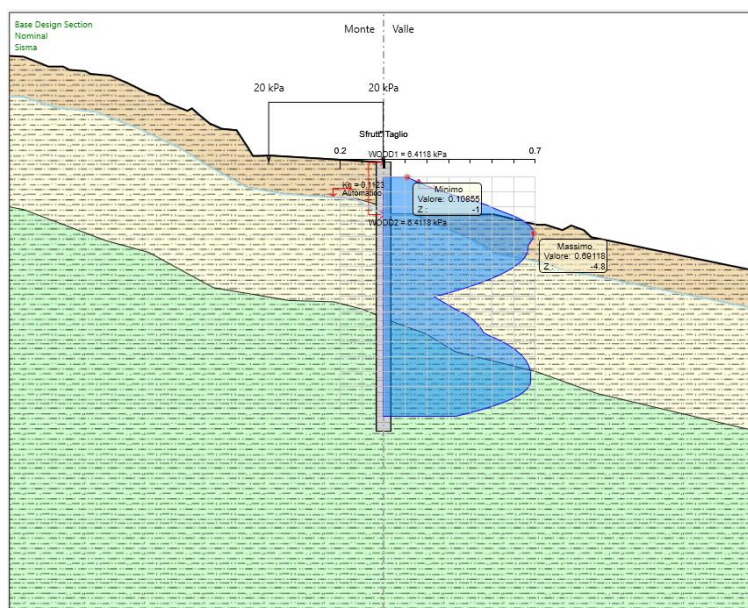



Figura 10-7: Paratia di pali P1 – Sfruttamento del taglio

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 66 di 87</p>

Per quanto riguarda la paratia P2, il cui sviluppo è pari a 10 m, si è assunta una stratigrafia che prevede nei primi 8,0 m uno strato di materiali ATr. Al di sotto sono presenti le argille in posto AT.

Si riporta di seguito lo schema fisico di riferimento.

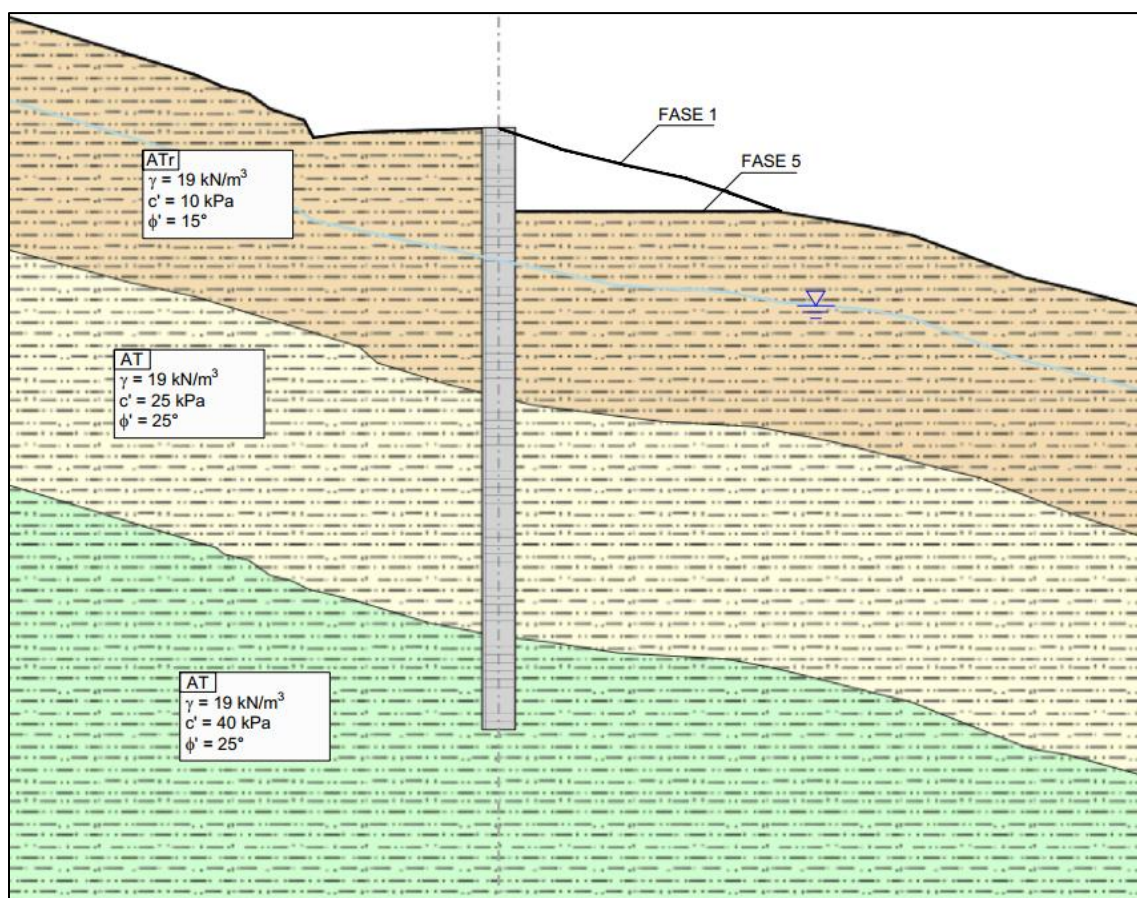



Figura 10-8: Schema fisico di riferimento paratia P2

La rottura dello strato superficiale di ATr viene considerata in maniera progressiva attraverso l'imposizione di più fasi di calcolo, nell'ordine seguente:

- FASE 1: Condizione litostatica, pendio integro;
- FASE 2: Costruzione della paratia di pali;
- FASE 3: Rimozione di 1,0 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 4: Rimozione di 2,0 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 5: Rimozione di 2,5 m di terreno a valle della paratia;
- FASE 6: Applicazione del sisma.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 67 di 87

Anche in questo caso, durante le varie fasi viene sempre considerata l'applicazione di un sovraccarico sul piano stradale pari a  $20 \text{ kN/m}^2$ .

Nella tabella che segue sono indicati i valori massimi assoluti delle sollecitazioni di momento flettente e taglio ( $M_{\max}$ ,  $T_{\max}$ ) e dello spostamento ( $\delta_{\max}$ ), nonché le profondità rispetto alla testa della paratia alle quali si ottengono tali valori.

Momento massimo $M_{\max}$ [kNm/m]	Profondità $M_{\max}$ [m]	Taglio massimo $T_{\max}$ [kN/m]	Profondità $T_{\max}$ [m]	Spostamento massimo $\delta_{\max}$ [cm]	Profondità $\delta_{\max}$ [m]
780	9,6	152	13,2	3,9	0,0

Paratia di pali P2 – Risultati dei calcoli

Nei grafici successivi sono riportati i diagrammi degli involuipi di momento flettente, taglio e spostamento:

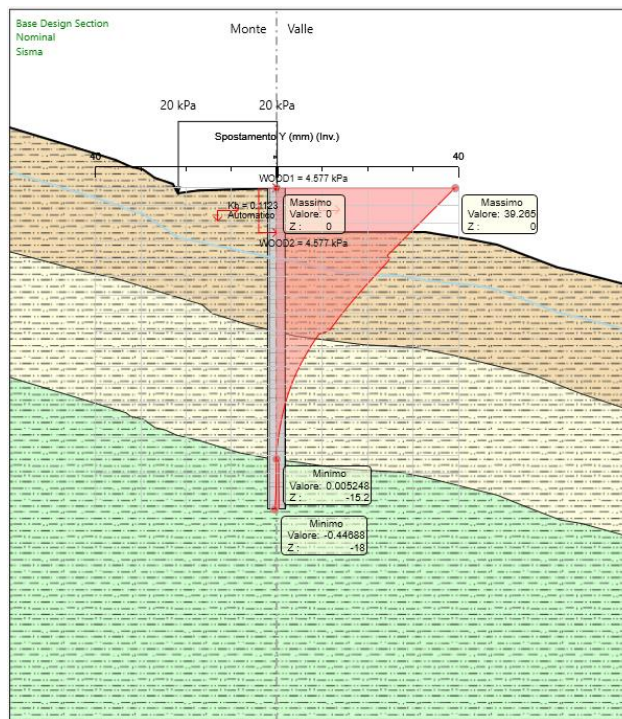



Figura 10-9: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di spostamento

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 68 di 87</p>

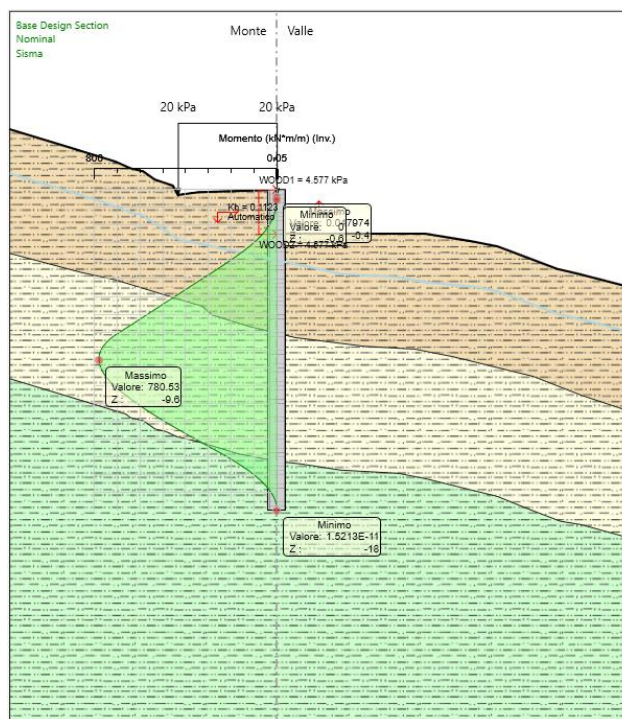


Figura 10-10: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di momento

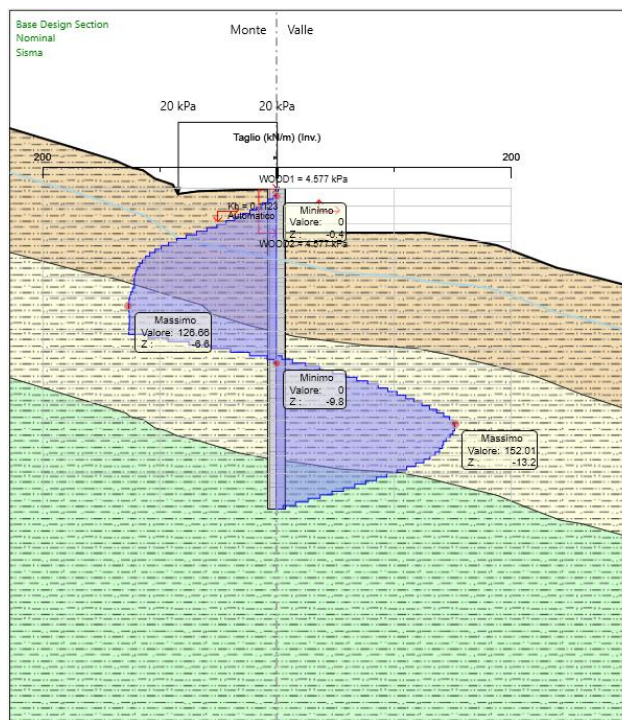




Figura 10-11: Paratia di pali P2 – Involuppo dei diagrammi di taglio

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 69 di 87

I valori massimi si ottengono nella condizione A2+M2+R1, più cautelativa nei confronti delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Si riporta in particolare lo spostamento calcolato in testa alla paratia che, nella condizione "Nominal", a 2,8 cm. Tale valore risulta molto rappresentativo delle reali condizioni del pendio, anche se lo spostamento massimo risulta comunque congruo al valore limite da normativa (pari a  $0,05 \cdot h$ , con  $h$  altezza della paratia).

Il dimensionamento dell'armatura è avvenuto in analogia a quanto descritto in precedenza.

Di seguito si riportano il diagramma di sfruttamento del momento e il diagramma M-N ricavato dal software di calcolo.

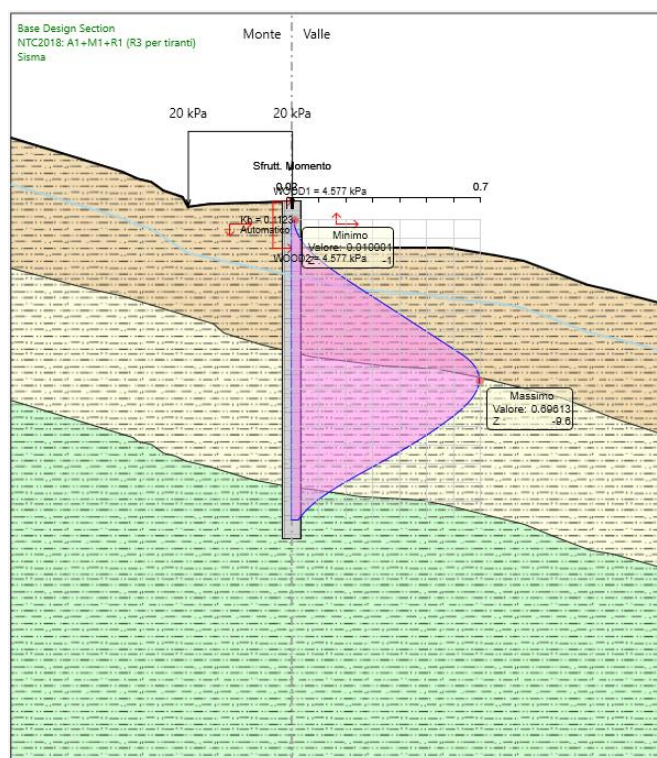



Figura 10-12: Paratia di pali P2 – Sfruttamento del momento

Analogamente, per quanto riguarda il taglio, risultano verificate le condizioni minime imposte dalla Normativa.

Di seguito si riporta il diagramma di sfruttamento del taglio.



<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 70 di 87</p>

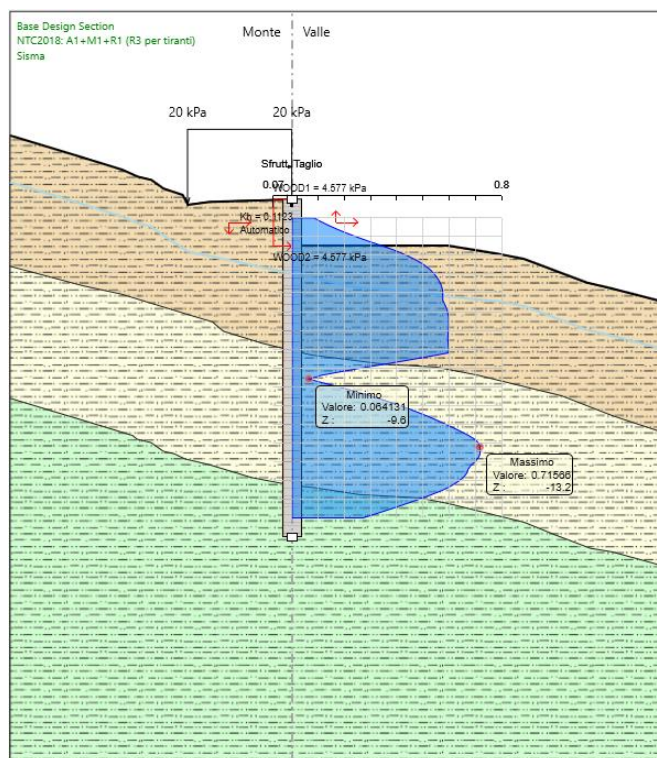


Figura 10-13: Paratia di pali P2 – Sfruttamento del taglio

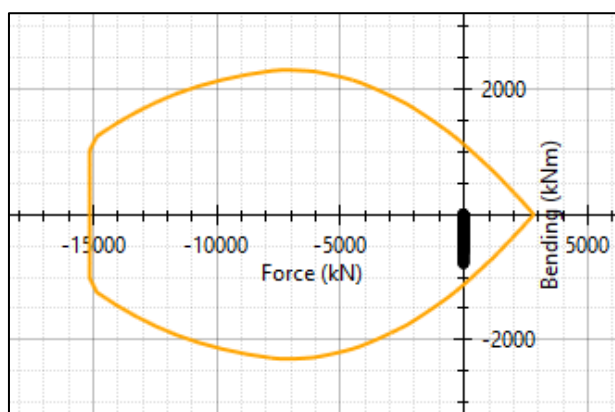



Figura 10-14: Paratia di pali P2 – Diagramma M-N

### 10.3. Muri di sostegno su pali tra pr. 765 e pr. 809

In questo tratto il pendio sovrastante i muri di controripa è interessato da un movimento rotazionale lento, che si è probabilmente innescato a seguito del taglio del versante per l'esecuzione della trincea stradale. I muri sono anche fortemente degradati e spesso scavalcati dal terreno retrostante.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 71 di 87

Al fine di migliorare le condizioni di stabilità globale del pendio si prevede la realizzazione di muri di altezza variabile da 1,7 m a 2,2 m.

I nuovi muri saranno fondati su pali e saranno gettati contro i muri esistenti per evitare che scavi di sbancamento possano peggiorare ulteriormente le condizioni di stabilità del versante. I pali saranno disposti ad interasse variabile in funzione dell'altezza libera  $h$  dei muri (se  $h=1,7$  m,  $i=1,6$  m; se  $h=2,0$  m,  $i=1,2$  m; se  $h=2,2$  m,  $i=1,0$  m)

Saranno utilizzati calcestruzzo C25/30 per il muro, C35/45 per i pali e barre di armatura B450C.

Dalla parte opposta, per mantenere l'ampiezza della carreggiata sarà necessario demolire i muri esistenti (peraltro fortemente ammalorati) e ricostruirli nella nuova posizione che ne deriva, anche approfittando della minore acclività del pendio e del fatto l'area dove insistono tali opere non è interessata da dissesti.

I calcoli sono stati svolti prendendo in esame i seguenti schemi:

- MP1 (muro con altezza libera finale 1,7 m);
- MP2 (muro con altezza libera finale 2,0 m);
- MP3 (muro con altezza libera finale 2,2 m).

Per il calcolo dei muri su pali si sono utilizzati i software: GeoSlope della GeoStudio e Max16 della Aztec informatica. Di seguito si descrivono le caratteristiche di entrambi.

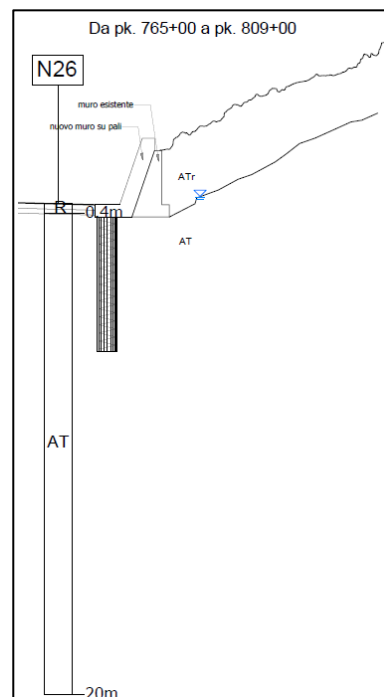
#### GeoSlope.

Le altezze dei muri saranno variabili (0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m) e verranno posti in opera a sostituzione dei muri attualmente esistenti.


I terreni interessati dal dissesto sono le argille rimaneggiate ATr (v. figura di fianco). Al piede dei muri di controripa sono presenti le argille AT, come accertato con il sondaggio N26 e con le indagini sismiche a rifrazione.

Per determinare le caratteristiche di resistenza locali dei termini ATr, in assenza di dati diretti, è stata effettuata una back analysis ipotizzando uno schema di pendio indefinito, utilizzando il metodo di Morgenstern-Price.

Il calcolo è stato eseguito in condizioni statiche, conside-





REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 72 di 87

rando una superficie di rottura coincidente con il contatto i terreni ATr e AT e ricercando il fattore di sicurezza in condizioni di rottura del pendio (FS = 1).

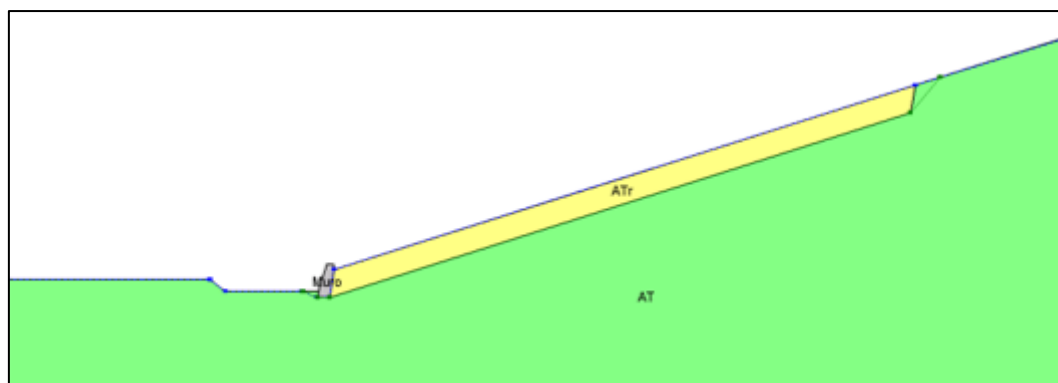


Figura 10-15: Schema di calcolo utilizzato per la back-analysis

In queste condizioni si sono ottenuti i seguenti valori delle caratteristiche meccaniche dei terreni ATr:

Argilla rimaneggiata ATr  $\varphi' = 15^\circ$ ;  $c' = 9 \text{ kPa}$ .

### 10.3.1. Muro su pali MP1 da pr. 765 a pr. 782,5

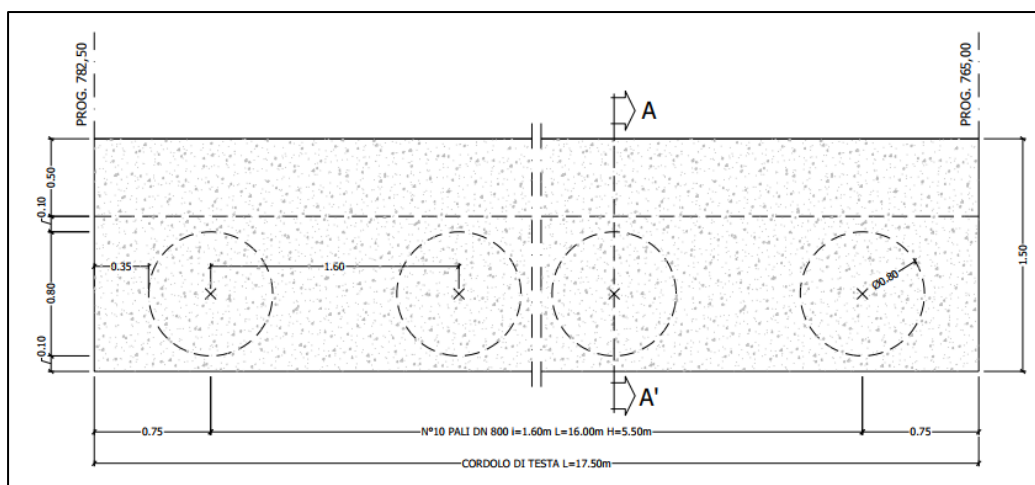


Figura 10-16: Muro di sostegno su pali MP1 – Planimetria

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 73 di 87

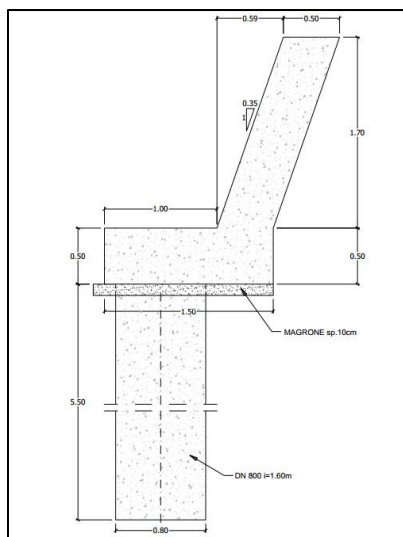


Figura 10-17: Muro di sostegno su pali MP1 – Sezione

Le azioni sul muro di sostegno sono state determinate attraverso una analisi di stabilità globale del pendio, utilizzando i parametri geotecnici dei terreni ricavati in precedenza. I calcoli sono stati eseguiti utilizzando il software *GeoSlope*, prendendo in esame una sezione omogenea con un'altezza del muro di sostegno pari a 2,2 m.

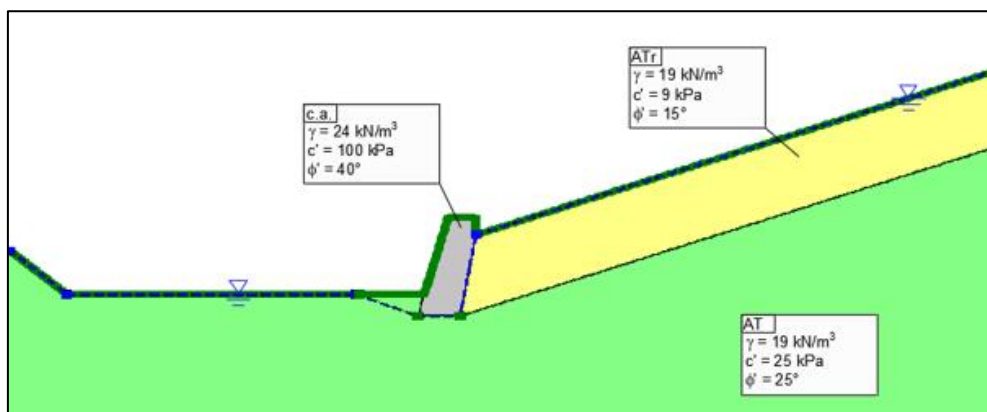



Figura 10-18: Muro di sostegno su pali MP1 – Schema fisico di riferimento

Il calcolo della stabilità è stato svolto in condizioni sismiche, considerando la forza agente sull'opera applicata ad  $\frac{1}{3}h$ , con  $h$  altezza libera del muro.

Per ottenere un fattore di sicurezza adeguato ( $FS \geq 1,3$ ) che soddisfi i valori minimi da Normativa ( $FS_{min} = 1,1$ ) è necessaria una forza di progetto  $F_h = 220 \text{ kN/m}$ .

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 74 di 87

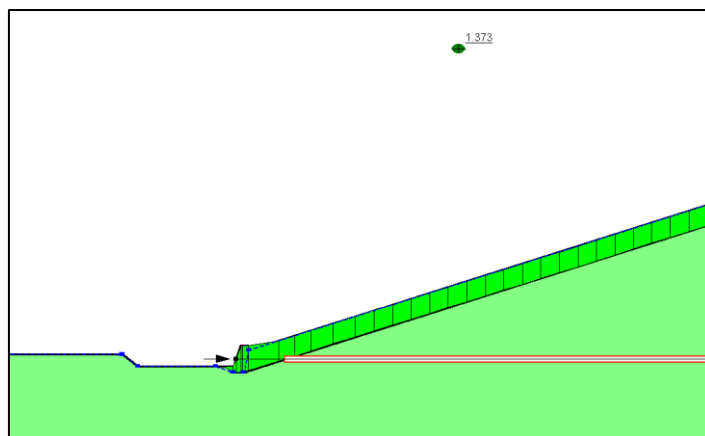


Figura 10-19: Muro di sostegno su pali MP1 – Fattore di sicurezza

Questa forza orizzontale agirà come taglio in testa ai pali ( $F_h = V_{Ed}$ ).

Oltre al taglio sarà presente un momento di trasporto  $M_{Ed}$  dato dal prodotto del taglio per la distanza tra il punto di applicazione della sollecitazione di taglio e la testa del palo:

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{1}{3} h_{tot} = 161 \text{ kNm/m}$$

Tali forze vengono interamente assorbite dai pali di fondazione.

Per il dimensionamento del muro è stato utilizzando il codice di calcolo *Max16*.

Di seguito si riportano lo schema fisico di riferimento e la distribuzione degli sforzi agenti sul muro.

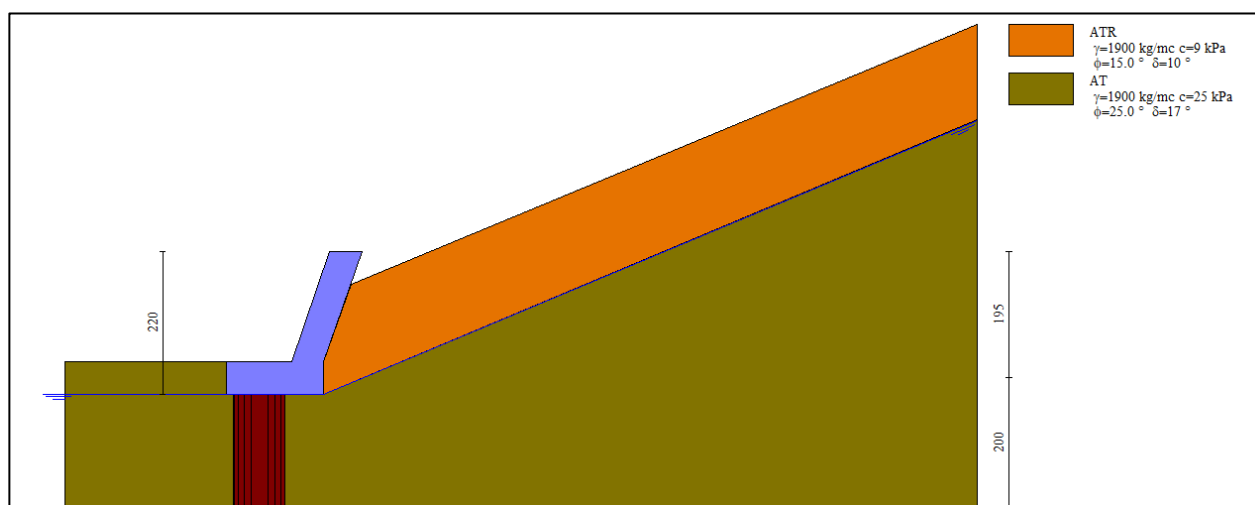



Figura 10-20: Muro di sostegno su pali MP1 – Schema fisico di riferimento

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 75 di 87

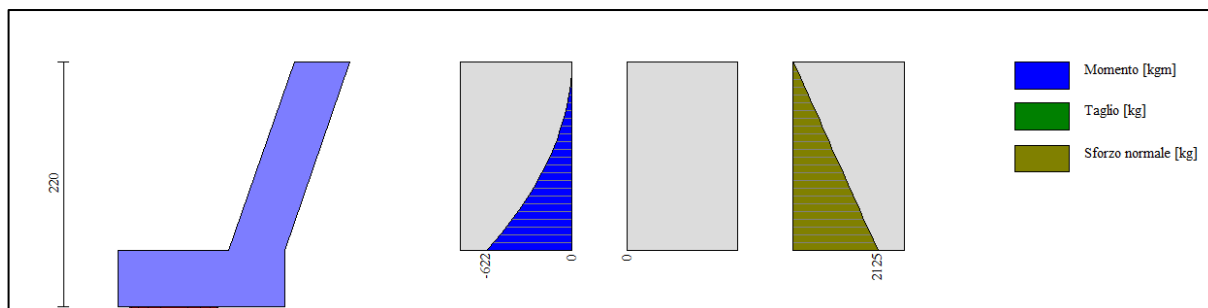


Figura 10-21: Muro di sostegno su pali MP1 – Distribuzione delle azioni

Per il dimensionamento dell'armatura del palo si considera la teoria di Broms per palo incastrato soggetto a carico orizzontale in mezzo coesivo.

Il momento massimo resistente fornito dal terreno  $M_{max}$  risulta pari a 11.750 kNm.

Considerando un'armatura composta da 16 $\phi$ 24 si calcola, in accordo alla normativa vigente ed utilizzando il software di calcolo PRO\_VLIM della 2si, un momento di plasticizzazione del palo  $M_y = 1989 \text{ kNm}$ .

Poiché  $M_y < M_{max}$  si ricade nella condizione di palo intermedio o palo lungo.

Poiché il taglio agente risulta notevolmente inferiore al taglio ultimo la verifica risulta ampiamente soddisfatta.

Inoltre il momento di plasticizzazione dei pali è notevolmente superiore al momento di calcolo  $M_{Ed}$  e quindi è soddisfatta la condizione  $M_{Ed} < M_{Rd}$ .

Considerando una spirale composta da una barra  $\phi$ 8 con passo di 200 mm si ottiene:



$$V_{Rd,spirale}^{arm} = 519 \text{ kN}$$

La normativa, al paragrafo 7.2.5, impone un rapporto minimo  $V_R^{arm} / V_{Ed} \geq 1,3$ .

Poiché il taglio massimo risulta 220 kN/m (352 kN/palo) la verifica risulta soddisfatta.

Per quanto riguarda l'armatura del muro di sostegno, per soletta di collegamento dei pali viene calcolata un'armatura composta da staffe  $\phi$ 16 con passo di 25 cm sia superiormente che inferiormente e un'armatura a correre composta da 4 $\phi$ 16 superiormente e 4 $\phi$ 16 inferiormente.

Anche per l'elevazione del muro si sceglie un'armatura composta da  $\phi$ 16 con passo di 25 cm l'intradosso e  $\phi$ 16 con passo di 12,5 cm per l'estradosso. È inoltre presente un'armatura a correre composta da 18 $\phi$ 10 omogeneamente distribuiti tra intradosso ed estradosso con passo 10 cm.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 76 di 87</p>

### 10.3.1. Muri su pali MP2 e MP3

In modo analogo a quanto sopra descritto si è proceduto per i muri MP2 e MP3.

Di seguito si riportano i principali risultati, rimandando alla relazione di calcolo e agli esecutivi per ogni dettaglio.

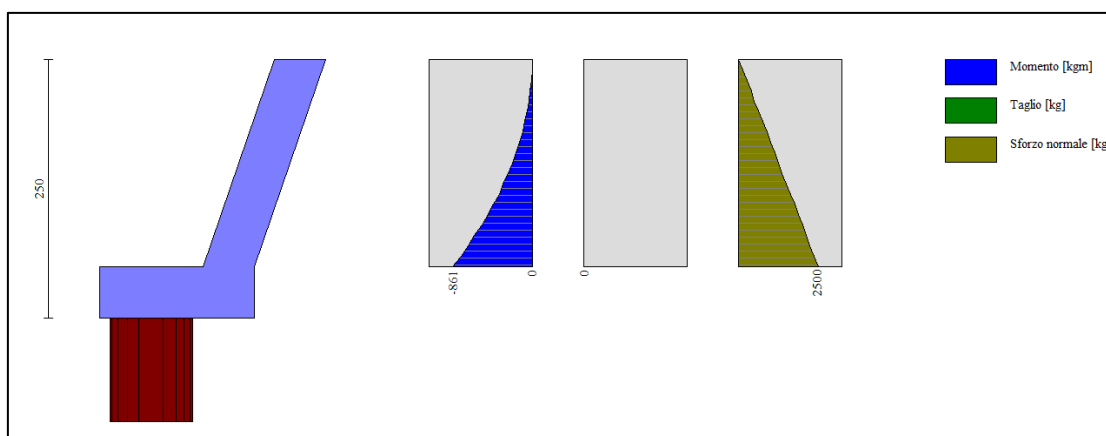


Figura 10-22: Muro di sostegno su pali MP2 – Distribuzione delle azioni

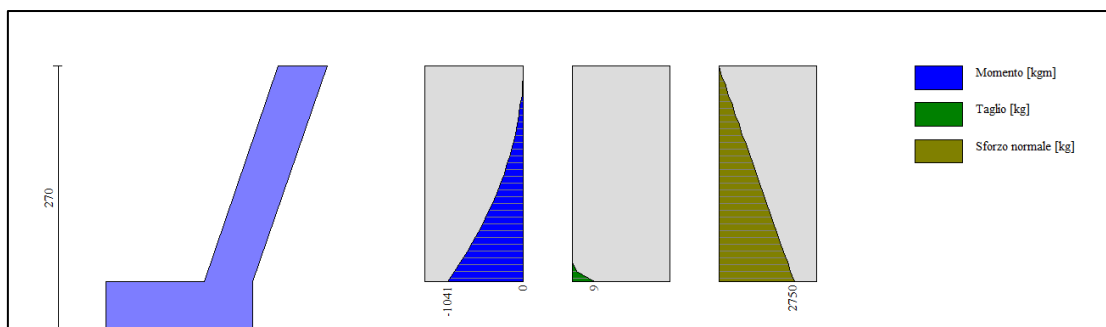


Figura 10-23: Muro di sostegno su pali MP3 – Distribuzione delle azioni



In entrambi i casi le armature a momento e taglio dei pali e quelle allo spiccatto sono uguali a quelle del muro MP1. Le relative verifiche sono sempre soddisfatte.

Per i pali, il momento massimo resistente fornito dal terreno  $M_{max}$  risulta pari a 11.750 kNm.

Il momento di plasticizzazione del palo vale  $M_y = 1989 \text{ kNm}$ .

Poiché  $M_y < M_{max}$  si ricade nella condizione di palo intermedio o palo lungo.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 77 di 87

Poiché il taglio agente risulta notevolmente inferiore al taglio ultimo la verifica risulta ampiamente soddisfatta.

#### 10.4. Muri di sostegno su fondazione diretta

Nelle aree ove gli attuali muri di sostegno risultano deformati, ruotati in testa o scavalcati dal terreno a monte si prevede la demolizione e ricostruzione dei muri. Questi saranno gettati con calcestruzzo C25/30 ed armati con barre B450C.

Di seguito si riporta un elenco delle principali sezioni dove sarà necessario operare interventi di demolizione e ricostruzione delle opere di sostegno, che raggiungeranno un'altezza massima di 2 m:



- ❖ pr 90 – pr 120;
- ❖ pr 280 – pr 370;
- ❖ pr 370 – pr 445;
- ❖ pr 445 – pr 530;
- ❖ pr 697 – pr 723;
- ❖ pr 723 – pr 755;
- ❖ pr 755 – pr 765;
- ❖ pr 765 – pr 835;
- ❖ pr 809 – pr 842.

I muri di sostegno vengono di seguito indicati come M1 (altezza  $H = 0,5$  m), M2 (altezza  $H = 1,0$  m), M3 (altezza  $H = 1,5$  m) ed M4 ( $H =$  altezza  $H = 2,0$  m).

Si rimanda alla tavola della planimetria degli interventi allegata al progetto per una completa identificazione dei siti sui quali si interviene.

Per il dimensionamento e la verifica delle opere di sostegno e delle armature è stato utilizzato il software di calcolo Max16 della Aztec.

Con riferimento al muro M4 di altezza maggiore (2 m), di seguito si riporta la sezione dell'opera.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 78 di 87</p>

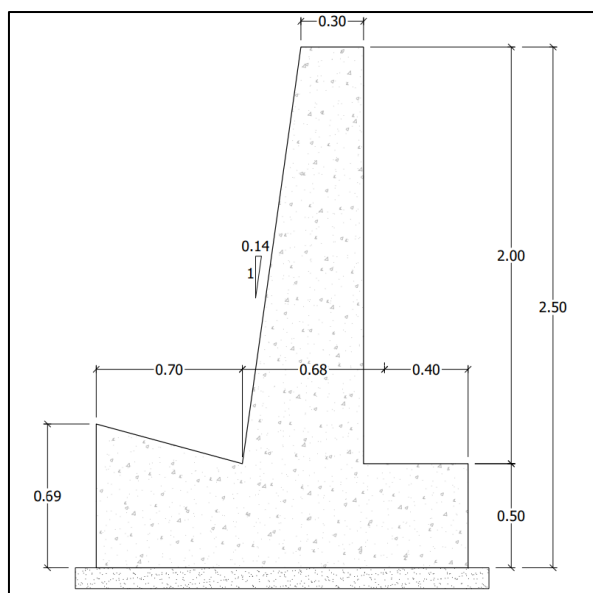


Figura 10-24: Muro di sostegno M4 – H = 2 m – Sezione

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

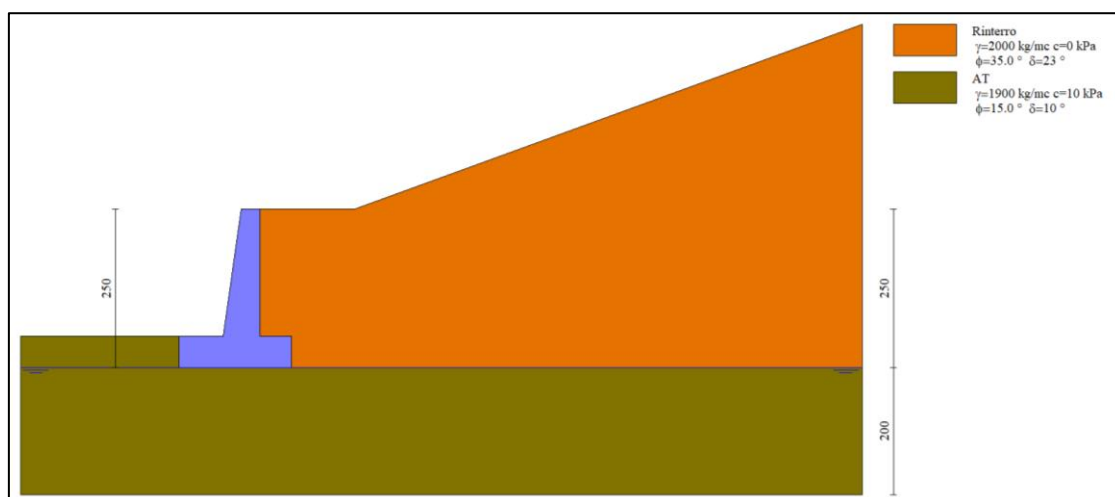



Figura 10-25: Muro di sostegno M4 – Schema fisico di riferimento

A tergo del muro è presente materiale a grana grossa di riempimento. Si considera, a vantaggio di sicurezza, uno strato omogeneo al di sotto della fondazione composto da argille AT, caratterizzato dai parametri minimi associati allo strato. La falda viene assunta sul piano di fondazione del muro. Il terreno a monte è inclinato di 20°, valore molto cautelativo, preso in considerazione solo per l'opera di maggiore altezza.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 79 di 87</p>

Nella figura che segue si riportano di seguito i risultati delle verifiche

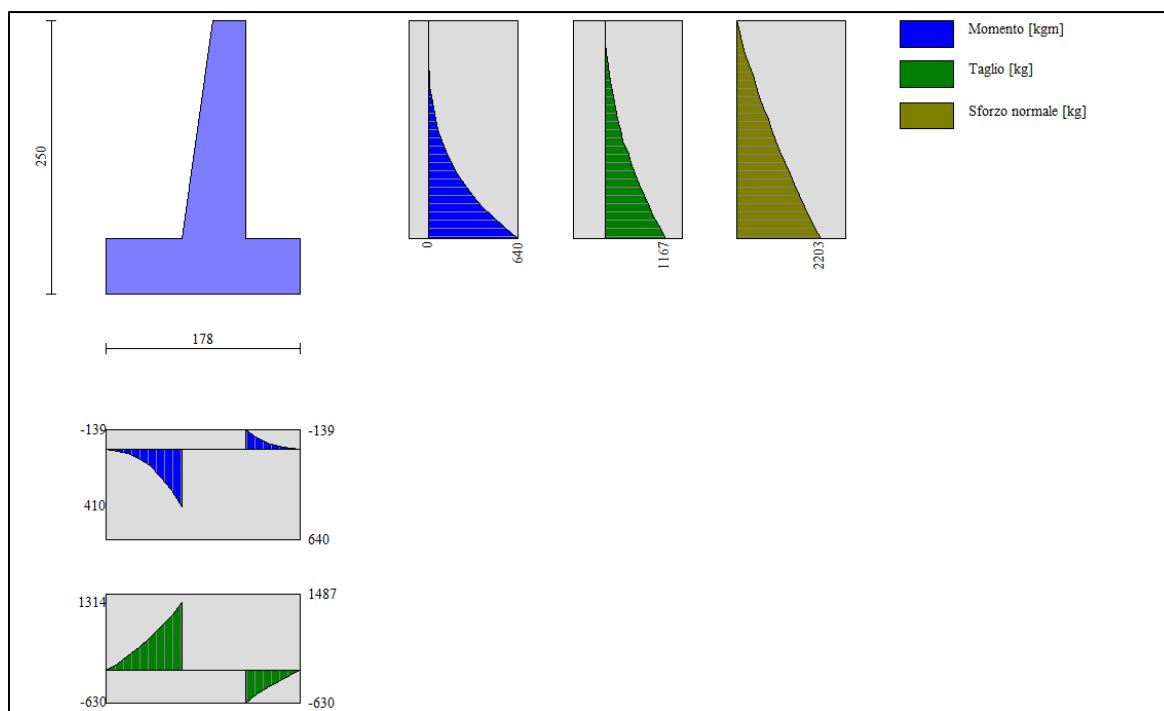




Figura 10-26: Muro di sostegno M4 – Risultati dei calcoli

Per la soletta di fondazione viene calcolata un'armatura composta da staffe  $\phi 16$  con passo di 20 cm sia superiormente che inferiormente e un'armatura corrente composta da  $9\phi 10$  distribuiti superiormente ed inferiormente.

Anche per l'elevazione del muro si sceglie un'armatura composta da  $\phi 16$  con passo di 20 cm per l'estradosso e  $\phi 16$  con passo di 11 cm l'estradosso. È inoltre presente un'armatura a correre composta da  $20\phi 10$  omogeneamente distribuiti tra intradosso ed estradosso con passo 25 cm.

Si riportano di seguito i risultati dei calcoli svolti per i rimanenti muscoli adottando i medesimi criteri sopra esposti, ad eccezione della configurazione del pendio a monte dell'opera che è sempre considerata orizzontale,

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 80 di 87

### Muro M1 – H = 0,5 m



Figura 10-27: Muro di sostegno M1 – Schema fisico di riferimento

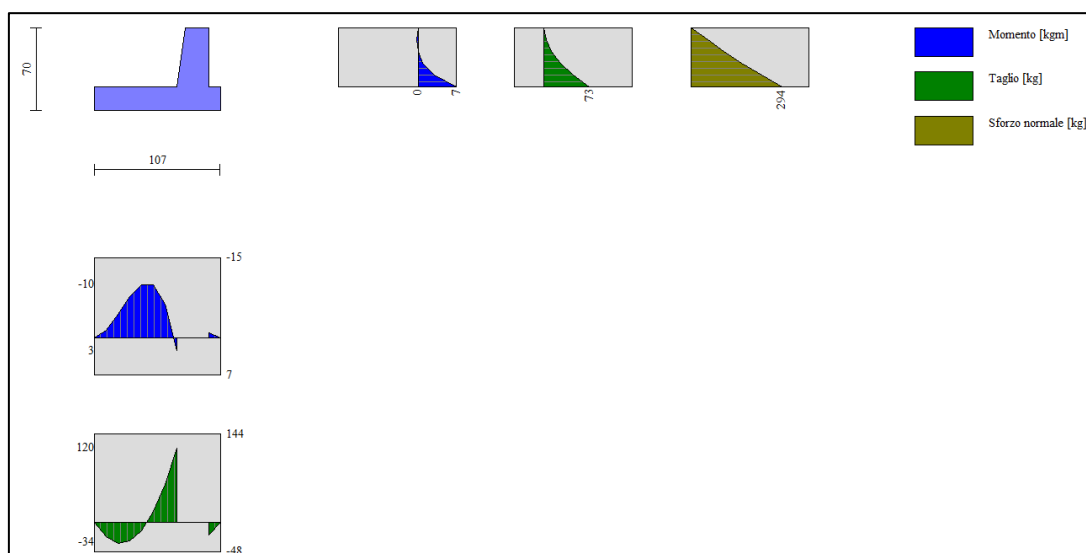



Figura 10-28: Muro di sostegno M1 – Risultati dei calcoli

Per la soletta di fondazione viene calcolata un'armatura composta da staffe  $\phi 14$  con passo di 25 cm sia superiormente che inferiormente e un'armatura a correre composta da  $9\phi 10$  distribuiti superiormente ed inferiormente.

Anche per l'elevazione del muro si sceglie un'armatura composta da  $\phi 14$  con passo di 25 cm, sia per l'intradosso, che per l'estradosso. È inoltre presente un'armatura corrente composta da  $4\phi 10$  omogeneamente distribuiti tra intradosso ed estradosso.

<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 81 di 87</p>

### Muro M2 – H= 1,0 m



Figura 10-29: Muro di sostegno M2 – Schema fisico di riferimento

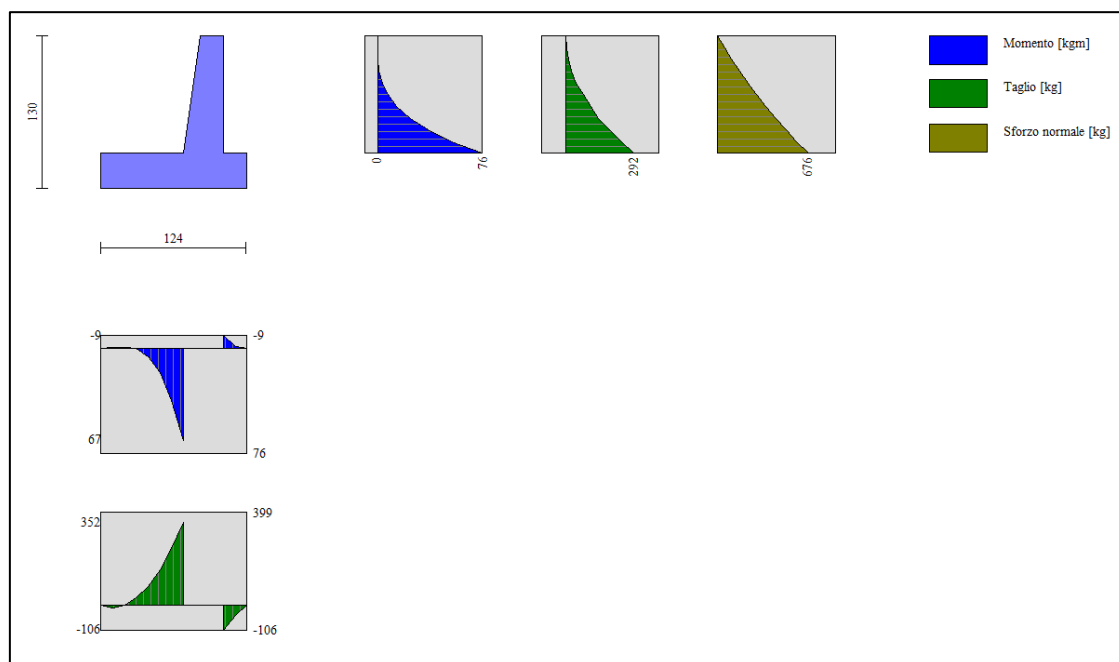




Figura 10-30: Muro di sostegno M2 – Risultati dei calcoli

Per la soletta di fondazione viene calcolata un'armatura composta da staffe  $\phi 14$  con passo di 25 cm sia superiormente che inferiormente e un'armatura a correre composta da  $9\phi 10$  distribuiti superiormente ed inferiormente.

Anche per l'elevazione del muro si sceglie un'armatura composta da  $\phi 14$  con passo di 25 cm, sia per l'intradosso, che per l'estradosso. È inoltre presente un'armatura corrente composta da  $4\phi 10$  omogeneamente distribuiti tra intradosso ed estradosso.



<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>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>	<p>REGIONE SICILIANA</p> 
<p>III22F B-PE-GEN-112-01</p>	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE</p>	<p>Pag. 82 di 87</p>

### Muro M3 – H= 1,5 m



Figura 10-31: Muro di sostegno M3 – Schema fisico di riferimento

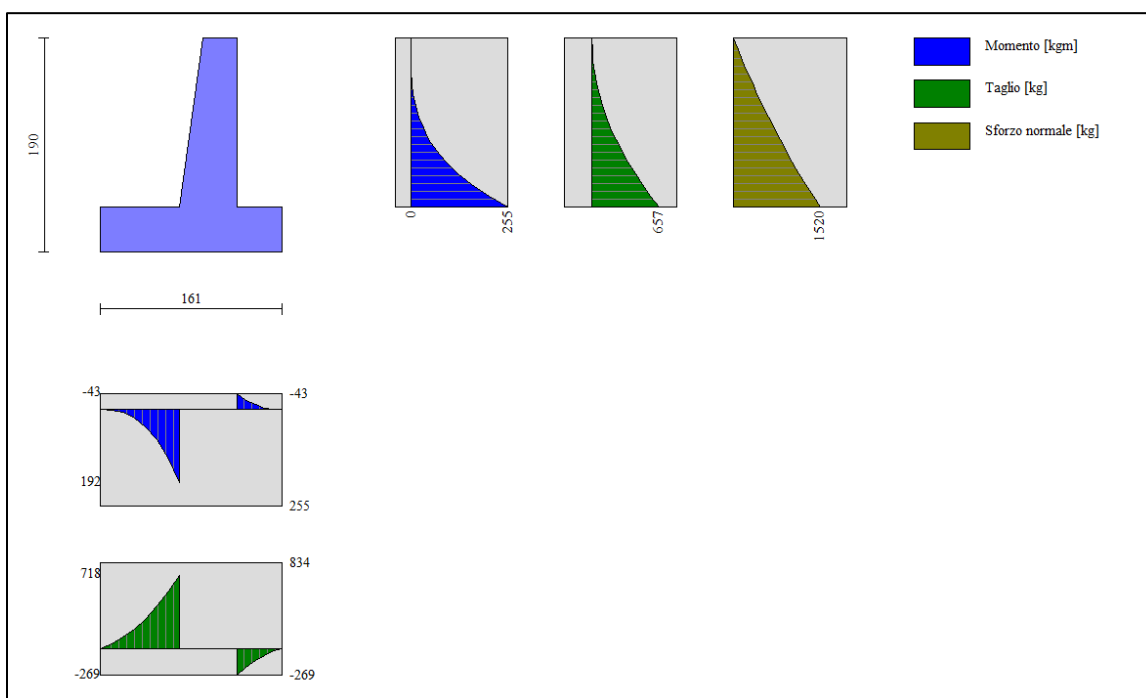





Figura 10-32: Muro di sostegno M3 – Risultati dei calcoli

Per la soletta di fondazione viene calcolata un'armatura composta da staffe  $\phi 16$  con passo di 25 cm sia superiormente che inferiormente e un'armatura a correre composta da  $9\phi 10$  distribuiti superiormente ed inferiormente.

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 83 di 87

Anche per l'elevazione del muro si sceglie un'armatura composta da  $\phi 16$  con passo di 25 cm sia per l'intradosso che per l'estradosso. È inoltre presente un'armatura corrente composta da 16 $\phi 10$  omogeneamente distribuiti tra intradosso ed estradosso con passo 25 cm.


REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 84 di 87

## 11. INTERFERENZE

Le opere di consolidamento e miglioramento del tracciato stradale interesseranno la linea elettrica a servizio del pozzo paratoie e la linea telefonica che arriva alla casa di guardia.

La linea elettrica corre a fianco della strada ed è costituita da n. 25 pali. La realizzazione degli interventi rende necessario la dismissione dei primi 19 pali a partire dalla casa di guardia, alcuni dei quali peraltro fortemente inclinati e dei primi 1.700 metri di conduttori. Successivamente si ripristinerà la linea elettrica con nuovi pali e nuovi conduttori nelle posizioni più idonee che scaturiranno dalle nuove opere stradali. Per la dismissione e il ripristino della linea elettrica si è stimato un costo a corpo di € 48.000,00.

La linea telefonica interferisce con le opere in progetto fino alla progressiva 600,00. In tale tratto sono presenti 16 pali, alcuni dei quali fortemente inclinati. Anche in questo caso si prevede la dismissione della linea e il suo ripristino con nuovi pali e nuovi pavi, per un costo stimato a corpo pari a € 28.750,00.



REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 85 di 87

## 12. TEMPI DI REALIZZAZIONE

Il cronoprogramma dei lavori è riportato nell'allegato II122F-B-PE-SIC-811.I lavori si svolgono in un arco temporale di 209 giorni lavorativi (42 settimane).

Per le principali lavorazioni è stata individuata le seguente durata:

- impianto cantiere 12 giorni;
- dismissione strada 26 giorni;
- bonifica e sovrastruttura stradale 25 giorni;
- demolizione e ricostruzione rilevato 60 giorni;
- riprofilatura pendii 7 giorni;
- paratie di pali 34 giorni;
- palificata muri di sostegno 8 giorni;
- muri di sostegno 60 giorni;
- gabbionate 11 giorni
- opere idrauliche 35 giorni.;

 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b>  <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 86 di 87

### 13. PRINCIPALI DOTAZIONI DI SICUREZZA

- Segnaletica da cantiere da utilizzare all'interno e all'esterno del cantiere.
- Nastro segnaletico per delimitazione zone di lavoro.
- Lampeggiante da cantiere a led.
- Box in lamiera ad uso materiali pericolosi e speciali.
- Segnaletica di sicurezza e di salute sul luogo di lavoro da utilizzare all'interno e all'esterno del cantiere.
- Cartelli da applicare a muro o su superfici lisce con indicazioni standardizzate di segnali di informazione, antincendio, sicurezza, pericolo, divieto, obbligo.
- Dispersore per impianto di messa a terra.
- Protezione di apertura verso il vuoto mediante la formazione di parapetto dell'altezza minima di m 1,00.
- Sbatacchiatura degli scavi per la sicurezza e la salute dei lavoratori.
- Tettoia a protezione zone di lavoro esposte a rischio caduta oggetti dall'alto.
- Barella pieghevole con impugnature in plastica, tubo in alluminio e tela patinata.
- Guanti di protezione termica, con resistenza ai tagli, alle abrasioni ed agli strappi, rischi termici con resistenza al calore da contatto.
- Estintore portatile in polvere.
- Elmetto di sicurezza.
- Occhiali protettivi con marchio di conformità per la saldatura del ferro.
- Giubbotto ad alta visibilità di vari colori, con bande rifrangenti.
- Bagno chimico portatile.
- Cuffia antirumore ad alto potere isolante.
- Dotazioni per contenimento COVID.



 REPUBBLICA ITALIANA	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	 REGIONE SICILIANA
III22F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 87 di 87

## 14. QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI

La stima dei costi è stata effettuata facendo riferimento ai prezzi indicati nel “*Prezzario della Regione Siciliana anno 2022*” aggiornato ai sensi del c. 2 art. 26 D.L. n.50 del 17/05/2022 ed a prezzi di mercato per quanto non previsto nel Prezzario Regionale.

Sulla base del precedente “*Prezzario Regionale anno 2022*”, il costo complessivo degli interventi ammontava a € 1.918.317,21, oltre a oneri per la sicurezza (€ 38.641,40) e I.V.A. (22%), per un totale complessivo di € 2.387.489,50.


Con l'entrata in vigore del *Prezzario della Regione Siciliana anno 2022 aggiornato*”, il costo complessivo degli interventi ammonta a € **2.313.427,77**, oltre a oneri per la sicurezza (€ **37.345,28**) e I.V.A. (22%), per un totale complessivo di € **2.867.943,12**.

Nel dettaglio si distinguono le seguenti macro categorie:

<u>Strada</u> (sovrastuttura, barriere, linea elettrica)	€ 853.127,51	Incidenza 26,88%.
<u>Rilevato</u> (dismissione e ricostruzione)	€ 178.744,82	Incidenza 7,73%.
<u>Muri</u> (demolizione, ripristino, nuovi muri)	€ 603.640,35	Incidenza 26,09%.
<u>Pali</u> (paratie, fondazione muri)	€ 406.385,54	Incidenza 17,57%.
<u>Idraulica</u> (trincee drenanti, canali, etc.)	€ 271.529,55	Incidenza 11,74%.

Rispetto alle previsioni dello Studio di Fattibilità redatto nel 2021, dove è indicato un importo dei lavori di € 1.205.794,88, i maggiori costi sono da imputare principalmente:

- all'adozione del “*Prezzario della Regione Siciliana anno 2022 aggiornato*”, mentre nella precedente fase progettuale era stato adottato il prezzario dell'anno 2018. Questo ha comportato un aumento medio dei costi unitari del 15% circa;
- alle maggiori quantità delle palificate di fondazione. I risultati delle indagini geotecniche hanno mostrato che i terreni interessati dai dissesti sono caratterizzati da parametri geotecnici scadenti. Di conseguenza, pur rispettando in linea di massima le precisioni dello Studio di Fattibilità dove erano indicati pali di diametro DN800-1000 e lunghezza 20 m, è stato necessario adottare pali DN1000 ed estendere l'intervento previsto nella parte alta del tracciato all'intero tratto tra pk. 732 e pk. 765, anche in considerazione dell'evoluzione delle deformazioni del sottostante pendio, che negli ultimi due anni si sono incrementate;
- alla necessità di intervenire con muri su pali nel tratto successivo tra pk 765 e pk 809, per la presenza di un movimento che coinvolge il sovrastante pendio. L'ipotesi iniziale di sopralzare i muri di controripa o di intervenire con una strut-

REPUBBLICA ITALIANA 	Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità Dipartimento Regionale Dell'Acqua e dei Rifiuti  <b>DIGA GIBBESI</b> <b>B - PROGETTAZIONE STRADA CASA DI GUARDIA - POZZO PARATOIE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	REGIONE SICILIANA 
II122F B-PE-GEN-112-01	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Pag. 88 di 87

tura scatolare non si è dimostrata tecnicamente perseguibile alla luce dei risultati delle indagini geotecniche;

- alla necessità di spostare la linea elettrica e la linea telefonica che interferiscono pesantemente con le nuove opere.