



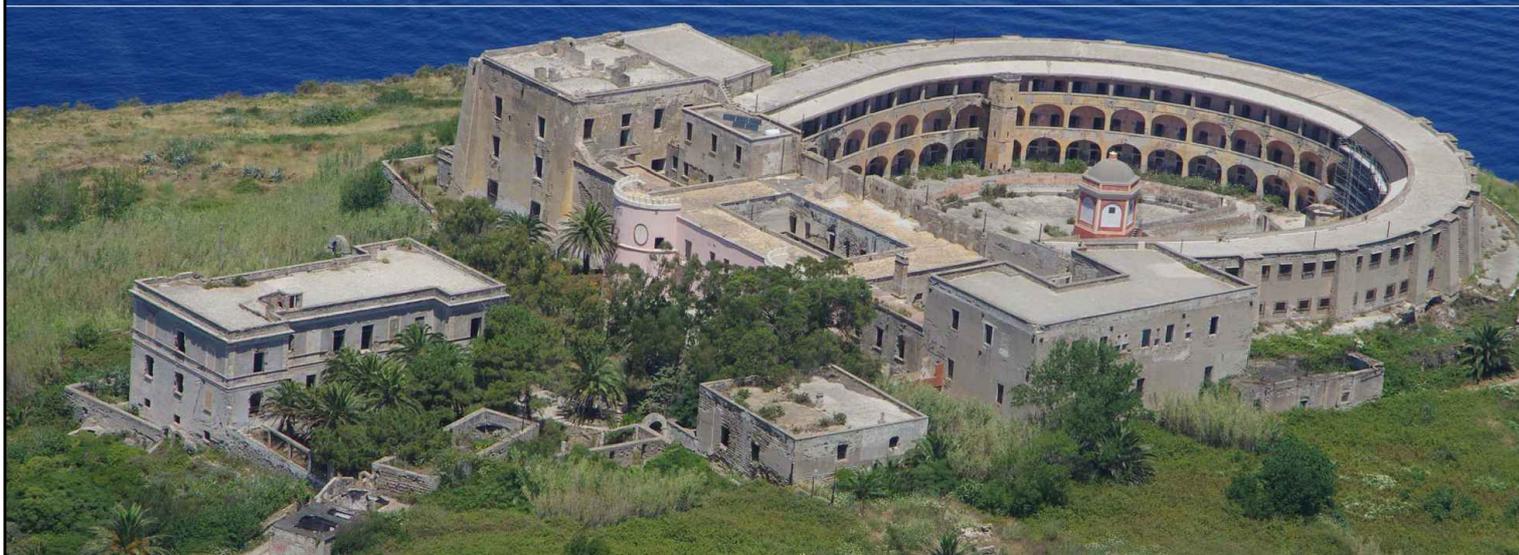
Il Commissario Straordinario del Governo
per il recupero e la valorizzazione dell'ex carcere borbonico
dell'isola di Santo Stefano - Ventotene



Comune di Ventotene
REGIONE LAZIO

CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO

RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE EX CARCERE BORBONICO DELL'ISOLA DI SANTO STEFANO VENTOTENE



STAZIONE APPALTANTE



Agenzia nazionale per l'attrazione
degli investimenti e lo sviluppo d'impresa SpA

Funzione Servizi di Ingegneria

ATTIVITA' TECNICHE
Beni Culturali e Architettura
Arch. Rosa di NUZZO

INVITALIA S.p.a.: Soggetto Attuatore in ottemperanza agli artt. 3 e 8 del Contratto Istituzionale di Sviluppo
"Recupero e rifunionalizzazione ex carcere borbonico dell'isola di Santo Stefano Ventotene"

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Dott. Ing. ENRICO FUSCO

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE: Dott. Arch. Rosa di NUZZO

PROGETTAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA
Dott. Ing. Letterio SONNESSA

GRUPPO DI LAVORO INTERNO

SUPPORTO TECNICO OPERATIVO

RELAZIONE GEOLOGICA
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO

Dott. Ing. Francesco DI LAURO
Dott. Arch. Ahmed ELGAZZAR

PROGETTAZIONE GEOTECNICA:
STUDIO TECNICO ASSOCIATO - SINTESI
Dott. Ing. Germano GUIDUCCI

COMPUTI E STIME
Geom. Luigino D'ANGELANTONIO

DIRETTORE DEI LAVORI
Dott. Ing. Letterio SONNESSA

COORDINATORE DELLA SICUREZZA
IN FASE DI ESECUZIONE
Dott. Ing. Daniele BENOTTI

DIRETTORE OPERATIVO
Dott. Geol. Vincenzo GUIDO
Dott. Ing. Daniele FASANO

IMPRESA ESECUTRICE



PELLEGRINI CONSOLIDAMENTI S.r.l.
05035 Narni (TR)
Str. del Tiro a Segno, 2
Tel +39 0744 751294
fa.pellegrini@libero.it

LAVORI DI SOMMA URGENZA
FALESIE APPRODO SCALO n. 4

ELABORATO			DATA	NOME	FIRMA
Progetto strutturale - As built Relazione Tecnica			REDATTO	GUIDO/SONNESSA	
			VERIFICATO	L. SONNESSA	
			APPROVATO	Rosa di NUZZO	
REVISIONE			DATA	CODICE BREVE	
			AGGIORNAMENTI	S0-ASB-RT01	
Rev. 1	----	CODICE ELABORATO			
Rev. 2	----	2017E037INV-03-SU-S0-ASB-RT01			
Rev. 3	----	CODICE FILE			
				ottobre-2023	

					2017E037INV-03-SU-S0-ASB-RT01.dwg

1 SOMMARIO

1	SOMMARIO	1
2	PREMESSA	2
3	AFFIDAMENTO ED ESECUZIONE DEI LAVORI	4
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DEL DISSESTO GEO-IDROLOGICO	5
4.1	<i>Inquadramento geologico</i>	5
4.2	<i>Indagini pregresse ed integrative – Rilievo geomeccanico</i>	7
4.3	<i>Elementi della falesia a rischio crollo</i>	11
5	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI ESEGUITI	21
5.1	<i>Zone di intervento</i>	21
5.2	<i>Tipologie degli interventi</i>	24
5.2.1	Intervento 1: Ispezione e pulizia della parete rocciosa	24
5.2.2	Intervento 2: Demolizione di porzioni rocciose in precarie condizioni di stabilità.....	25
5.2.3	Intervento 3: Rafforzamento e protezione della parete rocciosa mediante chiodature con barre metalliche, reti e funi in acciaio.....	26
6	PROVE DI COLLAUDO	30
6.1	<i>Premessa</i>	30
6.2	<i>Finalità delle prove</i>	30
6.3	<i>Modalità esecutive della prova</i>	33
6.4	<i>Risultati delle prove</i>	34
7	Conclusione	35

2 PREMESSA

La presente relazione riporta una descrizione tecnica degli interventi locali di mitigazione del rischio dovuto ai crolli di elementi litoidi dalla falesia eseguiti nei *“Lavori di somma urgenza ex art. 163 D.Lgs. n. 50/2016 e ss.mm.ii. – falesie approdo scalo n. 4”*.

Si tratta, in particolare, di quegli interventi individuati a seguito delle osservazioni condotte sulle falesie dello scalo n.4 dell'Isola di Santo Stefano e, più in dettaglio, sui dissesti geo-idrologici che ne minacciano la stabilità, previsti a tutela della sicurezza delle maestranze attualmente impegnate sull'isola nell'ambito dei lavori di *“Recupero e rifunzionalizzazione ex carcere Borbonico dell'isola di Santo Stefano Ventotene - Intervento n. 1 Messa in sicurezza degli edifici”*, di cui al relativo Contratto Istituzionale di Sviluppo (di seguito CIS).

Il Piano di sicurezza e coordinamento relativo ai lavori in corso prevede due punti di sbarco sull'isola di Santo Stefano, denominati *“Marinella”* e *“Scalo n.4”*, individuando il percorso che parte dallo scalo *“Marinella”* quale viabilità principale di cantiere per il transito del personale e di piccole attrezzature, declassando quello dello scalo 4 a viabilità alternativa, a causa dell'elevata pendenza del tracciato.

L'esigenza di eseguire gli interventi di seguito descritti è nata dal voler migliorare le condizioni di accesso in sicurezza delle maestranze impiegate sull'isola, nel caso in cui fosse utilizzato lo scalo n.4, per l'impraticabilità della Marinella, per le avverse condizioni meteo marine.

Per i motivi sopra riportati, sono state effettuate alcune ricognizioni presso lo scalo n.4, per osservare l'evolversi delle criticità relative al dissesto geo-idrologico delle falesie.

Oltre a confermare la pericolosità dei fenomeni gravitativi di tipo crolli di roccia, già oggetto di progettazioni riguardanti interventi di messa in sicurezza delle falesie, che trova riscontro nella perimetrazione del PAI dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale in fascia A (pericolosità molto elevata-vedi fig.1) e rischio R4, si è accertato un peggioramento dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso, in alcuni dei suoi elementi.



Figura 1: area a pericolo e rischio frana – P.A.I. ex autorità dei bacini del Lazio

Si è, quindi, eseguito un approfondimento dello stato conoscitivo attraverso l'affidamento e la esecuzione di servizi di rilievo geomeccanico da remoto dell'ammasso roccioso, presso gli scali interessati, mediante l'impiego di drone e laser scanner da terra.

Gli esiti delle indagini hanno di fatto evidenziato la pericolosità di alcune zone già attenzionate, che il distacco roccioso dalla porzione di falesia che insiste sulla insenatura presente nella zona di approdo dello scalo 4, avvenuto nei primi giorni del mese di marzo u.s., ha definitivamente confermato.

Alla luce di quanto sopra riportato, si è individuata la necessità di procedere in urgenza alla realizzazione di alcuni interventi di mitigazione del rischio di instabilità locale dell'area dello scalo, con l'obiettivo di renderlo agibile per lo sbarco delle maestranze, attualmente impegnate nei lavori di messa in sicurezza dell'ex carcere borbonico, in presenza di condizioni meteo marine particolarmente avverse da non consentire l'approdo allo scalo Marinella.

La riapertura del percorso, interdetto per i motivi di sicurezza di cui sopra, garantisce, tra l'altro, una via di esodo alternativa, in caso di emergenza, anche per i visitatori occasionali che dovessero trovarsi nell'isola.

3 AFFIDAMENTO ED ESECUZIONE DEI LAVORI

Per la realizzazione degli interventi di mitigazione locale afferenti alla messa in sicurezza della falesia che insiste sulla zona di approdo dello "Scalo n. 4" il Responsabile Unico del procedimento ha adottato la procedura di somma urgenza, di cui all'articolo 163 del D.Lgs. n. 50/2016 (di seguito, "Codice dei Contratti"), e ciò in ragione: i) del concreto e immediato pericolo di ulteriori crolli; ii) della necessità, conseguente, di porre in essere ogni utile azione per mitigare il rischio del verificarsi di tali eventi dannosi; iii) della esigenza di mettere, contestualmente, in atto ogni azione necessaria al fine di tutelare la sicurezza delle maestranze che sono coinvolte nelle attività di messa in sicurezza degli edifici presenti sull'isola di Santo Stefano (*Intervento 1 del Contratto Istituzionale di Sviluppo per il recupero e la rifunzionalizzazione dell'Ex carcere borbonico dell'isola di Santo Stefano, Ventotene*).

Con l'Ordine di immediata esecuzione del 28/06/2023, prot. n. 0190460, il Responsabile Unico del Procedimento ha disposto l'affidamento dei lavori di somma urgenza di che trattasi all'Impresa *Pellegrini Consolidamenti S.r.l.*, con sede legale a Narni (TR), in Strada del Tiro a Segno n. 2 – CAP. 05035, P. IVA 01506360559, in possesso di certificazione SOA per la categoria oggetto dei lavori (OS 12-B "Barriere paramassi, fermaneve e simili"), dotata di idonee attrezzature, di provata esperienza e capacità professionale nell'esecuzione di interventi analoghi a quelli da eseguire.

I lavori sono stati consegnati dallo scrivente ing. Letterio Sonnessa, che ha svolto l'incarico di Direttore dei lavori, il giorno 12/07/2023 e sono stati ultimati in data 29/09/2023, come riportato nel certificato di ultimazione del 4/10/2023, nel rispetto dei termini contrattuali.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DEL DISSESTO GEO-IDROLOGICO

4.1 Inquadramento geologico

L'isola di Santo Stefano appartiene all'arcipelago delle isole pontine ed è situata 30 km a sud del Golfo di Gaeta sul bordo della piattaforma continentale (fig.2). Con Ventotene appartiene alle Isole Pontine Orientali. Anche se le due isole oggi sono nettamente separate rappresentano i resti di un grande edificio vulcanico chiamato "Vulcano Ventotene", che è stato attivo tra 0,92 Ma e 0,33 Ma in accordo con la datazione isotopica K/Ar (Metrich et al. 1988; Bellucci et al. 1999a, 1999b).



Figura 2: stralcio foto satellitare dell'arcipelago delle isole pontine

Nella cartografia geologica di Bellucci et al., 1999 dell'Isola di Santo Stefano (fig. 3), sono state riconosciute tre differenti unità litostratigrafiche nominate:

- Formazione di Santo Stefano,
- Unità di Villa Giulia,
- Depositi eolici.

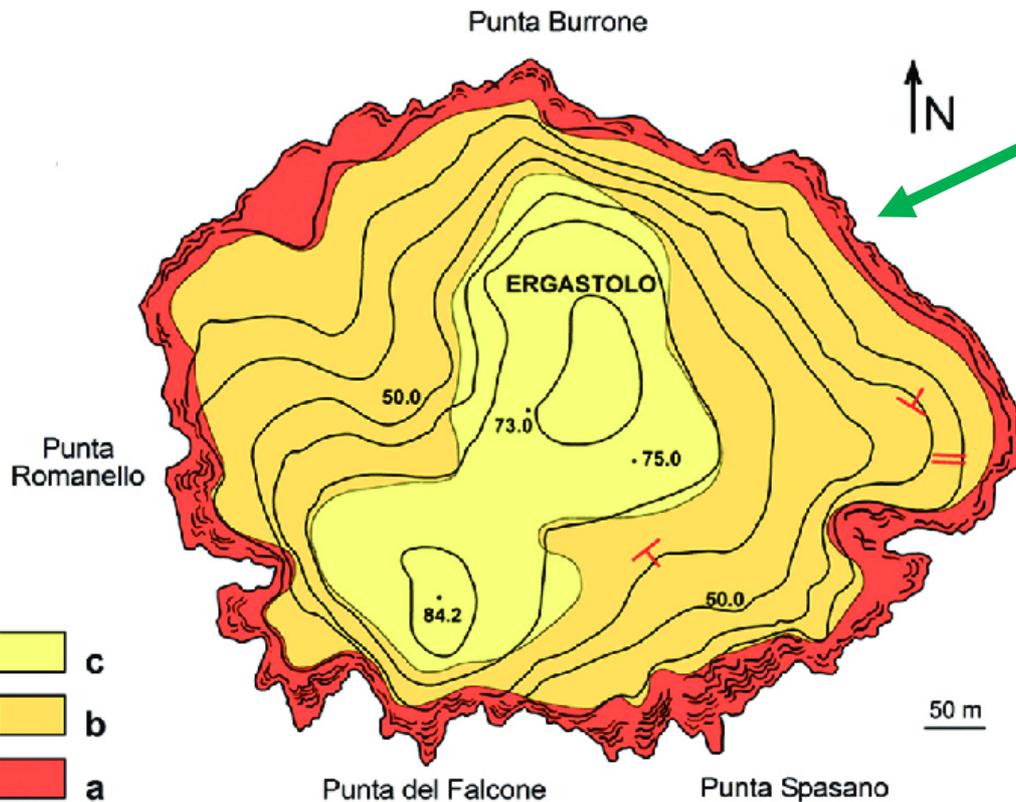


Figura 3: Carta geologica dell'Isola di Santo Stefano da Bellucci et. al. 1999. a) lave e scorie; b) piroclastiti e pomici; c) piroclastiti e depositi eolici

L'unità basale (Formazione di Santo Stefano) è suddivisa in due membri. Il primo costituito da lave con fratture colonnari e strutture a rampa che passano verso l'alto a livelli scoriacei. Questi depositi sono sovrastati dal secondo membro composto da depositi piroclastici massivi composti principalmente da frammenti di pomice sovrastate da livelli di scorie nere.

La Formazione di Santo Stefano è rimpiazzata verso l'alto da depositi piroclastici (Unità di Villa Giulia) attraverso una superficie irregolare. Questi depositi immergono radialmente e sono costituiti da un'alternanza di letti di pomici bianche da caduta e paleosuoli di origine piroclastica. Nella parte più alta dell'isola sono stati segnalati depositi eolici (Bellucci et al. 1999b) anche se oggi non sono riconoscibili a causa della copertura vegetale e della presenza degli edifici dell'Ergastolo e relative pertinenze.

4.2 Indagini pregresse ed integrative – Rilievo geomeccanico

Per la caratterizzazione delle falesie dell'isola di Santo Stefano e, nello specifico, della falesia prospiciente l'attuale scalo n.4, ha svolto un ruolo chiave la campagna di rilevamento geostrutturale, di cui all'elaborato indagini denominato *“Relazione tecnica sulle indagini di rilevamento geologico-tecnico e analisi di stabilità”*, allegato al progetto *“Intervento n. 3 Realizzazione/adequamento degli approdi all'Isola di Santo Stefano”*, eseguita nel mese di novembre 2020, su n.3 stazioni geomeccaniche (uno presso scalo n.4 e due presso scalo Marinella), secondo i criteri e le raccomandazioni della ISRM (International Society for Rock Mechanics).



Figura 4: Stazioni geomeccaniche SG3 nella zona dello scalo n. 4.

Per ogni stazione sono state stimate le dimensioni dei blocchi di roccia formati, attraverso la formula di Palmstrom [2005], definendo un valore variabile tra 1.86 e 4.48 m³ come volume medio degli elementi (VB) che si possono formare a seguito dei distacchi (in riferimento alle stazioni in corrispondenza dello scalo Marinella).

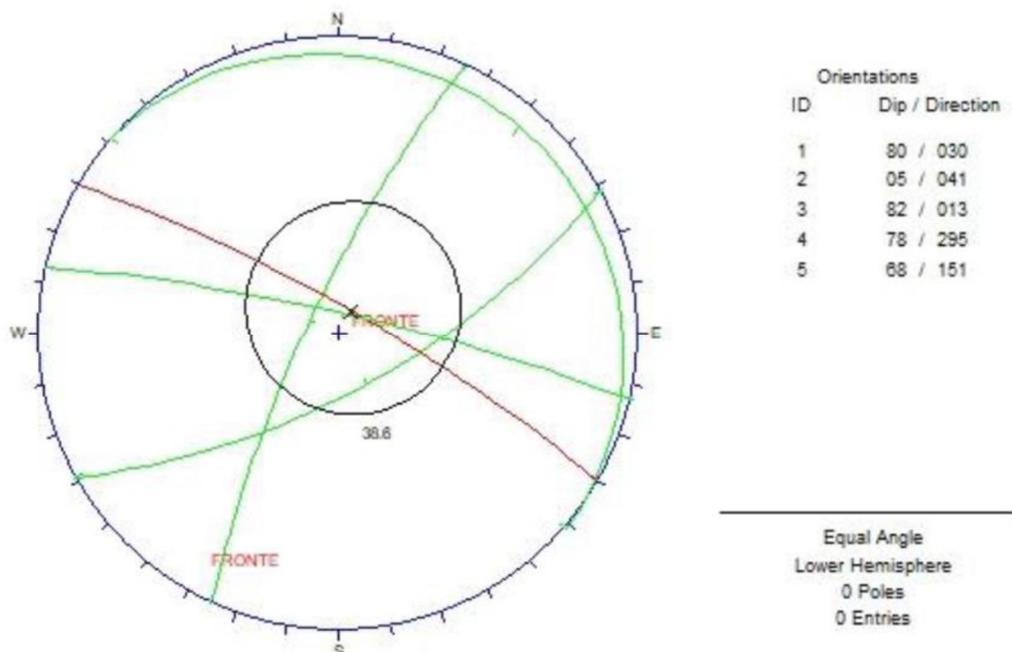
Tale stima, ancorché approssimativa per lo scalo 4, vista la limitatezza della porzione di rilievo, può essere comunque indicativa per il dimensionamento di interventi di chiodatura.

Lo studio include le seguenti principali caratterizzazioni:

- **Rugosità**, con il pettine di **Barton**: $JRC = 10 \div 16$ (in una scala da 0 a 20), con conseguente resistenza a compressione dei giunti inclusa tra 25 e 55 MPa.
- **Geological Strength Index** di **Marinos e Hoek**, indice dello stato di fratturazione: $GSI = 65 \div 70$ (su una scala da 5 a 95).
- **Rock Mass Rating** di **Bieniawski**, basato su resistenza a compressione monoassiale, Rock Quality Designation, spaziatura, condizioni delle discontinuità e condizioni idrauliche dei giunti: $RMRc$ (corretto) = $36 \div 38$ (su una scala da 0 a 50), con conseguente coesione media di $305 \div 315$ kPa e angolo di resistenza al taglio di $35.5 \div 36.5^\circ$.
- **Slope Mass Rating** di **Romana**: risulta $SMR = 76.9 \div 78.9$, che identifica ammassi di qualità buona e mal predisposti sia a fenomeni di scivolamento che fenomeni di ribaltamento.

Infine, è stato eseguito il *test di Markland* per ogni stazione geomeccanica rilevata in campagna. Tale test, considerando i meccanismi di movimento di scivolamento planare, ribaltamento e distacco di cunei, misura la predisposizione al cinematismo e l'ammissibilità dinamica dello stesso, sulla base delle giaciture rilevate e dei parametri di attrito dati dal metodo di Bieniawsky, per ciascuna stazione.

I risultati ottenuti sono i seguenti per lo scalo n.4:



stazione	scorrimento planare	distacco cunei di roccia	compatibilità cinematica	compatibilità dinamica	angolo di attrito	famiglie di fratture (joint)
SG3	SI	NO	solo scivolamenti planari	NO*	38,6	3-4 e 4-5
*dove l'immersione della parete rocciosa si presenta verso nord- nord ovest, si può verificare la compatibilità dinamica ai crolli di cunei (caso dell'insenatura in corrispondenza dell'approdo-osservare verifica di Markland sopra riportata)						

La tabella sopra riportata mostra come il test di Markland eseguito per la stazione di misura SG3, presso lo scalo n.4, non evidenzia instabilità cinematica o dinamica per crolli di cunei di roccia; tuttavia, dove l'immersione della parete rocciosa si presenta verso nord- nord ovest, si può verificare la compatibilità dinamica ai crolli di cunei (caso dell'insenatura in corrispondenza dell'approdo n.4), come descritto di seguito.

Come riportato in premessa, è stato eseguito un ulteriore approfondimento dello stato conoscitivo attraverso l'affidamento e la esecuzione di servizi di rilievo geomeccanico da remoto dell'ammasso roccioso, presso gli scali interessati, mediante l'impiego di drone e laser scanner da terra. Il nuovo rilievo ha fornito una cartografia di dettaglio della falesia con indici cinematici della probabilità di avvenimento di un determinato evento, aggiungendo ai cinematismi di scivolamenti planari e scivolamenti di cunei, della precedente indagine, il ribaltamento flessurale, la caduta libera di cuneo e ribaltamento di blocchi. La pericolosità di alcune zone attenzionate viene di fatto confermata dalla consultazione degli esiti dell'indagine richiamata.

Di seguito si riporta la restituzione del rilievo nell'area dell'avvenuto crollo; il rilievo è stato eseguito circa quindici giorni prima dell'evento franoso richiamato in premessa e ciò ha permesso di calibrare la scala degli indici di pericolosità; infatti, analizzando i valori degli indici di pericolosità nella zona di distacco si ottiene un valore medio di GKI (indice cinematico globale) pari a 37.7% ed un valore massimo pari a 59.1%.

Come si può notare dalla figura 5, la zona da cui si è originato il crollo è caratterizzata da valori elevati di indice di pericolosità cinematica; gli alti valori riscontrati sono dovuti principalmente a ribaltamento flessurale (FT, flexural toppling) e caduta libera (FF, free fall) che risultano essere stati, probabilmente, i meccanismi responsabili del crollo.

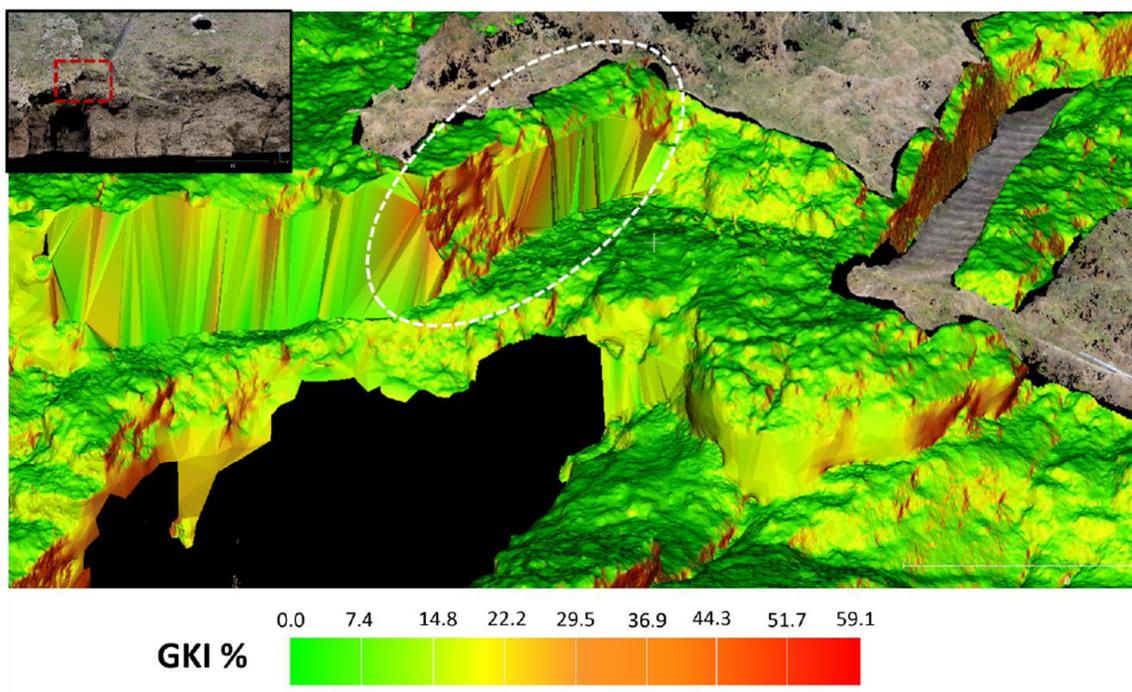


Figura 5: Indice di pericolosità cinematica globale della zona di dettaglio crollo presso lo Scalo n.4 con individuazione dell'incide di pericolosità presente pre-evento nell'area di distacco (tratteggio bianco).

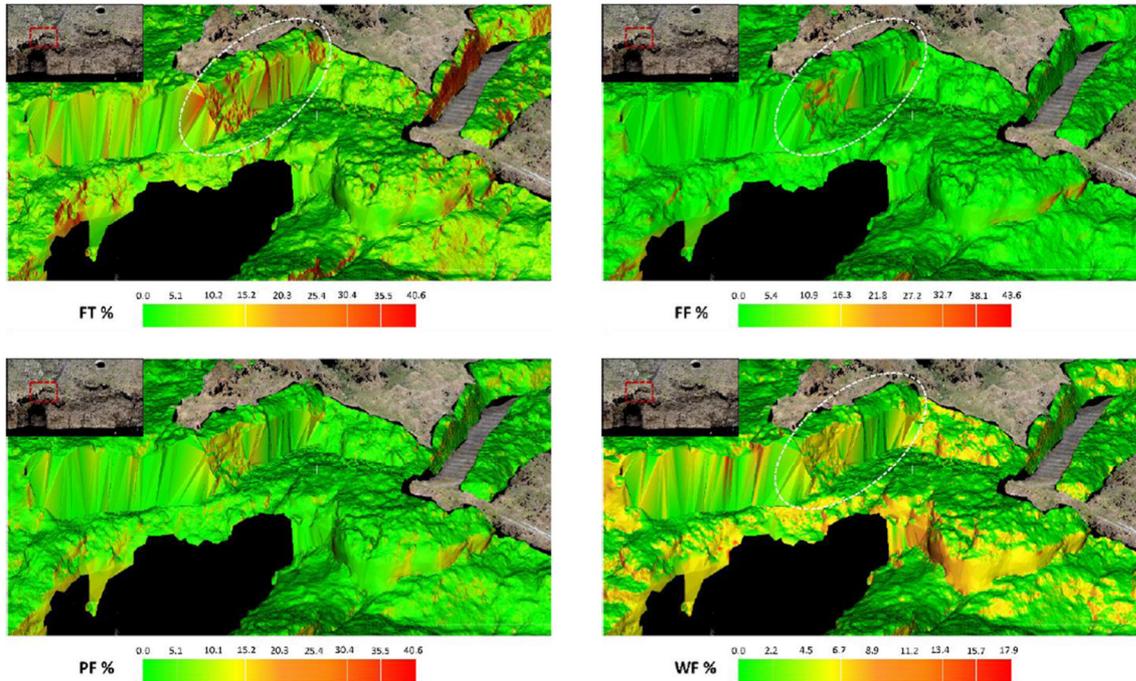


Figura 6: Indice di pericolosità per ribaltamento flessurale (FT, in alto a sinistra), caduta libera (FF, alto a destra), scivolamento planare (PF, in basso a sinistra) e per scivolamento di cunei (WF, in basso a destra) sulla zona di crollo presso lo scalo n.4 con individuazione delle aree a maggiore pericolosità (tratteggio bianco).

4.3 Elementi della falesia a rischio crollo

L'insenatura naturale che ospita lo scalo n.4 (approdo costituito da scalini scavati nella roccia lavica) presentava, nella parte sommitale della falesia esposta verso N-NE, un blocco di roccia fratturato prossimo al crollo e che, come riportato in premessa, è stato recentemente interessato dalla caduta di una porzione di dimensioni considerevoli. La frattura principale, infatti, presentava una immersione a franapoggio, come il fronte della falesia interessata, e poteva essere classificata come giunto di trazione (foto 1,2,3).

In una prima fase conoscitiva, la geometria del blocco sembrava avere una dimensione stimata di circa 10 m³. Si notavano, inoltre, nella parte frontale dell'elemento, le superfici fresche lasciate dal precedente blocco crollato, valutato in circa 8 m³ (foto 4).

Il disaggio finale di quest'area, avvenuto nel corso dei lavori realizzati, ha riguardato un volume

totale di circa 20 m³ (foto 5,7,8); procedendo, infatti, con l'ispezione in corso d'opera, dopo un primo disgaggio, è stato necessario effettuare la demolizione di un secondo blocco che presentava una frattura aperta nella zona di valle (foto 7).

Dopo il disgaggio è stato eseguito un intervento di rinforzo corticale tramite pannelli di rete e funi e chiodature da 3,00 m e da 4,50 m di lunghezza, come meglio specificato nei paragrafi successivi,

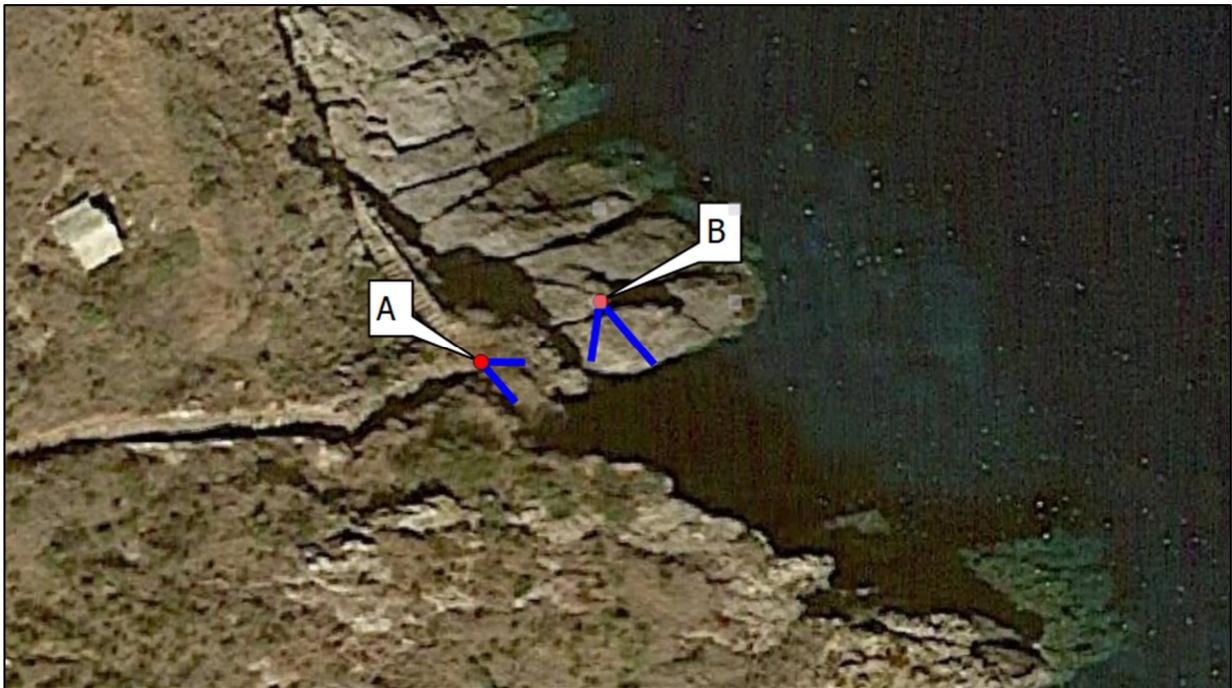


Figura 7: Vista aerea dello scalo con indicazione dei coni ottici di cui alle foto seguenti



Foto 1: Ante opera - Vista B del blocco a rischio crollo



Foto 2: Ante opera - Vista A del blocco a rischio crollo



Foto 3: Ante opera - Vista A con evidenza delle fratture



Foto 4: Ante opera - Vista B con evidenza delle fratture (blu) e della superficie di un precedente distacco (rosso)



Foto 5: Post opera - Vista A dopo il primo disaggio effettuato con malte espansive



Foto 6: Particolare della frattura residua dopo il primo disaggio



Foto 7: Post opera - Vista dopo il disaggio del grande blocco individuato come instabile

Procedendo sul sentiero che parte dallo scalo 4, in corrispondenza della prima rampa, è presente un paramento in muratura in avanzato stato di degrado (*Foto 8 e 9*). Sulla parete si è eseguita la demolizione delle porzioni distaccate e poco cementate e, successivamente, si è applicata la rete in acciaio.

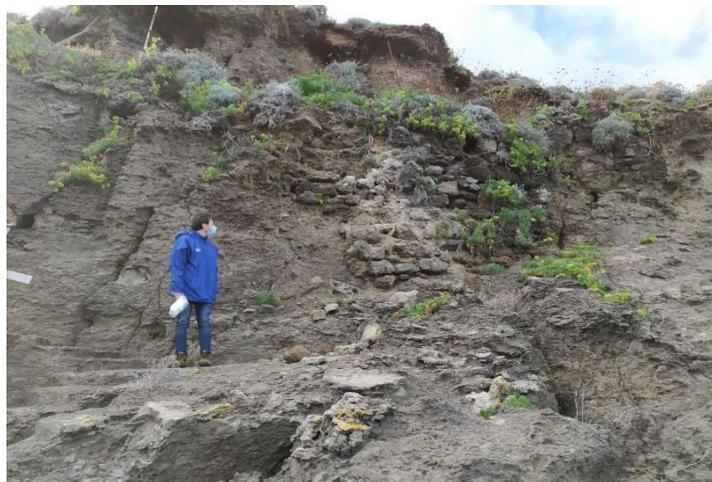


Foto 8: Ante opera: paramento murario in avanzato stato di degrado



Foto 10: Ante opera - Dettaglio paramento murario



Foto 8: Post opera: Intervento di mitigazione sul paramento murario con reti, funi e chiodi

In questa stessa area la falesia si presentava sormontata da una parte alterata delle lave e scorie (membro stratigraficamente più alto della Formazione di Santo Stefano), per la presenza di vegetazione e per le azioni indotte dagli agenti atmosferici; queste porzioni di roccia erano caratterizzate da aggetti che avrebbero potuto causare il crollo di elementi lapidei, aventi dimensioni da piccole a medie (dell'ordine di qualche decimetro).

In questo caso l'intervento di messa in sicurezza si è concretizzato con la eliminazione delle cause dei potenziali crolli, scivolamenti, distacchi con cadute di detriti o massi, mediante una riprofilatura del versante (disgaggi), finalizzata alla eliminazione degli aggetti esistenti.

Su tutte le superfici trattate si è proceduto, quindi, con un intervento di rafforzamento e protezione mediante l'installazione di reti metalliche aderenti, ad alta resistenza, e funi d'acciaio diagonali per contenere la caduta di elementi lapidei di piccole dimensioni (decimetri). Il sistema delle reti e funi è stato fissato con barre di 3.0 m di lunghezza. L'intervento è stato esteso sul paramento in muratura di pietrame su richiamato.



Foto 9: Ante opera - Aree sommitali della falesia costituite da fasce di alterazione aggettanti

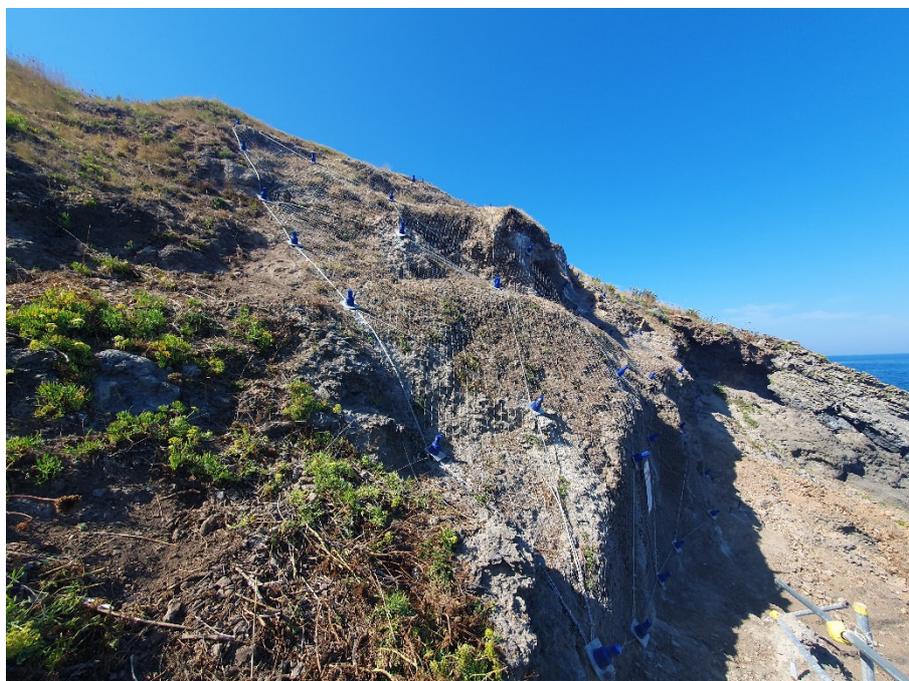


Foto 10: Post opera – vista laterale



Foto 11: Post opera – vista frontale ripresa dal basso

5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI ESEGUITI

5.1 Zone di intervento

I lavori di mitigazione dei rischi di instabilità locale dell'area dello scalo n.4, di cui alla presente relazione, hanno riguardato quattro settori o zone, come indicato negli stralci di planimetria, prospetto e sezioni seguenti (Figure 7- 16). Per i dettagli esecutivi si rimanda alle tavole allegate alla documentazione del progetto realizzato (As built).

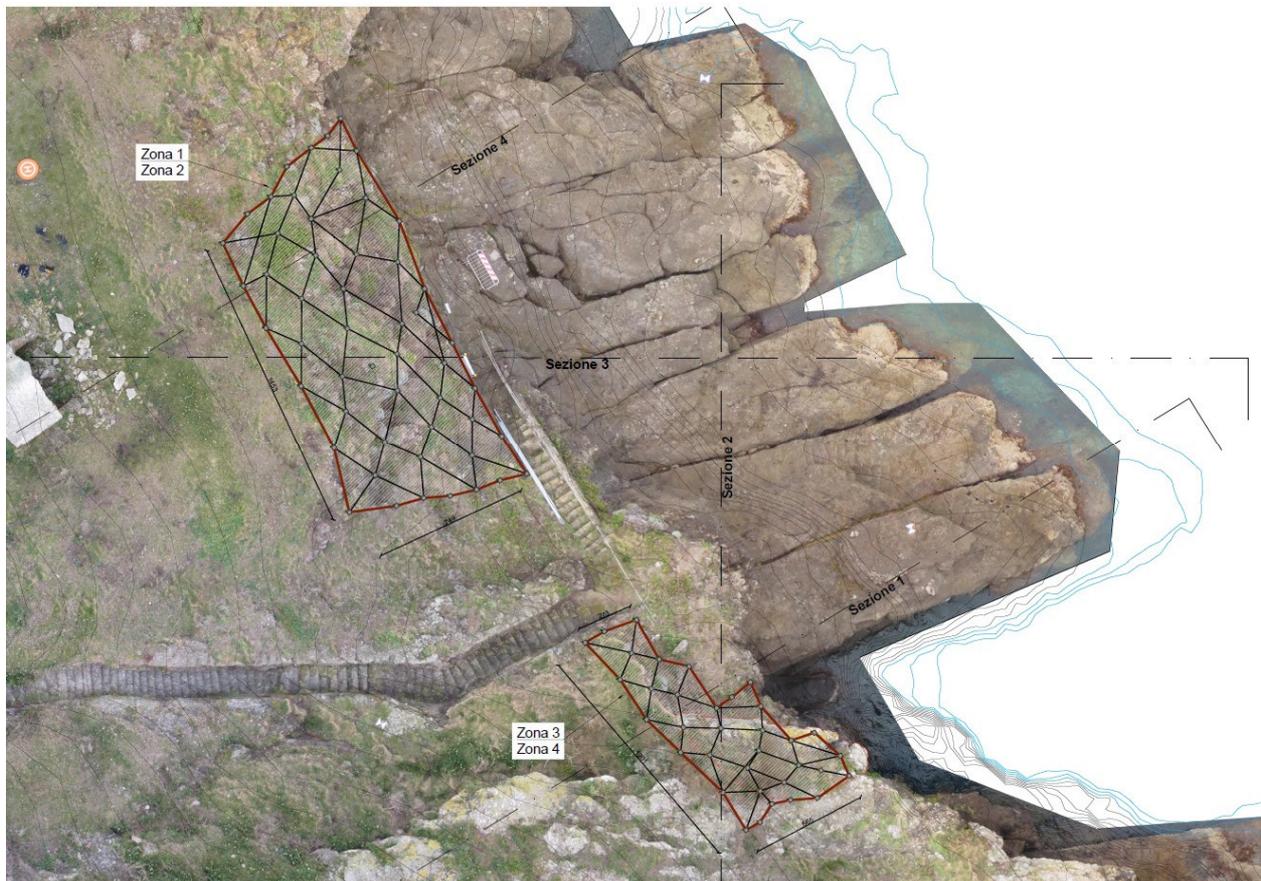


Figura 7: Zone di intervento – vista aerea con schematizzazione degli interventi

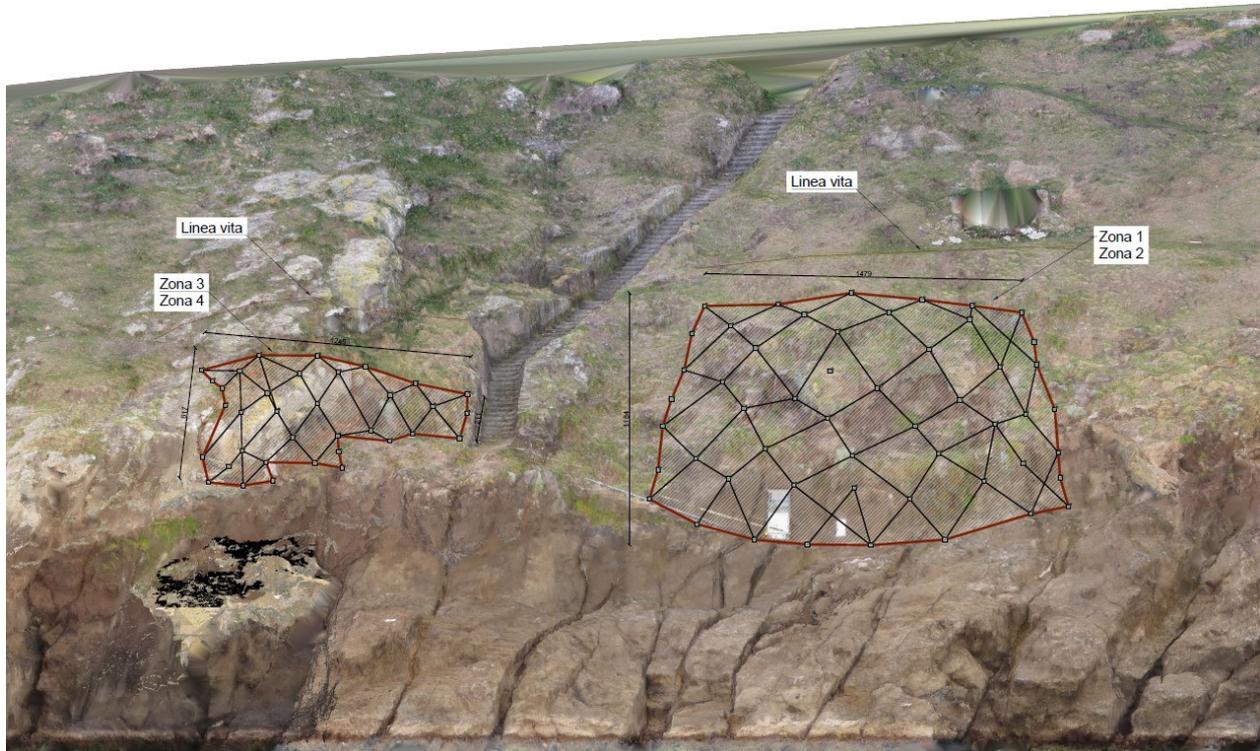


Figura 8: Zone di intervento – vista prospettica con schematizzazione degli interventi

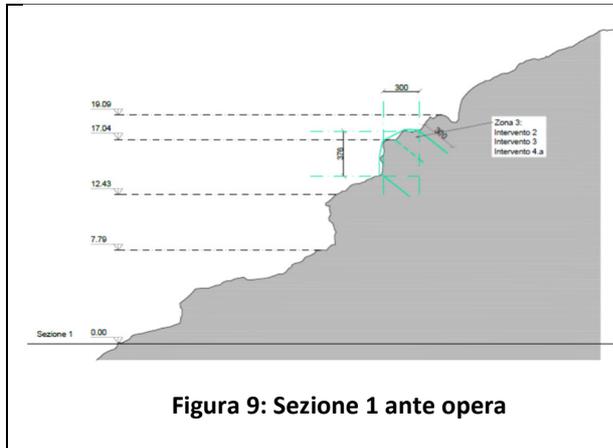


Figura 9: Sezione 1 ante opera

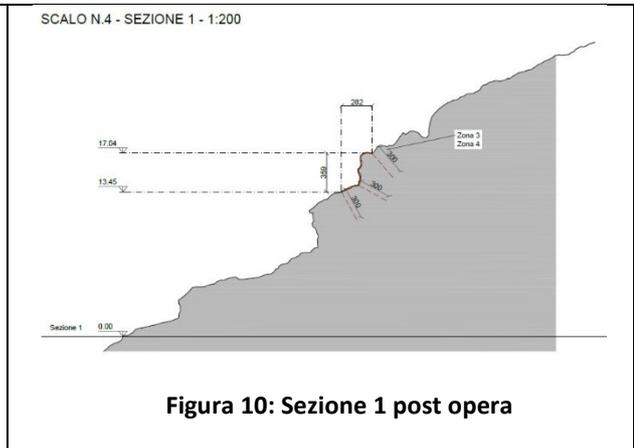


Figura 10: Sezione 1 post opera

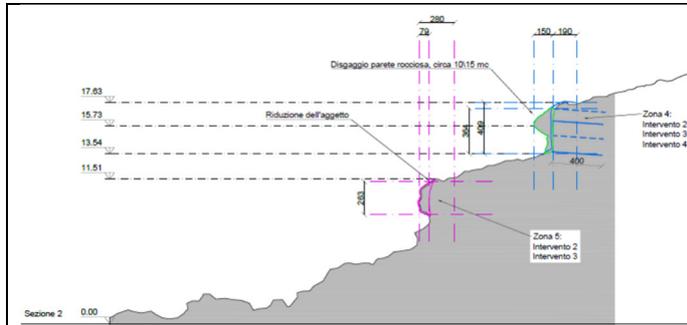


Figura 11: Sezione 2 ante

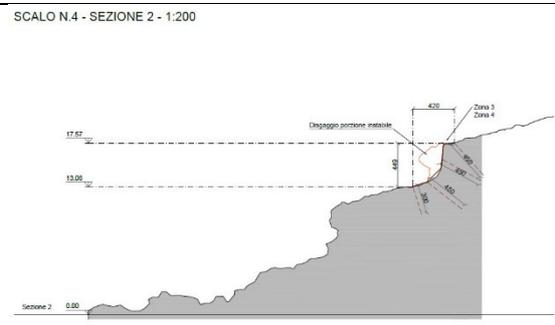


Figura 12: Sezione 2 post

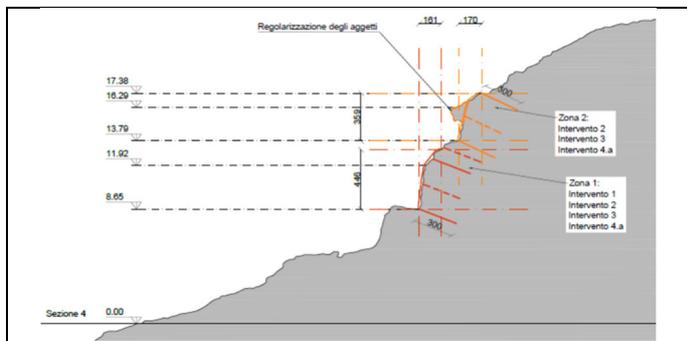


Figura 13: Sezione 3 ante

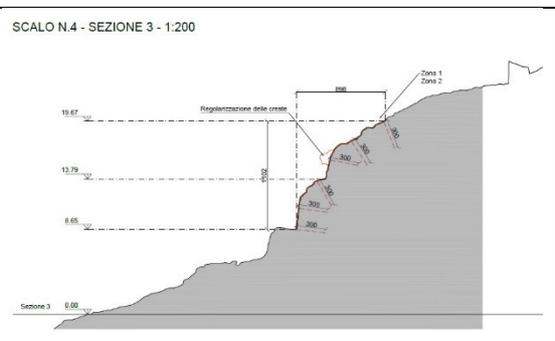


Figura 14: Sezione 3 post

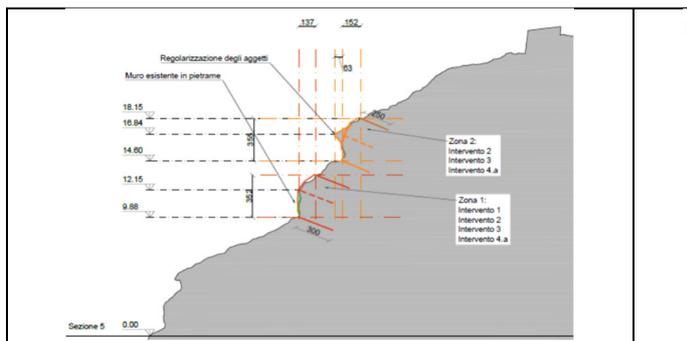


Figura 15: Sezione 4 ante

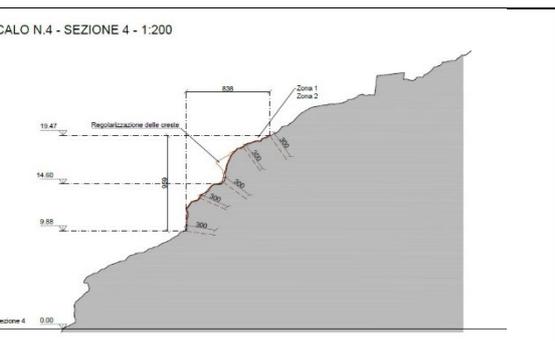


Figura 16: Sezione 4 post

Le zone di intervento sono state individuate sulla base delle criticità riscontrate nel corso delle ricognizioni e dai rilievi effettuati, come su documentato.

5.2 Tipologie degli interventi

Sulle zone individuate sono state applicate tre diverse tipologie di intervento, definite sulla base delle criticità osservate, di cui all'elenco seguente:

- **Intervento 1:** Ispezione e pulizia della parete rocciosa;
- **Intervento 2:** Demolizione di porzioni rocciose in precarie condizioni di stabilità;
- **Intervento 3:** Rafforzamento e protezione della parete rocciosa mediante chiodature con barre metalliche, reti e funi in acciaio.

Nella figura seguente si riportano le tipologie degli interventi applicati sulle quattro zone (le zone 1 e 2 e le zone 3 e 4 sono da ritenersi contigue).

ZONE	INTERVENTI ESEGUITI
Zona 1 Zona 2	Demolizione e regolarizzazione delle creste superiori aggettanti. Perforazione ed installazione di barre d'acciaio DYWIDAG 1050 Ø26,5 mm cementate con CEM II/A-LL 42,5 R, piastre in acciaio 200*200*10 mm e dado conico scanalato chiuso con calotta plastica protettiva - 52 barre L = 3000mm. Installazione di rete in filo d'acciaio ad alte prestazioni aderenti a maglia romboidale - 4 moduli 4*h15 m. Installazione di funi d'acciaio diagonali Ø12 mm disposti a serpentina. Installazione di fune d'acciaio perimetrale Ø16 mm disposto a serpentina.
Zona 3 Zona 4	Disgaggio chimico e meccanico della porzione instabile. Perforazione ed installazione di barre d'acciaio DYWIDAG 1050 Ø26,5 mm cementate con CEM II/A-LL 42,5 R, piastre in acciaio 200*200*10 mm e dado conico scanalato chiuso con calotta plastica protettiva - 15 barre L = 3000mm e 20 barre L = 4500mm. Installazione di rete in filo d'acciaio ad alte prestazioni aderenti a maglia romboidale - 2 moduli 4*h10 m e 2 moduli 4*h5 m. Installazione di funi d'acciaio diagonali Ø12 mm disposti a serpentina. Installazione di fune d'acciaio perimetrale Ø16 mm disposto a serpentina.

Figura 17: Legenda esplicativa delle zone e delle tipologie di intervento

5.2.1 Intervento 1: Ispezione e pulizia della parete rocciosa

L'intervento di pulizia ha previsto la rimozione della vegetazione ed il disgaggio delle porzioni instabili per mezzo di piccole attrezzature meccaniche manuali. In fase preliminare e in corso d'opera è stata effettuata un'accurata ispezione con l'obiettivo principale di:

- verificare il contesto ai fini dell'applicabilità degli interventi di progetto;
- rilevare eventuali condizioni impreviste al momento del progetto;

- definire le soluzioni di ottimizzazione per la messa in opera degli interventi di progetto, degli apprestamenti di cantiere e delle misure di sicurezza a seguito degli approfondimenti fatti dalla Direzione dei Lavori.

5.2.2 Intervento 2: Demolizione di porzioni rocciose in precarie condizioni di stabilità

La demolizione (disgaggio) di porzioni rocciose in precarie condizioni di stabilità è stata effettuata per un blocco di dimensioni medio-grandi, nella zona 4, e per creste aggettanti, nelle altre zone. La demolizione dell'ammasso roccioso, soprattutto nella zona 4, è stata effettuata per via chimica e completata per via meccanica.

Nella demolizione chimica si è proceduto a realizzare una serie di fori tramite perforatrice di ridotte dimensioni, ad inserire le miscele espansive nelle perforazioni preliminarmente eseguite e nelle fessure presenti allo scopo di aumentare, in maniera controllata, lo stato di fratturazione fino a completa rottura, dislocazione e distacco.

Successivamente si è proceduto a sagomare la porzione di roccia con leve e martelli demolitori portatili.

Il volume di roccia demolito con entrambe le metodologie, nella zona 3 e 4, è stato di circa 25 m³ di cui 20 m³ ascrivibili alla massa instabile principale e 5 m³ alle creste presenti sul ciglio di valle delle due aree.

In corso d'opera si è previsto un approfondimento di indagine del quadro fessurativo per definire le zone da disaggiare.

Per le porzioni aggettanti della zona 2, i volumi di demolizione sono risultati minori rispetto alle zone 3-4; il totale di roccia disaggiata è stato pari a circa 8 m³.



Figura 18: zona 1-2: Creste aggettanti zona 1-2 ante opera



Figura 19: Creste aggettanti post opera

5.2.3 Intervento 3: Rafforzamento e protezione della parete rocciosa mediante chiodature con barre metalliche, reti e funi in acciaio

L'intervento 3 è consistito nell'applicazione delle misure di rafforzamento e protezione della porzione di parete rocciosa interessata dagli interventi 1 e 2, mediante chiodature con barre metalliche, reti e funi in acciaio. L'intervento si prefigge i seguenti scopi principali:

- le chiodature consentono di aumentare la resistenza media dell'ammasso roccioso nella porzione superficiale, per effetto della ricucitura delle fessure principali e del parziale intasamento delle stesse indotto dalle iniezioni cementizie;
- le funi e la rete metallica consentono un confinamento superficiale della parete ed una protezione passiva dalla caduta dei massi.

Le fasi esecutive si sono susseguite come di seguito indicato:

- perforazioni ed installazione delle barre metalliche di chiodatura tipo Dywidag \varnothing 26.5, di lunghezza 3.0 m (intervento zona 1, 2, 3 e 4) e 4.5 m (intervento zona 3 e 4), legate con miscele cementizie, con disposizione a maglia rombica, con densità di almeno 1 barra ogni 6mq. La geometria dei chiodi, come rappresentato negli elaborati grafici, ha previsto uno schema di una maglia 3 m x 2 m, nelle zone 1-2; nelle zone 3-4 la densità delle barre è

stata di circa 1 barra ogni 3,5 mq, dovendo adeguare la geometria alla morfologia non regolare della parete rocciosa.

- Messa in opera delle reti metalliche aderenti e delle funi metalliche \varnothing 12 mm diagonali; in zona 1 e 2 sono stati installati 4 pannelli di rete in filo d'acciaio ad alta resistenza DELTAX G82/2 STAINLESS della GEOBRUGG di dimensione 4 mx15 m, per un totale di 240 mq. Nella zona 3 la rete ha dimensioni 8 m x 5 m, mentre nella zona 4 ha dimensioni 8 m x 10 m, per un totale di 120 mq.
- Fissaggio superiore e inferiore e perimetrale delle reti per mezzo di funi metalliche \varnothing 16. Le funi sono state direttamente ancorate alle barre di chiodatura; per quanto riguarda le funi diagonali si precisa che le stesse sono state bloccate al di sotto delle piastre di contrasto delle barre di chiodatura, successivamente bullonate e serrate.
- Serraggio dei bulloni sulla testa dei chiodi;
- Messa in opera di calotte di protezione in materiale plastico sulla testata delle barre di ancoraggio, per garantire la durabilità dell'intervento, tenuto conto delle particolari condizioni ambientali del sito.

Per l'efficacia dell'intervento le reti e le funi sono state installate in aderenza alla parete rocciosa.

Il sistema è, infatti, sufficientemente flessibile per adattarsi a morfologie non piane.



Figura 20: Zona 1 e 2: Rete e barre di ancoraggio



Figura 21: Zone 3 e 4 - Rete e barre di ancoraggio



Figura 22: Particolare dettaglio di ancoraggio con rete, piastra, funi e calotta protettiva

6 PROVE DI COLLAUDO

6.1 Premessa

Oltre ai controlli di accettazione dei materiali, in data 4 ottobre 2023 è stata eseguita una prova di collaudo per definire la resistenza allo sfilamento dei tiranti di ancoraggio.

6.2 Finalità delle prove

Le prove hanno avuto la finalità di definire il valore caratteristico allo sfilamento del sistema utilizzato su elementi campione, appositamente realizzati fuori opera, con lo stesso sistema costruttivo di quelli definitivi messi in opera.

Per questo motivo si è data disposizione all'Impresa esecutrice di realizzare tre tiranti prova, due aventi lunghezza di perforazione da 3,0 m ed uno da 4,5 m, le cui caratteristiche complete sono riportate nel seguito.

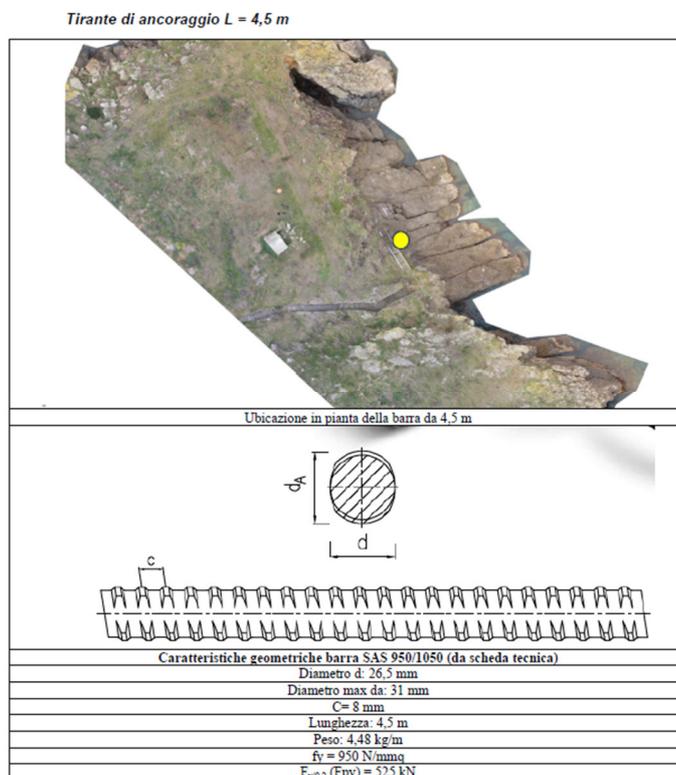


Figura 23: Barre $L = 4,5\text{ m}$

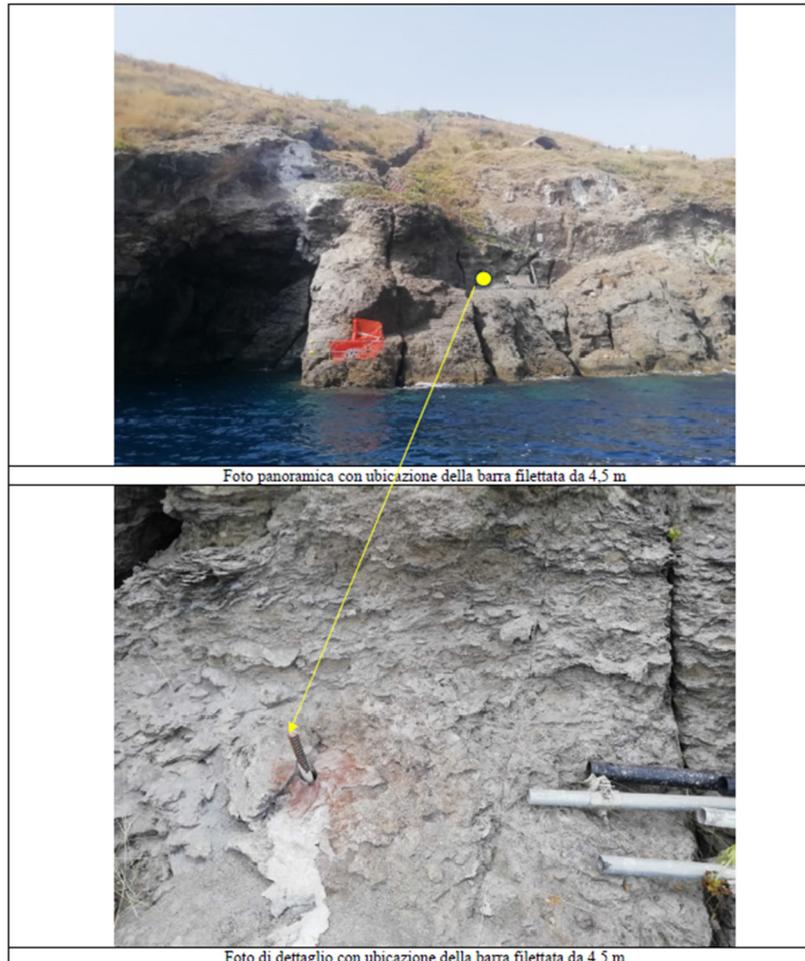


Foto 12: Ubicazione barra L = 4,50 m

Dati geometrici perforazione e iniezione:

- diametro della perforazione: 58 mm;
- lunghezza di perforazione: 4,50 m
- lunghezza di iniezione: 4,5 m;
- Metodo di iniezione: a bassa pressione (non misurata);
- Miscela di iniezione: boiaccia di cemento con additivo fluidificante ed espansivo
- Cemento: Tecnocem CEM II/A-LL 42,5 R;
- Additivo: Cablejet Mapei;
- Resistenza a compressione dopo 28 gg > 45 N/mm² (dati scheda tecnica);
- Date di esecuzione delle perforazioni ed iniezioni: 13 settembre 2023;

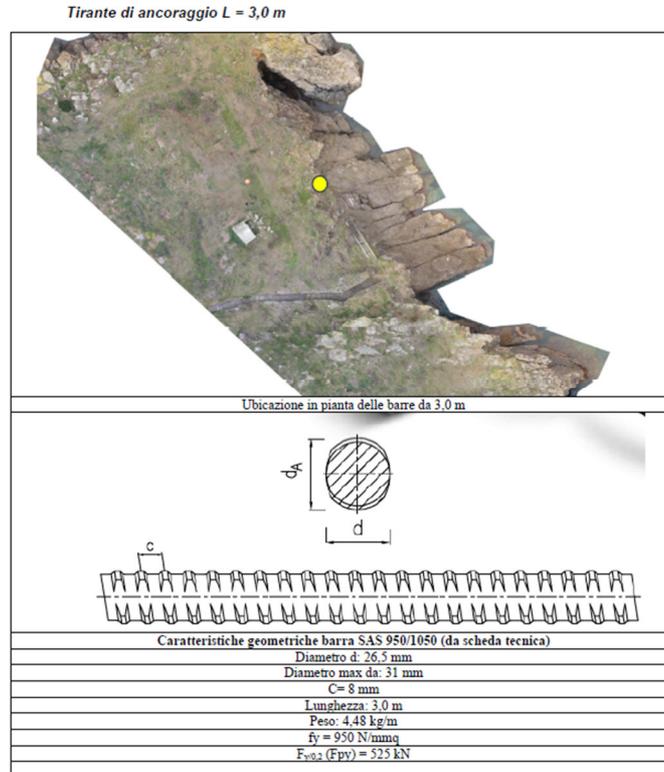


Figura 24: Barre L = 3,0 m

Dati geometrici perforazione e iniezione:

- diametro della perforazione: 58 mm;
- lunghezza di perforazione: 3,00 m
- lunghezza di iniezione: 3,0 m;
- Metodo di iniezione: a bassa pressione (non misurata);
- Miscela di iniezione: boiacca di cemento con additivo fluidificante ed espansivo
- Cemento: Tecnocem CEM II/A-LL 42,5 R;
- Additivo: Cablejet Mapei;
- Resistenza a compressione dopo 28 gg > 45 N/mm² (dati scheda tecnica);
- Date di esecuzione delle perforazioni ed iniezioni: 13 settembre 2023;

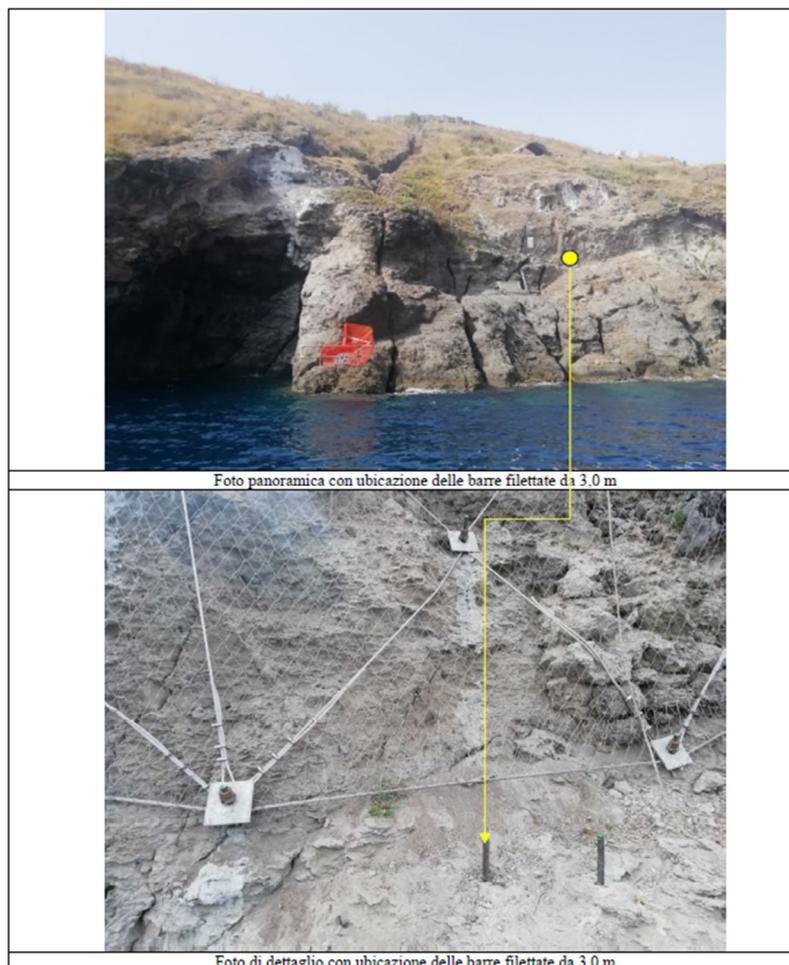


Figura 25: Ubicazione barra L = 3,00 m

6.3 Modalità esecutive della prova

Le specifiche esecutive sono state in parte ricavate dalle *Raccomandazioni sugli ancoraggi nei terreni e delle Rocce – giugno 2012*, redatte dall'Associazione geotecnica italiana (AGI) e dall'associazione Italiana calcestruzzo armato e precompresso (AICAP).

Nella prova a sfilamento l'ancoraggio deve essere sollecitato fino al massimo carico di prova possibile, ovvero il carico P_p che determina il raggiungimento di una tensione nell'armatura pari al 90% di quella di snervamento

$$P_p = 0,9 R_{tk} = 0,9 A_s F_{yk} = 0,9 \cdot 525 \text{ kN} = 472 \text{ kN}$$

La velocità di applicazione del carico, così come quella di scarico, è stata inferiore a 10 kN al

minuto. La prova ha compreso le seguenti fasi:

1. Tesatura fino ad una forza di allineamento P_a , usualmente pari al valore minimo tra 50 kN e il 10% del carico di prova (47,2 kN);
2. Tesatura per incrementi di carico pari a 0,1 di P_p ogni minuto fino a raggiungere lo sfilamento o il carico di prova P_p , con sosta a ciascun incremento per il solo tempo necessario alla lettura del corrispondente allungamento;
3. Misurazione in fase di scarico dell'allungamento residuo della barra.

6.4 Risultati delle prove

La prova ha riguardato una barra da 4,50 m e una da 3,0 m ed entrambe hanno avuto un comportamento staticamente idoneo e, pertanto, la prova ha dato un esito positivo. All'atto della redazione della presente relazione il *Report relativo alla prova di collaudo* non è stato ancora acquisito agli atti.

7 CONCLUSIONE

Nell'ambito dei lavori in corso, relativi al *“Contratto Istituzionale di Sviluppo - Recupero e rifunzionalizzazione ex carcere Borbonico dell'isola di Santo Stefano Ventotene - Intervento n. 1 Messa in sicurezza degli edifici”*, è sorta l'esigenza di migliorare le attuali condizioni di sicurezza per lo sbarco allo scalo n.4, utilizzato dalle maestranze quando le condizioni meteo marine, particolarmente avverse, rendano impraticabile lo scalo della Marinella.

Tale esigenza è diventata una urgenza quando su una porzione di falesia che insiste sulla insenatura presente nella zona di approdo dello scalo 4 si è registrato un distacco roccioso.

Si è, pertanto, individuata la necessità di procedere in urgenza alla realizzazione di alcuni interventi di mitigazione del rischio di instabilità locale dell'area dello scalo, con l'obiettivo di renderlo agibile per lo sbarco delle maestranze, attualmente impegnate nei lavori di messa in sicurezza dell'ex carcere borbonico, in presenza di condizioni meteo marine particolarmente avverse da non consentire l'approdo allo scalo Marinella.

I lavori eseguiti nel periodo luglio-settembre 2023 hanno riguardato gli interventi di seguito elencati.

- **Intervento 1:** Ispezione e pulizia della parete rocciosa;
- **Intervento 2:** Demolizione di porzioni rocciose in precarie condizioni di stabilità;
- **Intervento 3:** Rafforzamento e protezione della parete rocciosa mediante chiodature con barre metalliche, reti e funi in acciaio.

ed hanno interessato localmente quattro zone della falesia ove, dai rilievi e dalle indagini effettuate, sono emerse condizioni critiche per la sicurezza pubblica e privata.

Giova precisare che le aree prospicienti lo scalo n. 4 ed oggetto dell'intervento in somma urgenza, rientrano in un intervento più ampio, sempre ricadente all'interno di quelli elencati dal Contratto Istituzionale, denominato intervento n. 3 *“Realizzazione/Adeguamento degli approdi all'isola di Santo Stefano”*.

L'intervento n. 3 è stato assoggettato a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale/Valutazione di Incidenza di livello statale in esito alla quale è stato emesso il Decreto

del Ministro della Transizione Ecologica di concerto con il Ministro della Cultura n. 142 dell'11 luglio 2022, con l'adozione di un parere positivo con rilevanti condizioni e prescrizioni ambientali dove, in particolare, la condizione n. 6 è afferente alle attività sulle falesie.

Per quanto attiene agli interventi riguardanti le falesie l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale, su istanza del Responsabile Unico del Procedimento, ha inoltre emesso un ulteriore parere del 22 novembre 2022, agli atti di Invitalia con Prot. 0341422 del 23 novembre 2022, il quale, in merito agli interventi sullo scalo 4, riporta: *“Gli interventi previsti allo Scalo n. 4 sono inquadrabili sia come manutenzione straordinaria, sia come interventi per la mitigazione del rischio di frana e pertanto risultano compatibili con la vigente pianificazione di bacino, anche alla luce delle verifiche contenute nella Relazione tecnica sulle indagini di rilevamento geologico-tecnico e analisi di stabilità.”*

Ciò posto, si chiarisce che le lavorazioni effettuate in somma urgenza e contenute negli elaborati dell' *As built*, di cui alla presente relazione, saranno riportate integralmente nella documentazione progettuale che sarà sottoposta a verifica di ottemperanza nell'ambito del progetto afferente al su richiamato intervento n. 3 del Contratto Istituzionale.