Azienda speciale Parco di Porto Conte

Ente gestore Parco naturale regionale di Porto Conte e
Area marina Protetta Capo Caccia – Isola Piana

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANA IN FALESIE PUNTA GIGLIO NEL COMUNE DI ALGHERO (SS)

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato 00 – Elenco degli elaborati

R.T.P. fra D.R.E.Am. ITALIA e Geologika srl

Dott. Ing. Simone Galardini
Dott. Ing. Chiara Chiostrini
Dott. For. Lorenzo Mini
Dott. Arch. Niccolò Contri
Dott. Geol. Fabio Fanelli
Dott. Geol. Fabrizio Callai

Azienda speciale Parco Porto Conte

Responsabile Unico del Procedimento
Dott. Mariano Mariani
Supporto al R.U.P.
Ing. Antonello Dore
Responsabile del Servizio
Dott. Pasquale Sinis

Codice 09608	**Emesso** Fanelli	**D.R.E.AM. Italia** Via Garibaldi, 3 Pratovecchio Stia (Ar) - Tel. 0575 52.95.14 Via Enrico Bindi n.14, Pistoia – Tel 0573 36.59.67 http://www.dream-italia.it AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ CERTIFICATO DA DNV GL = ISO 9001 =	D.R.E.AM. ITALIA
Rev. 01	**Controllato** Galardini		
Data Giugno 2022	**Approvato D.T.** Miozzo		

Sommario

PREMESSA *2*
1. SINTESI DEI PARERI RICEVUTI SUL PROGETTO DEFINITIVO *3*
2. ORDINANZA N. 51/2015 DELL'UFFICIO CIRCONDARIALE MARITTIMO DI ALGHERO *5*
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE *6*
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO *9*
5. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI *13*
6. RILIEVO BOTANICO VEGETAZIONALE *21*
7. VINCOLI E CLASSIFICAZIONI CHE INTERESSANO L'AREA *25*
7.1 PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE *25*
7.2 AREE NATURA 2000 ..... *26*
7.3 VINCOLI PAESAGGISTICI *27*
7.4 INQUADRAMENTO PAI *29*
8. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI *30*
8.1 MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI *34*
8.2 MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI *35*
9. QUADRO ECONOMICO *36*
9.1 RIPARTIZIONE ECONOMICA DEGLI INTERVENTI *36*

PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione generale del progetto esecutivo denominato "Lavori di mitigazione del rischio frana in falesia Punta Giglio nel Comune di Alghero" commissionato all'R.T.P. Dream Italia – Geologika srl da parte dell'Azienda Speciale Parco Conte, a seguito dell'espletamento di gara per incarico professionale di cui al CIG 83064088B8.

L'obbiettivo dell'intervento è quello di mitigare, per quanto possibile, il rischio di frana nonché i fenomeni erosivi in corso su questo tratto di costa, che risulta ad oggi interdetta con ordinanza n. 51/2015 dell'Ufficio Circondariale Marittimo di Alghero, che di fatto sancisce l'interdizione di circa 8 Ha di specchio marino prospicienti 400 metri lineari di costa.

Stante il contesto naturalistico di grande pregio dell'area il progetto cerca di conciliare l'esigenza di riduzione del rischio di caduta blocchi con tecniche di intervento a basso impatto ambientale; l'area di intervento è infatti ubicata in corrispondenza di Punta Giglio, promontorio di origine carbonatica che chiude ad Est il grande golfo di Porto Conte, ed è caratterizzata da un contesto di valenza paesaggistica e naturalistica. La zona ricade infatti all'interno dell'area marina protetta "Capo Caccia - Isola Piana", del S.I.C. ITB010042 "Capo Caccia e Punta Giglio" ed anche della ZPS "Capo Caccia" ITB013044.

Vista la grande estensione dell'area di intervento, le risorse economiche a disposizione e lo stato dei luoghi di grande interesse ambientale l'intervento mirerà ad intervenire sulle criticità maggiori, individuate come prioritarie a seguito di rilievi ed indagini in sito, in modo da ridurre ad un livello accettabile, che non potrà essere mai nullo vista la dinamica naturale del fenomeno, il rischio di caduta blocchi e massi verso le zone sottostanti.

Il progetto definitivo è stato approvato da tutti gli Enti Competenti tramite conferenza dei servizi, conclusa positivamente in data 29.04.2022 come da apposito verbale, con la prescrizione che la fase esecutiva sia attuata nel rispetto di tutte le condizioni contenute nelle comunicazioni, autorizzazioni, intese, concessioni, licenze, pareri concerti, nulla osta e assensi comunque denominati. A seguito della chiusura della Conferenza dei Servizi la Stazione Appaltante ha approvato il progetto definitivo con Determinazione n. 174 del 02.05.2022.

1. SINTESI DEI PARERI RICEVUTI SUL PROGETTO DEFINITIVO

Come detto il progetto definitivo è stato approvato dall'ente con Determinazione n. 174 del 02.05.2022 a seguito della conclusione positiva della Conferenza dei Servizi in data 29.04.2022, come da apposito verbale.

Qui si seguito vengono riportati, in forma sintetica e per via tabellare, tutti i pareri e le prescrizioni ricevute sul progetto definitivo, indicando il relativo stato di ottemperanza all'interno del progetto esecutivo.

Rif.	Ente	Parere/Prescrizione (sintesi)	Stato di Ottemperanza
Prot. 833/2022	RAS - Assessorato della Difesa dell'Ambiente	Il progetto definitivo ha recepito le misure di attenzione espresse sul progetto preliminare con nota DGA n. 24055 del 14.11.2018. Viene valutato positivamente il progetto con ulteriori misure di attenzione quali: 1. le aree di cantiere, di transito e stazionamento dei mezzi meccanici e di stoccaggio temporaneo dei materiali, saranno localizzate su spiazzi già presenti, senza comportare alterazioni dello stato dei luoghi, quali scavi e sbancamenti, avendo cura di non danneggiare superfici riconducibili ad habitat di interesse comunitario; 2. il transito dei mezzi di cantiere sarà limitato alla viabilità esistente, non è consentita l'apertura di nuove piste o l'allargamento di quelle esistenti. 3. durante le fasi di cantiere (allestimento, lavorazioni, smantellamento) saranno adottate le specifiche attenzioni atte ad evitare: • la dispersione di contaminanti nel suolo e nell'aria; • la dispersione di polveri nell'aria; • impatti acustici derivanti dall'utilizzo di mezzi meccanici e strumentazioni di cantiere; 4. tutti i materiali risultanti, eccedenti dall'esecuzione delle opere, saranno conferiti a discarica o recuperati in maniera conforme alla normativa vigente. Al termine dei lavori si dovrà provvedere al ripristino dello stato originario dei luoghi	Nel capitolato speciale di appalto si indicheranno compiutamente le misure di attenzione espresse, ponendo a carico dell'impresa esecutrice le misure necessarie. Il layout di cantiere sarà impostato secondo le specifiche richieste
Prot. 832/2022	Corpo forestale e di Vigilanza Ambientale	I terreni sono parzialmente sottoposti a vincolo idrogeologico art. 1 del R.D. 3267/1923. Esaminato il progetto viene espresso parere favorevole. Nel caso in cui i lavori vengano eseguiti nel periodo di elevato pericolo incendio	L'elevato periodo di incendio boschivo vige dal 1° giugno al 31 ottobre, mentre le lavorazioni sono previste dal 10 ottobre al 31 marzo.

Rif.	Ente	Parere/Prescrizione (sintesi)	Stato di Ottemperanza
		boschivo, qualora dovessero essere eseguite attività di cui all'articolo 5 delle prescrizioni Regionali Antincendio dovrà preventivamente essere chiesta l'autorizzazione	Qualora nel periodo di sovrapposizione all'interno di aree boscate dovesse essere fatto uso di apparecchi a fiamma o elettrici per tagliare metalli, l'utilizzo di motori, attrezzature, fornelli, forni e inceneritori che producano faville o braci l'impresa esecutrice chiederà specifica autorizzazione
Prot. 834/2022	Ministero della Transizione ecologica Direzione generale patrimonio naturalistico e mare	A seguito di istruttoria si rilascia parere favorevole nel rispetto delle seguenti misure: rispettare le prescrizioni della Direzione Generale della Difesa dell'Ambiente della Regione Sardegna, utilizzare precauzioni volte ad evitare il deposito sul fondale di ammassi rocciosi, dispersioni di inquinanti, torbidità, valutare in corso d'opera eventuali impatti negativi per porre in opera le opportune misure correttive	Nel capitolato speciale d'appalto si forniranno prescrizioni operative tali da minimizzare gli impatti negativi
Prot. 839/2022	Ministero della Cultura. Direzione generale Archeologia Belle Arti e Paesaggio Soprintendenza di Sassari e Nuoro	Viene espresso parere favorevole con le seguenti prescrizioni: qualora le opere da farsi dovessero interferire con la grotta dei Cervi, dovrà essere assicurata la tutela della grotta e del suo ingresso e a tale scopo dovranno essere predisposti e inviati a questo Ufficio gli elaborati di dettaglio che illustrino le misure adottate per le valutazioni di competenza	Non sono previste attività tali da interferire con l'ingresso della Grotta dei Cervi. Qualora si rendessero necessarie si procederà come indicato
Prot. 1119/2022	Agenzia Regionale Distretto Idrografico della Sardegna	I contenuti dello studio di compatibilità geologica e geotecnica sono, in linea generale, rispondenti ai requisiti di cui all'Allegato F delle Norme di Attuazione del PAI e, quanto al grado di approfondimento, commisurati alla rilevanza dell'opera. Pertanto il parere è favorevole con la prescrizione di integrare lo studio di compatibilità con il piano di manutenzione e monitoraggio delle opere di cui all'allegato F del PAI. Il soggetto competente è tenuto a garantire la costante manutenzione dell'opera mediante iscrizione a bilancio di idonee risorse finanziarie	Lo studio di compatibilità viene integrato con il piano di manutenzione e monitoraggio di cui all'allegato F del PAI. Viene prodotto l'elaborato Piano di manutenzione quinquennale con quantificazione economica delle somme da accantonare per il monitoraggio e manutenzione dell'opera
Prot. 1326/2022	Comune di Alghero Settore IV	Valutato il punto B.40 del DPR 317/2017, verificato che l'autorizzazione paesaggistica risulta di competenza comunale, viene espresso parere favorevole all'intervento	
Prot. 4888/2021 1598/2022	Agenzia Regionale Fo.RE.S.T.A.S.	Viene comunicato che gli interventi previsti ricadono esternamente alle aree in gestione e pertanto non viene espresso parere	

Rif.	Ente	Parere/Prescrizione (sintesi)	Stato di Ottemperanza
Prot. 4914/2021	Assessorato lavori pubblici – Genio Civile Sassari	Non risultano competenze per il Servizio e pertanto non viene rilasciato parere	
Prot. 808/2022	Comune di Alghero Settore 4 – Servizio Ambiente	La competenza all'approvazione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica è attribuita all'Autorità di Bacino. Viene espressa l'incompetenza dell'Ente e si rimanda al parere dell'ADIS.	Si rimanda al parere dell'ADIS
Prot. 851/2022	Agenzia Conservatoria delle coste della Sardegna	Il territorio di Punta Giglio non ricade in nessuna delle Aree di Conservazione Costiera affidate all'Agenzia e pertanto non esprime alcun parere	

2. ORDINANZA N. 51/2015 DELL'UFFICIO CIRCONDARIALE MARITTIMO DI ALGHERO

Sul tratto di falesia di intervento è vigente l'ordinanza n. 51/2015 emessa dall'Ufficio Circondariale Marittimo di Alghero in data 23.10.2015 per le acque antistanti Punta Giglio (SS); in data 23.10.2015 è pervenuta infatti all'Ufficio Circondariale Marittimo di Alghero la segnalazione di caduta massi dalla parete rocciosa di Punta Giglio che ha lambito alcuni natanti che svolgevano attività ricreative di diving.

Il Capo del Circondario Marittimo e Comandante del Porto di Alghero, considerata la necessità di prevenire il verificarsi di possibili incidenti e di salvaguardare l'incolumità delle persone, delle cose e la sicurezza della navigazione, e visti gli articoli 2, 17, 30 e 81 del Codice della Navigazione e l'articolo 59 relativo al Regolamento di esecuzione ha pertanto ordinato che a far data dal 23.10.2015 e fino al ripristino della sicurezza nelle acque antistanti il tratto di costa di Punta Giglio, all'interno dell'area individuata dai punti di seguito indicati e per un'estensione dalla linea di 200 metri dalla linea di costa:

Coordinate geografiche WGS84		
Punto	Latitudine	Longitudine
A	40°34'100 N	008°12'300 E
B	40°34'260 N	008°12'600 E

Tabella 1 – Punti a terra della zona caratterizzata da ordinanza di interdizione, per una fascia di 200 m dalla linea di costa

È vietato:

1. Navigare, ancorare e sostare con qualunque unità sia da diporto che ad uso professionale
2. Praticare la balneazione
3. Effettuare attività di immersione con qualunque tecnica;
4. Svolgere attività di pesca di qualunque natura

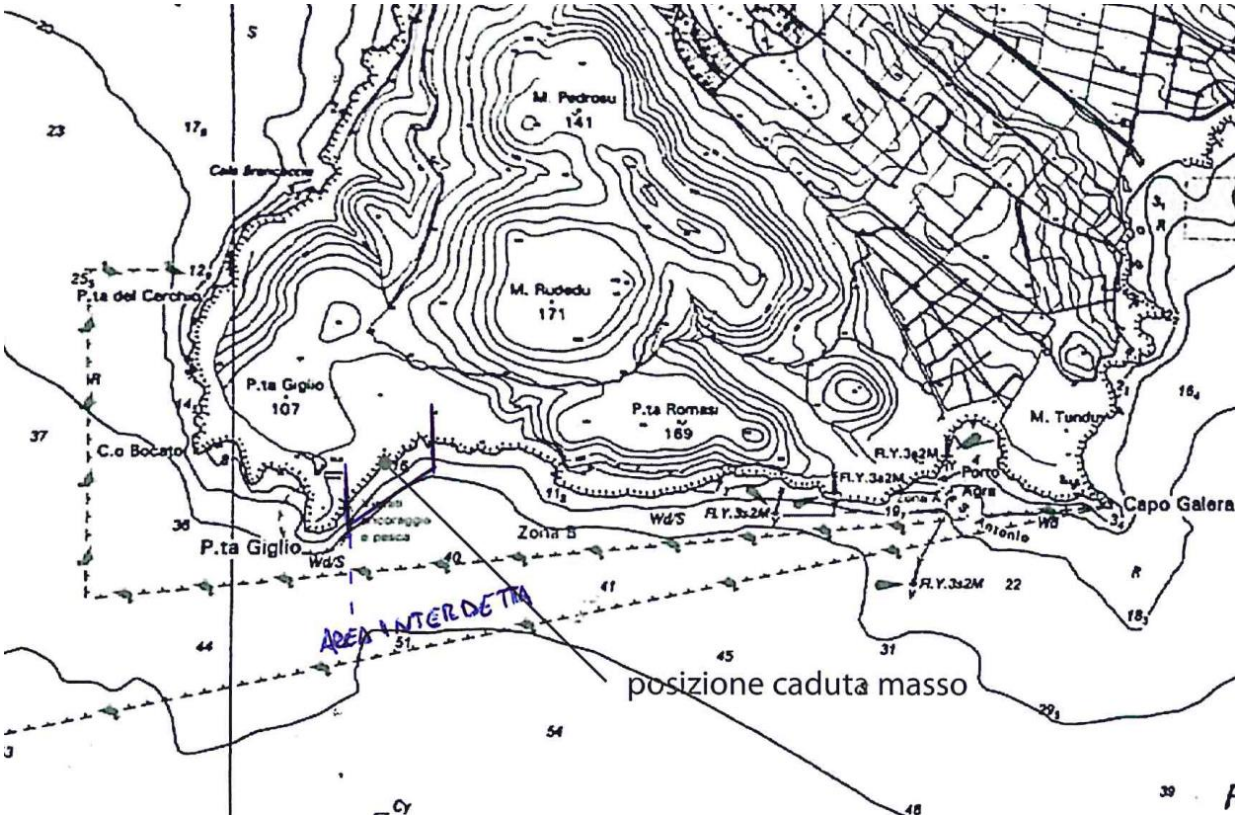

Figura 1 - Estratto di mappa allegato all'ordinanza n. 51/2015 emessa dall'Ufficio Circondariale Marittimo di Alghero in data 23.10.2015

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'interesse è situata in Comune di Alghero in corrispondenza della porzione di falesia posta a nord est di Punta Giglio, promontorio di origine carbonatica che chiude ad Est il grande golfo di Porto Conte. L'area è caratterizzata da un contesto di grande pregio ambientale, paesaggistico e naturalistico; la zona ricade infatti all'interno dell'area marina protetta "Capo

Caccia - Isola Piana", del S.I.C. ITB010042 "Capo Caccia e Punta Giglio" ed anche della ZPS "Capo Caccia" ITB013044.

Tutta l'area è caratterizzata da pericolosità geomorfologica molto elevata, come testimoniato da recenti episodi di crollo di porzioni lapidei, che possono risultare assai nefaste, visto che le zone sottostanti sono da sempre frequentate da numerosi natanti ed imbarcazioni da diporto.

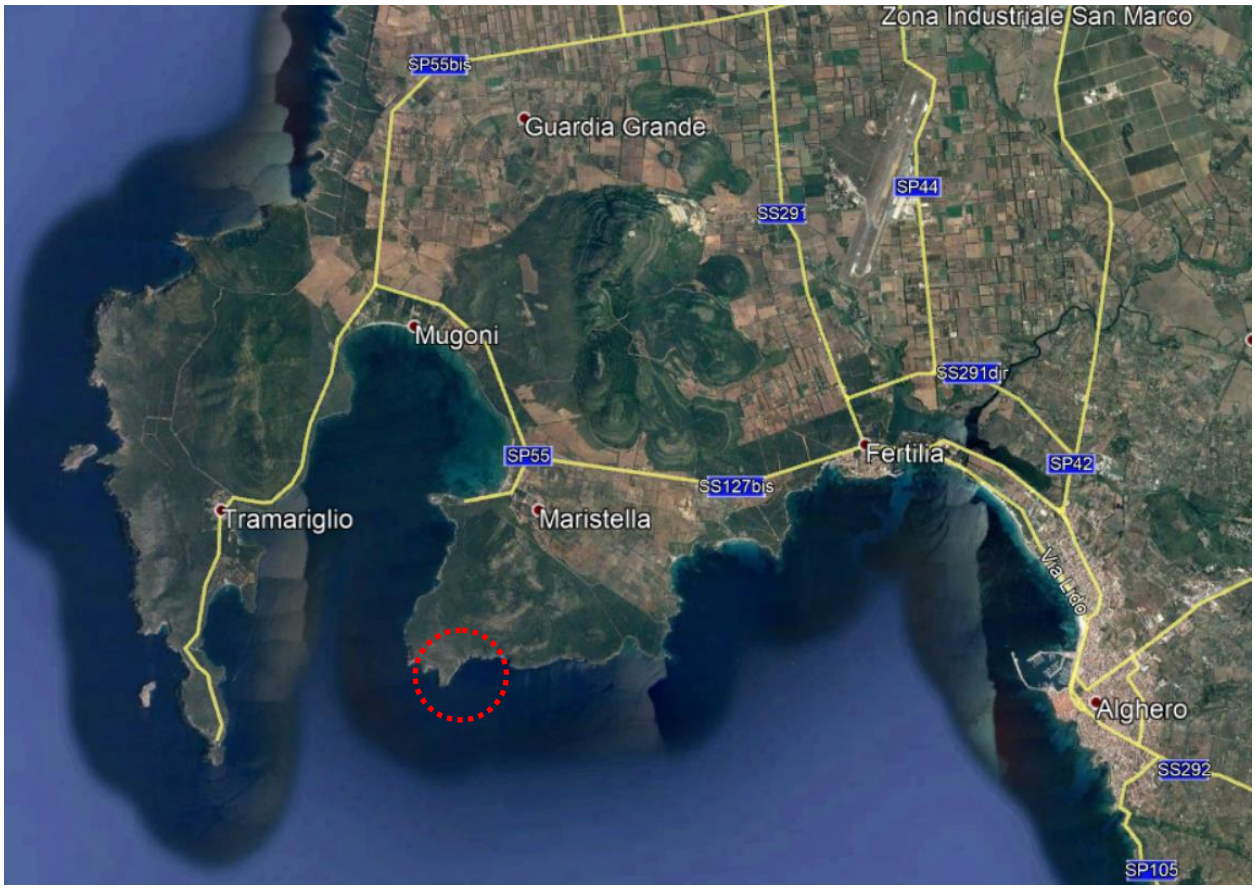

Figura 2 – Inquadramento aereo generale dell'area (fonte Google Earth)

Il tratto di intervento si sviluppa su un tratto di falesia esposto verso sud est, con una lunghezza complessiva di circa 400 m; la parete di presenta pressochè verticale, con altezza media di circa 35 – 40 m dal livello del mare, con presenza di alcuni pianetti in parete, alcuni aggetti e diverse cavità. Tutta l'area è frequentata a scopo ricreativo e per attività diving, grazie alla bellezza dei luoghi e per la presenza di numerose grotte sommerse, fra cui la Gruta de Liri, la Gruta del Mig e la Gruta deis Fantasmas.

Figura 3 – Vista di dettaglio dell'area di intervento (fonte Google Earth)

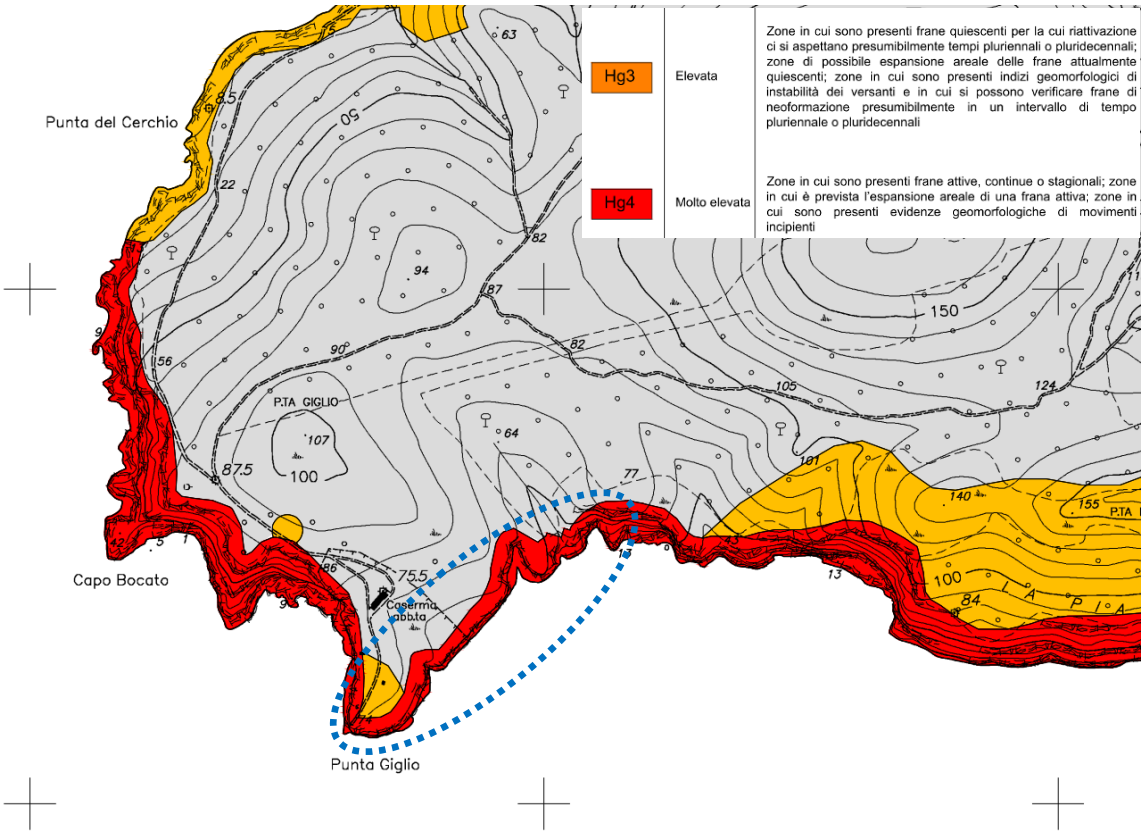

Figura 4 – Inquadramento PAI tratto d'intervento

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in studio è ubicata lungo la costa nord-ovest della Sardegna nella regione storico-geografica della Nurra di Alghero. È caratterizzata dalla diffusa presenza di rocce sedimentarie calcaree appartenenti all'era mesozoica, ed in particolare all'intervallo Giurassico-Cretacico, che danno corpo al tratto di costa alta che da Punta del Giglio si estende fino a Porto Agra.

Nel dettaglio la falesia di Punta Giglio è costituita da rocce sedimentarie di ambiente marino appartenenti al Giurassico medio-superiore rappresentate dalla F.ne di Monte Uccari (MUC) e dalla F.ne di Monte Nurra (NRR) che passano, attraverso un'importante discordanza angolare dovuta ad un periodo di emersione perdurato per circa 8 milioni di anni (Albiano, circa 108÷100 milioni di anni fa) a depositi sempre di ambiente marino appartenenti al Cretacico superiore (Coniaciano) rappresentati dai calcari della F.ne di Capo Caccia (POC). La Formazione di Monte Nurra che affiora prevalentemente nel promontorio di Punta del Giglio, è costituita da dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne depositatisi durante il Giurassico Medio (Dogger). Nel settore centrale e nord-orientale della falesia affiorano le litologie dalla Formazione di Monte Uccari costituite da calcari micritici e bioclastici grigio biancastri, ben stratificati, dolomie grigiastre e lenti di calcare oolitico del Giurassico Superiore (Malm). Il passaggio al Malm si colloca probabilmente all'interno di un'alternanza di calcari micritici a "ciottoli neri" ed a carofite; la successione dolomitica è ben esposta anche lungo la falesia di Capo Caccia, è costituita da dolomie calcaree a *bird eye*, con cristalli pseudomorfi di gesso, che testimoniano continue e ripetute emersioni.

La successione stratigrafica descritta si presenta piuttosto regolare anche se le deformazioni tettoniche indotte dall'Orogenesi Alpina hanno determinato una sensibile variazione nella geometria delle giaciture originarie. Infatti è ben documentata la regolare giacitura degli strati, appartenenti al Giurassico medio-superiore, che immergono verso SE con inclinazione di circa 25°, mentre nelle litologie, post discordanza angolare del Cretacico medio, si osserva una netta variazione nella direzione di immersione verso S e SW pur mantenendo, mediamente la stessa inclinazione. Trattandosi di rocce lapidee l'ammasso roccioso mostra molto chiaramente gli effetti delle sollecitazioni indotte dalla tettonica, attraverso un considerevole reticolo di discontinuità generalmente subverticali che si sovrappone alle anisotropie di genesi primaria

come la stratificazione. Lungo la falesia di Punta del Giglio risulta molto subordinata la presenza di depositi di copertura ad eccezione dei sedimenti arenacei afferenti al Subsintema di Portoscuso che si limitano ad una sorta di "concrezione" che ricopre con un debole spessore la parte bassa della falesia. Questi affioramenti, che si trovano ad una quota di circa 4-8 m sul livello del mare, attribuibili al Quaternario antico (Pleistocene medio-superiore) testimoniano la presenza di strutture dunali, in migrazione verso l'entroterra, che difronte falesia calcarea si accumulavano, ridosso della stessa, e si sviluppavano attraverso un processo di accrescimento prevalente verticale. Le litologie arenacee del Subsintema di Portoscuso affiorano estesamente lungo il tratto di costa medio-bassa che si sviluppa tra Punta del Cerchio e Porto Conte; sono fondamentalmente costituite da arenarie a laminazione incrociata, quarzoso-feldspatiche da fini a medio-fini con un elevata componete bioclastica, cemento carbonatico, frequentemente intercalate con paleosuoli o depositi lacustri.

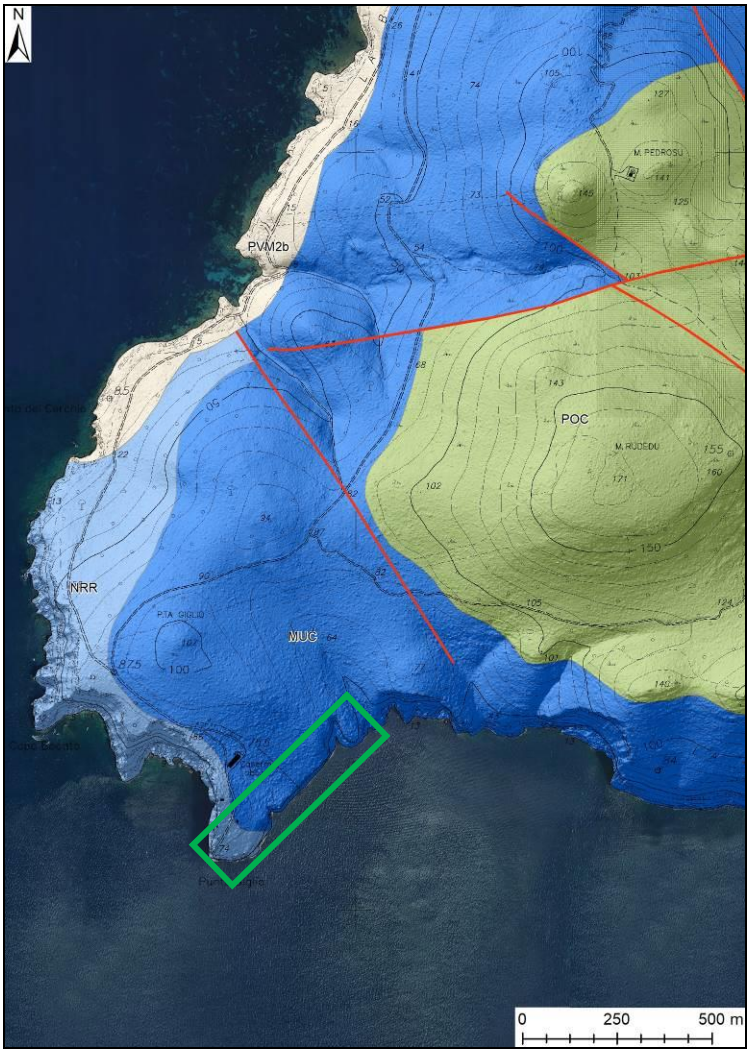

Figura 5 – Stralcio della Carta Geologica di base della Sardegna.

La morfologia del promontorio di Punta del Giglio è quella tipica degli ambienti carbonatici, caratterizzata da coste alte a falesia orientate N-S e NE-SW. La costa rocciosa conferisce ai luoghi una morfologia sub-piana tipo "cuestas" con falesie molto alte nel lato ovest (89 m s.l.m) che degradano secondo una superficie strutturale inclinata di circa 10-15° in direzione ESE.

La falesia in studio si estende a partire dal promontorio di Punta del Giglio per circa 540 m in direzione NE, con una superficie in prevalenza verticale e un altezza variabile che va da un massimo di circa 70 m, nei pressi del promontorio di P. del Giglio, ad un minimo di 45 m rilevato nel settore centrale (nei pressi della Caserma). La verticalità della scogliera influenza la morfologia dei fondali prospicienti, con batimetrie che in prossimità della costa possono raggiungere profondità spesso superiori ai 10 m che impediscono la formazione di accumuli sabbiosi alimentati dalle correnti di deriva litorale orientate da nord verso sud nella costa occidentale.

Il reticolo di drenaggio naturale delle acque superficiali è poco sviluppato se non del tutto assente, questo fenomeno è legato all'elevata permeabilità per fratturazione e al carsismo che consente alle acque di pioggia di infiltrarsi rapidamente limitandone lo scorrimento in superficie e la conseguente formazione di flussi concentrati.

In ambiente carsico alla quasi totale assenza di un reticolo di drenaggio delle acque superficiali si contrappone un elevatissima attività ipogea con lo sviluppo di un complesso e esteso sistema di cavità carsiche e grotte.

Nella Baia di Porto Conte la risalita del mare post-glaciale (avvenuta a partire dal Pleistocene superiore) ha determinato la sommersione di moltissime grotte, alcune delle quali tutt'oggi emerse. Il Catasto Regionale delle Grotte ha censito nel solo settore in studio **8 grotte** 3 delle quali sommerse come, la Gruta dels Fantasmas (-8 m s.l.m.), la Gruta del Mig (-9 m) e Gruta de Liri (-7 m) che costituiscono un importante attrattore turistico e fonte di sviluppo per le numerose attività di *diving* presenti nella costa algherese.

L'evoluzione morfologica del promontorio di Punta del Giglio e delle sue falesie è correlata principalmente a processi di tipo gravitativo e idrodinamico.

L'orientazione a SE, del corpo principale della falesia, la espone alle frequenti mareggiate provenienti soprattutto dal II quadrante (Scirocco) e la protegge da quelle del IV quadrante (Maestrale) anche grazie alla conformazione della Baia di Porto Conte e alla posizione avanzata del promontorio di Capo Caccia.

In prossimità del promontorio di Punta del Giglio la falesia varia la sua esposizione e si sviluppa per circa 120 m in direzione S, orientazione che la sottopone alle mareggiate provenienti dal II e dal III quadrante, che ne hanno condizionato l'attuale conformazione asimmetrica.

I processi correlati all'azione meccanica del motto ondoso agiscono producendo un lento ma progressivo arretramento della falesia esercitato attraverso lo scalzamento al piede che produce i sui effetti più significativi nei settori in cui l'ammasso roccioso è meno competente e più fratturato.
Secondari ma non di minore importanza sono i processi di alterazione chimica legati all'aggressività sia alle acque meteoriche che allo "spray marino" che attivano processi di erosione differenziale, legati alla composizione della roccia calcarea, che portano alla formazione di nicchie, cavità e di superfici spesso aggettanti. Alcuni esempi sono visibili nel settore SW della falesia dove delle ampie nicchie si sono evolute a spese di alcune bancate, verosimilmente di calcari marnosi, portando alla formazione di ampie superfici aggettanti.
I processi gravitativi rappresentano uno dei principali meccanismi legati all'evoluzione delle coste alte dell'area di Porto Conte.

Nelle ripide pareti rocciose il detensionamento superficiale dell'ammasso roccioso, dislocato da un fitto sistema di discontinuità variamente orientate, determina condizioni di instabilità capaci di innescare frane di crollo, scivolamento, ribaltamento e talora collassi gravitativi di tipo complesso.

L'attività franosa lungo la falesia appare rilevante, anche se in assenza di un monitoraggio è difficile stabilire con quale frequenza avvengano i distacchi, favoriti dalla irregolare conformazione delle pareti rocciose, alcune delle quali aggettanti, e dall'azione delle radici della vegetazione rupestre che cresce abbondante lungo la sommità delle falesie.

Le criticità dell'area sono riconosciute anche dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI) che inserisce le falesie di Punta del Giglio in una classe di **pericolosità da frana molto elevata Hg4**, che presuppone di per sé la presenza di un importante attività franosa diffusa in tutta l'area costiera.

5. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

Per la definizione del quadro conoscitivo e delle criticità sono stati condotti in sito svariati sopralluoghi, sia da mare che da terra, ed è stato condotto un rilievo aerofotogrammetrico mediante drone, che ha permesso di ricostruire un modello tridimensionale dell'area, utile ad individuare i punti a maggior criticità.

Tutto il tratto investigato presenta una tendenza naturale al crollo di blocchi e porzioni lapidee, sia per l'acclività della parete, sia per la giacitura e litologia dell'ammasso roccioso, che tende a fratturarsi in blocchi di diverse dimensioni, sia per l'azione costante degli agenti atmosferici (ruscellamento acque, vento, pioggia, aerosol marino), che tendono a ridurre progressivamente la coerenza dei blocchi.

Normalmente in contesti non antropizzati come questi i fenomeni di crollo e distacco blocchi dalla falesia verso il mare sono ritenuti una naturale dinamica, senza necessità di intervento; tuttavia nel caso di specie occorre intervenire con opere di mitigazione, in quanto lo specchio marino sottostante è uno dei siti maggiormente frequentati per attività diving e di diporto turistico della costa Nord Ovest della Sardegna.

L'analisi della parete ha evidenziato la progressione dei fenomeni erosivi in atto e di degrado della falesia che si caratterizza per l'evidente presenza di sblocchettamento dell'ammasso calcareo e di fenomeni erosivi per ruscellamento di acque superficiali dalla cornice rocciosa.

In coerenza con le prescrizioni del Piano di Assetto Idrogeologico nella quale è evidenziata la problematica della porzione di litorale di interesse, legata principalmente alle dinamiche costiere e di versante, si individua la necessità di ridurre il pericolo di movimenti di masse eliminando le parti pericolanti tramite operazioni di disgaggio od anche consolidando elementi a rischio di distacco o caduta, soprattutto nelle zone di falesia in corrispondenza degli ingressi delle grotte sommerse.

Il principale centro di rischio riscontrato nell'area è infatti costituito dalla frequentazione dello specchio marino antistante la falesia per attività diving e ricreative e, nonostante il regolamento

dell'Area Marina impedisca di stazionare con barche entro i 50 metri dalla falesia, non è da escludere la presenza di natanti che, trasgredendo il regolamento, si espongono difatti ad un rischio caduta blocchi molto concreto. Il rischio è accentuato dal fatto che la tipologia dei crolli, dovuti a variazioni dello stato tensionale dei blocchi, non comporta alcun segnale premonitore che possa consentire accorgimenti protettivi, evacuazione dell'area o la segnalazione del pericolo imminente.

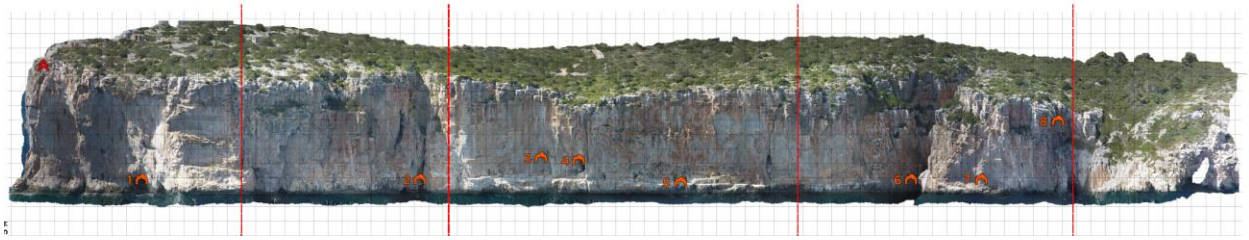

Figura 6 – Prospetto ricavato mediante aerofotogrammetria aerea

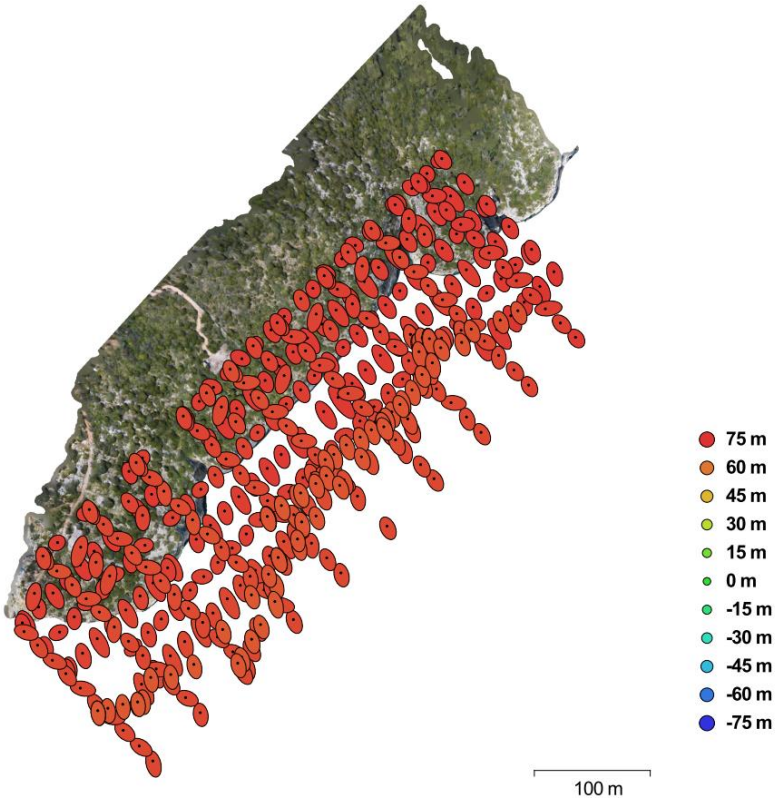

Figura 7 – Punti di scatto fotografico tramite drone per la ricostruzione tridimensionale dell'area

Figura 8 – Punti a terra (markers) rilevati tramite GPS per la georeferenziazione del rilievo con drone

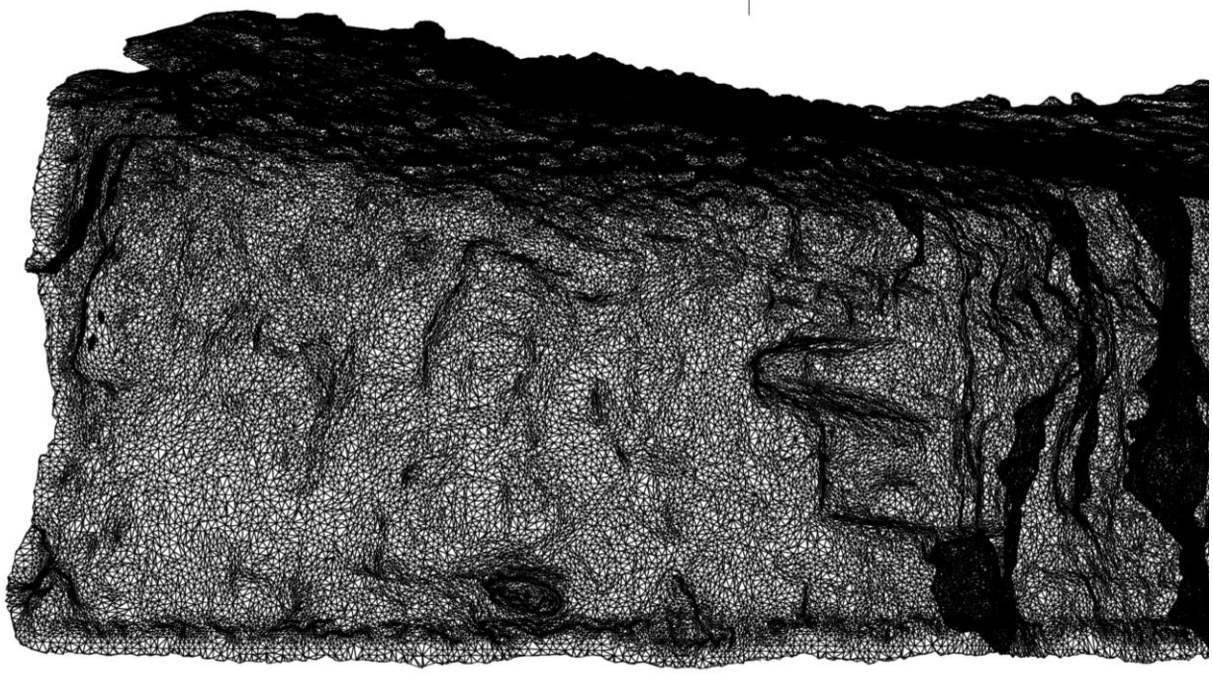

Figura 9 – Estratto del modello 3d rilevato con drone

Figura 10 – Foto via mare scattata nel corso dei sopralluoghi, si nota in sommità la caserma abbandonata oggetto di interventi di recupero

Figura 11 – Foto via mare scattata nel corso dei sopralluoghi

Figura 12 – Evidente spacchettamento e fratturazione dei blocchi e loro instabilità (foto da mare)

Figura 13 – Masso in evidente equilibrio precario, che necessita di intervento di consolidamento/disgaggio (foto da mare)

Figura 14 – Contesto di intervento sulla sommità della falesia

Figura 15 – Area oggetto del cantiere di recupero edilizio presente al momento del sopralluogo in sito (aprile – maggio 2021); sono state effettuate operazione di ripristino dei sentieri esistenti (particella 27 foglio 47 Comune di Alghero)

Figura 16 – Area oggetto del cantiere di recupero edilizio presente al momento del sopralluogo in sito (aprile – maggio 2021); sono state effettuate operazione di ripristino dei sentieri esistenti (particella 221 foglio 47 Comune di Alghero)

Figura 17 – Vista frontale ricavata tramite drone in cui si nota l'evidente spacchettamento del ciglio della falesia

Figura 18 – Vista frontale ricavata tramite drone in cui si nota la presenza di piani ed aggetti in parete

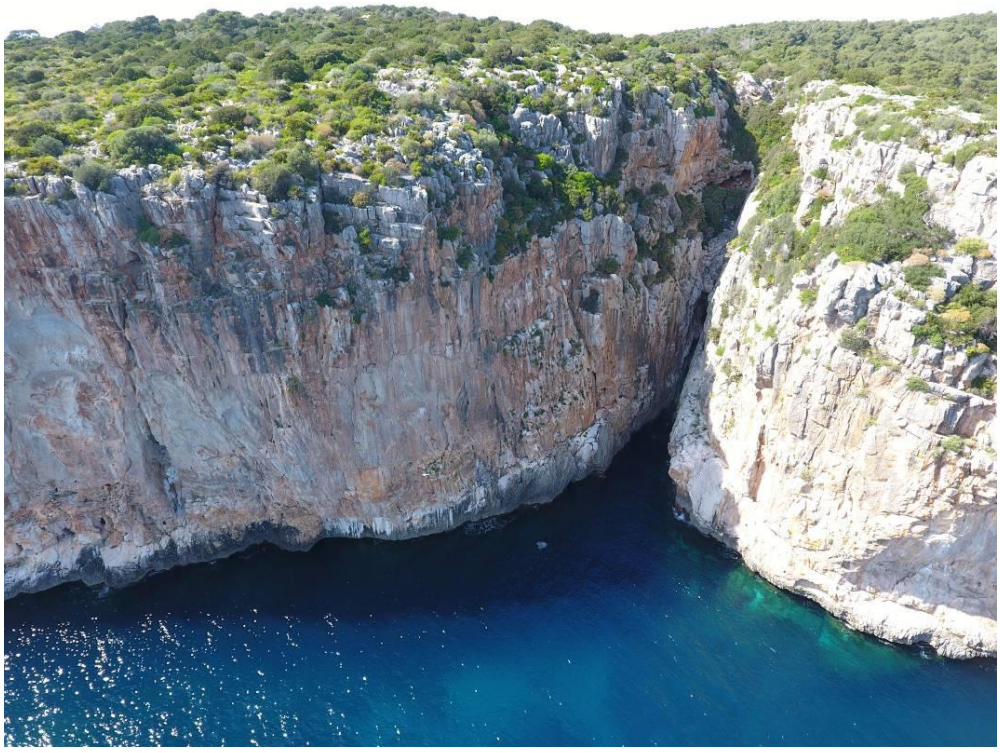

Figura 19 – Tratto a grande criticità per la presenza di un "canalone" che concentra le acque meteoriche, che aumentando la disgregazione dei blocchi e l'erosione in atto. In quest'area, anche per la presenza di abbondante vegetazione, conviene intervenire con opere di tipo attivo piuttosto che con il semplice disgaggio

6. RILIEVO BOTANICO VEGETAZIONALE

Alla luce del parere della Direzione Generale dell'Ambiente – Servizio Valutazioni Ambientali (SVA) di cui al prot. 24055 del 14.11.2018, si è proceduto ad effettuare un rilievo botanico-vegetazionale al fine di ottemperare a quanto indicato al punto 1 del suddetto parere.

In ragione delle difficoltà circa la realizzazione di un vero e proprio rilievo botanico vegetazionale mediante aree di rilievo fitosociologico, ci siamo limitati attraverso mezzi diretti ed indiretti ad identificare le aree di potenziale presenza delle specie indicate a pag. 36 dello Studio di fattibilità ambientale e, nello specifico di: *Brassica insularis*, *Chamaerops humilis*, *Limonium nymphaeum*, *Erodium corsicum*, *Seseli bocconi* subsp. *praecox* e *Anthyllis* barba-*joris.*

Il rilievo botanico-vegetazionale si è basato su un sopralluogo di campagna effettuato dalla parte bassa della falesia mediante impiego di una barca e nella porzione più alta attraverso visita a piedi. Inoltre il rilievo è stato supportato da un volo con drone che ha aiutato ad individuare delle aree in cui si ritiene possano essere presenti le specie di cui sopra. Oltre a ciò si è proceduto alla consultazione della documentazione bibliografica disponibile e, soprattutto, di quanto indicato nelle cartografie e nei Piani di Gestione delle Aree della Rete Natura 2000, in cui è riportata la localizzazione di alcune specie di importanza comunitaria tra cui la *Brassica insularis*.

A seguito delle analisi effettuate, sia direttamente in campo che indirettamente (volo drone e bibliografia), nel tratto di falesia oggetto di intervento sono state censite tutte le 6 specie precedentemente elencate. A supporto del progetto è stata realizzata una cartografia tematica utilizzando come base un collage fotografico della falesia stessa, in cui si evidenziano le aree di potenziale presenza delle specie. Si specifica che per "potenziale presenza" si intende che la presenza della specie è stata determinata mediante rilievo (dalla barca o dal drone) e che, in virtù delle caratteristiche trofiche ed ecologiche, si ritiene possano essere presenti in quella determinata area. Si precisa altresì che essendo molto difficile identificare le specie presenti mediante rilievo "da lontano", in sede di direzione lavori sarà onere dell'impresa esecutrice localizzare in modo maggiormente puntuale le specie elencate in precedenza. È chiaro che l'obiettivo del lavoro svolto e di quanto dovrà essere effettuato in sede di direzione dei lavori, sia quello di tutelare specie che hanno un'elevata valenza naturalistica sia a livello locale, nazionale e continentale.

La cartografia prodotta oltre a rispondere a quanto richiesto dalla Regione Sardegna, vuole essere un fattivo supporto alla progettazione degli interventi al fine di individuare le tipologie e tecniche maggiormente compatibili con la presenza di specie di interesse conservazionistico. Mediante l'individuazione delle aree di potenziale presenza, è possibile prevedere interventi volti alla messa in sicurezza della parete, che non abbiano effetti negativi sulle specie botaniche rilevate.

Figura 20 – Brassica insularis (Fonte: www.atlantides.it)

Figura 21 – Limonium Nymphaeum (Fonte: www.actaplantarum.org)

Figura 22 – Erodium corsicum (Fonte: www.actaplantarum.org)

Figura 23 – Seseli bocconi (Fonte: www.actaplantarum.org)

Figura 24 – Chamaerops humilis (Fonte: www.actaplantarum.org)

Figura 25 – Anthyllis barba-jovis (Fonte: www.actaplantarum.org)

7. VINCOLI E CLASSIFICAZIONI CHE INTERESSANO L'AREA

Come precedentemente rappresentato l'area di intervento ricade all'interno dell'area marina protetta "Capo Caccia – Isola Piana", del SIC "Capo Caccia (isola Foradada e Punta Giglio)" ITB010042 e delle ZPS "Capo Caccia" ITB013044.

La verifica della vincolistica è stata effettuata mediante consultazione degli strumenti di pianificazione e gestione del territorio a disposizione, ovvero:

- il Piano Paesaggistico Regionale;
- il Piano di Assetto Idrogeologico;
- il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Sassari;
- il Piano Urbanistico Comunale di Alghero.

Gli strumenti di pianificazione, la cartografia e la zonizzazione delle aree, disponibili sul webgis www.sardegnageoportale.it, evidenziano che le opere previste dal progetto sono compatibili con gli obiettivi e la normativa dei piani sopra elencati.

7.1 PIANO PAESAGGISTICO REGIONALE

Le aree di intervento sono comprese all'interno dell'ambito paesaggistico n. 13 "Alghero"; tra gli elementi caratterizzanti l'ambito, *il sistema costiero di promontori calcarei di Capo Caccia, dominato a sua volta dal Monte Timidone, e punta Giglio che racchiudono l'ampia Baiai di Poto Conte.*

Gli interventi sono altresì compresi all'interno dell'area marina protetta "Capo Caccia - Isola Piana" che si compone di una zona marittima di superficie totale di 2.631 ettari e di una fascia costiera di lunghezza 36.144 metri.

Fra gli indirizzi previsti dal piano risulta prioritaria la cconservazione del complesso ambientale di Porto Ferro, Lago di Baratz, Capo Caccia, Porto Conte, attraverso le seguenti azioni:

- Recuperare la continuità ecologica e paesaggistica del sistema ambientale del Lago di Baratz, dei sistemi dunali fra Porto Ferro e il Lago, del territorio costiero dominato dalle specificità geologiche degli affioramenti litologici violacei di Cala Vino, Cala Viola, Porto Ferro con una

attenta predisposizione, in sede di pianificazione comunale, delle previsioni d'uso, organizzando un sistema di fruizione e di accessibilità capace di preservare in tutte le sue parti le risorse paesaggistico ambientali;

- Rafforzare le funzioni di servizio esistenti, orientate alla ricerca in campo ambientale ed insediativo, alla educazione ambientale ed alla fruizione delle risorse.

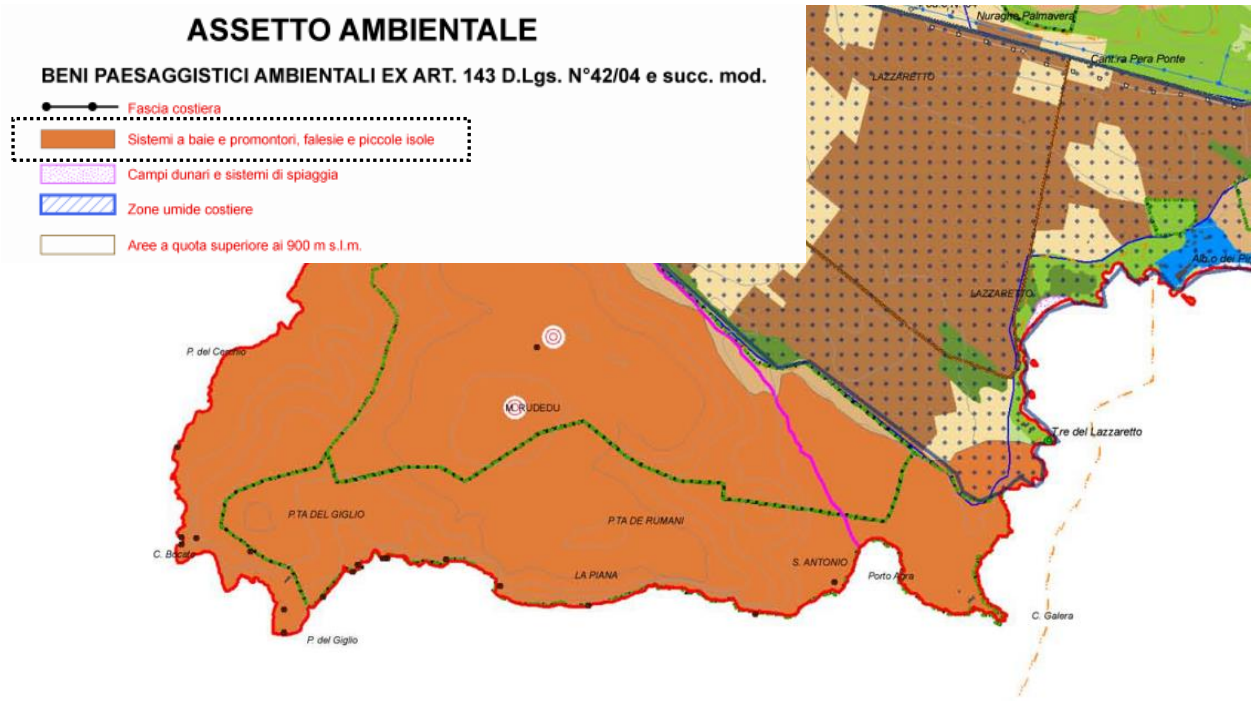

Figura 26 – Estratto ambito di paesaggio 13 del Piano Paesaggistico Regionale

7.2 AREE NATURA 2000

L'area di intervento ricade all'interno della Rete Natura 2000, sia come SIC "Capo Caccia (isola Foradada e Punta Giglio)" ITB010042 che come ZPS "Capo Caccia" ITB013044.

Oltre alla Rete Natura 2000 l'area è interessata dalla presenza dell'area marina protetta "Capo Caccia – Isola Piana".

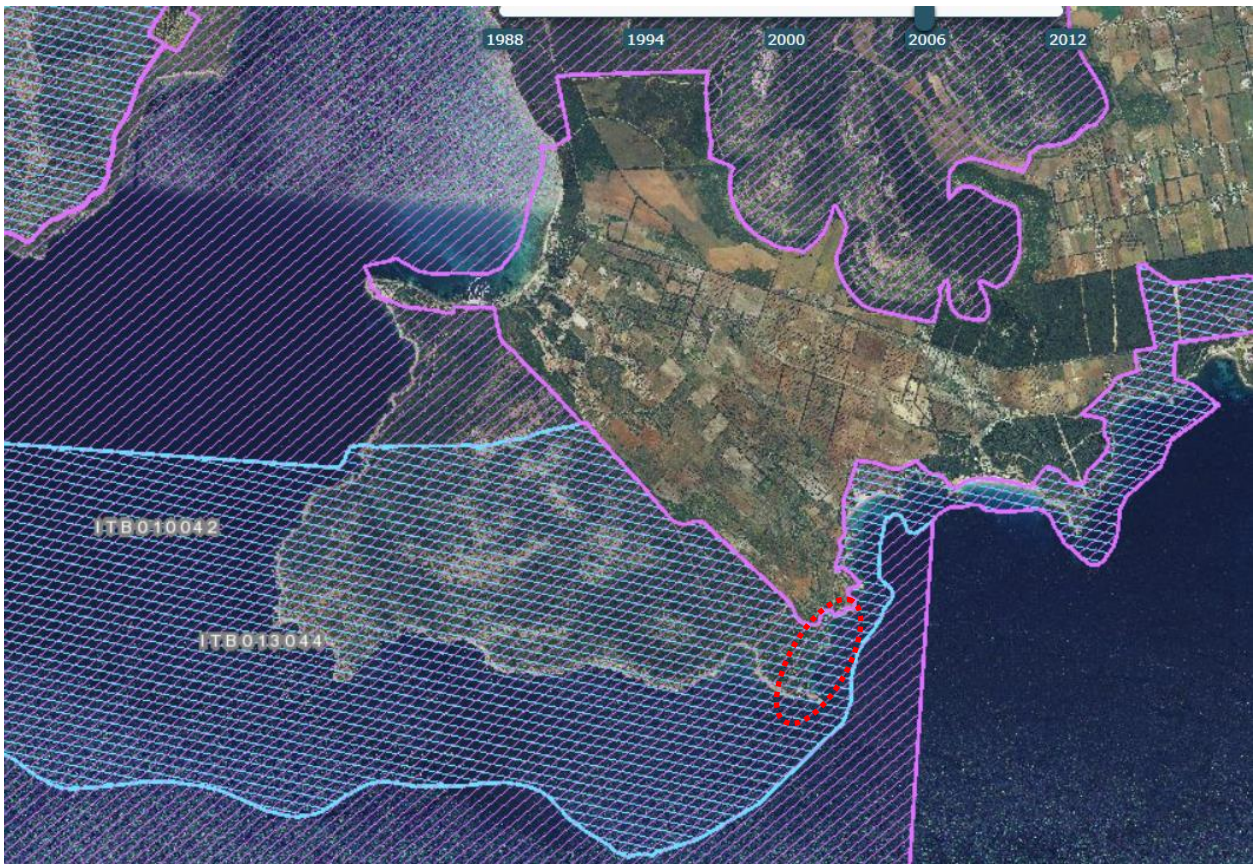

Figura 27 – Perimetrazione SIC "Capo Caccia (isola Foradada e Punta Giglio)" ITB010042 e ZPS "Capo Caccia" ITB013044 (fonte Ministero della Transizione Ecologica - Rete Natura 2000 » Cartografie Rete Natura 2000 e Aree Protette - "Progetto Natura")

7.3 VINCOLI PAESAGGISTICI

Dalla consultazione dei vincoli riportati nel geoportale "Sardegna Mappe" l'area di intervento è:

- Parzialmente interessata da vincolo idrogeologico ai sensi dell'articolo 1 del R.D.L. 3267/1923 (art. 9 NTA del PAI);
- Interessata da D.Lgs. 42/2004 art. 136 e 157 – Aree dichiarate di notevole interesse pubblico vincolate con provvedimento amministrativo (perimetro non esaminato dal Comitato del PPR);
- Ricadente nei 300 metri dei territori costieri (D.Lgs. 42/2004 articolo 142)
- Presenza di grotte (D.Lgs. 42/2004 – art. 143)

Figura 28 – Vincolo idrogeologico

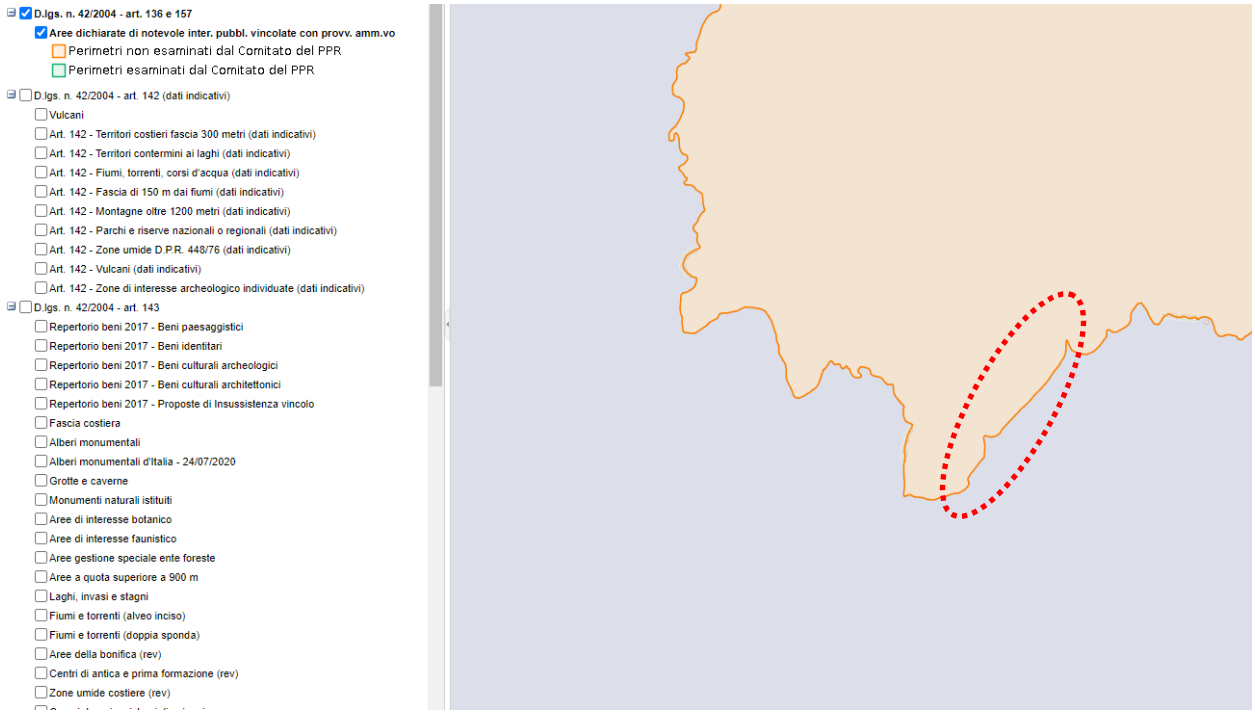

Figura 29 – D.Lgs. 42/2004 art. 136 e 157

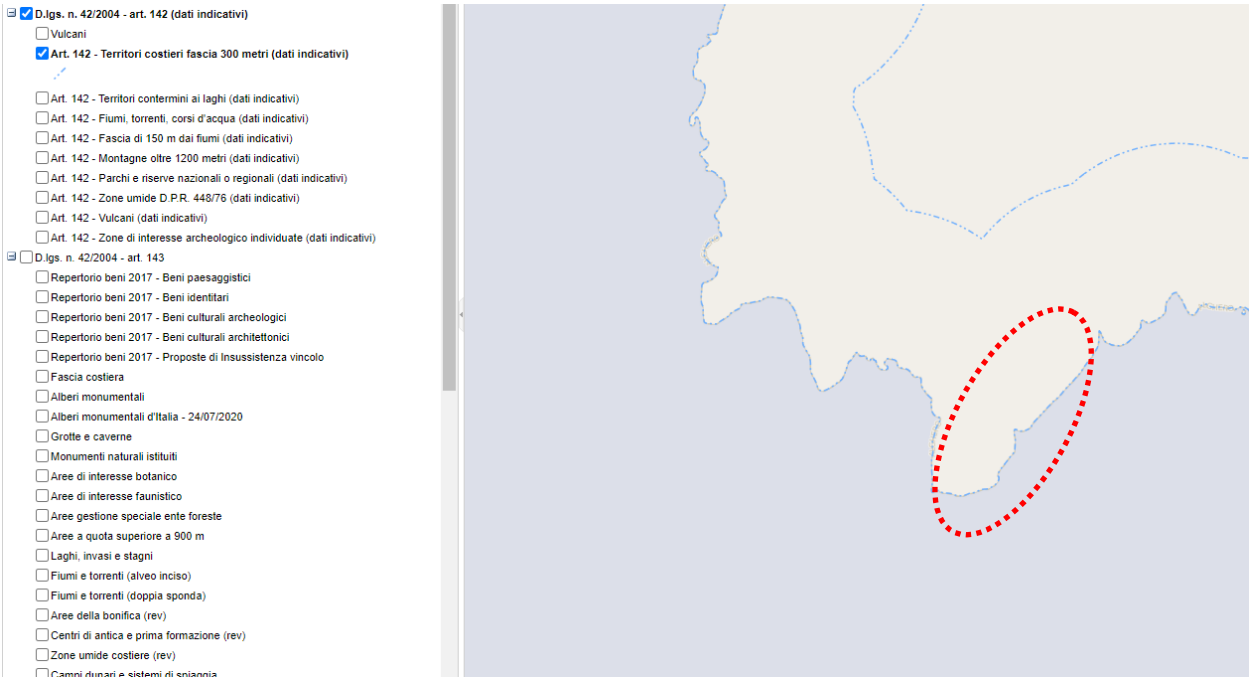

Figura 30 – aree Ricadenti nei 300 metri dei territori costieri (D.Lgs. 42/2004 articolo 142)

7.4 INQUADRAMENTO PAI

Dalla consultazione del P.A.I., le aree di intervento sono comprese in zona Hg4 come pericolo geomorfologico e Rg4 come rischio geomorfologico.

Figura 31 - Estratto del P.A.I. della carta della pericolosità geomorfologica

Figura 32 - Estratto del PAI della carta del rischio geomorfologico.

8. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

In coerenza con le prescrizioni del Piano di Assetto Idrogeologico nella quale è evidenziata la problematica della porzione di litorale di interesse, legata principalmente alle dinamiche costiere e di versante, si individua la necessità di attenuare il pericolo di movimenti di masse eliminando le parti pericolanti od anche consolidando elementi a rischio di distacco. Le attività di rilevamento ed ispezione eseguite sul fronte roccioso, così come meglio riportate nella relazione specialistica allegata al presente progetto, hanno portato alla luce una serie di masse instabili ed precario condizioni di equilibrio; pertanto è stato possibile individuare, in funzione del grado di fratturazione, delle caratteristiche intrinseche, dell'esposizione, dell'appoggio delle masse e delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi, tre classi di criticità:

- Criticità molto elevata;
- Criticità elevata;
- Criticità media.

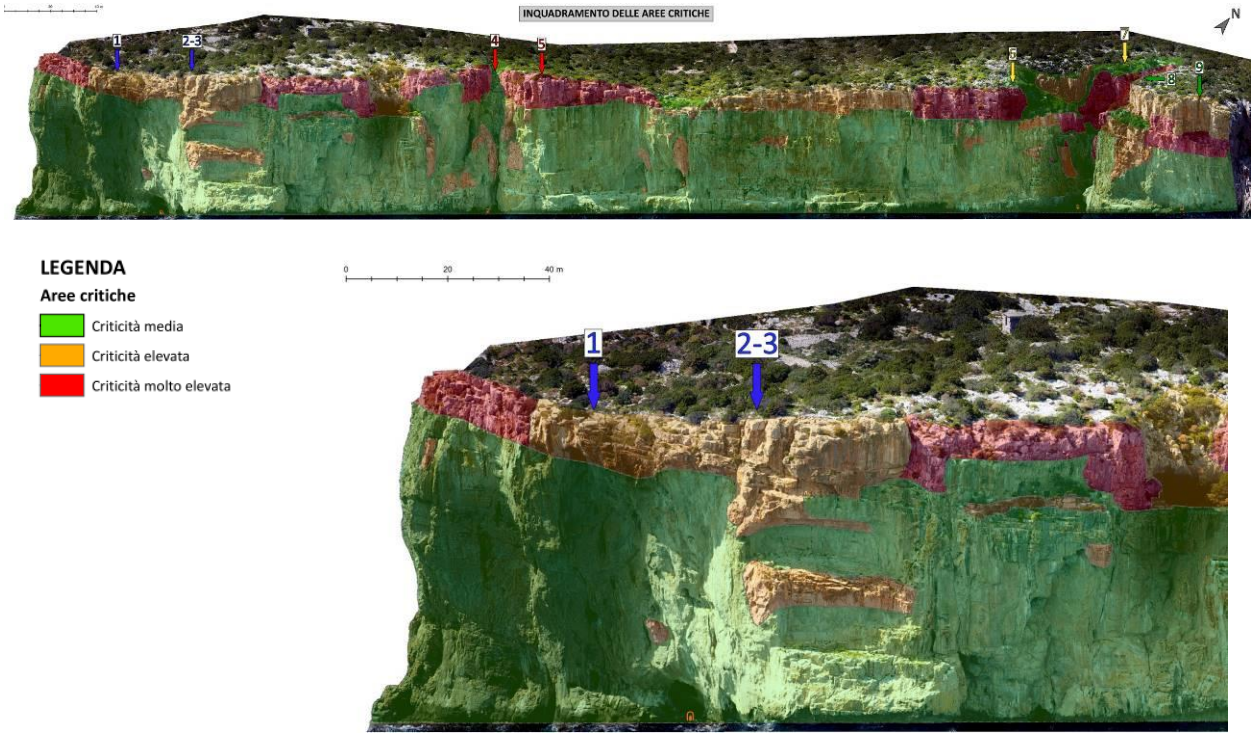

Figura 33 – Classificazione delle aree in classi di criticità (vista generale e particolare primo tratto). Si rimanda alla tavola 4 per un maggior dettaglio

Sulla base della classificazione per fasce di criticità, ed in funzione delle risorse economiche limitate, si è proceduto ad individuare le priorità di intervento, privilegiando gli interventi in zone particolarmente instabili e compromesse, prossime al crollo, oppure in corrispondenza degli accessi alle grotte e nelle zone particolarmente frequentati per le attività balneari o ricreative, definendo anche in questo caso tre classi:

- Priorità di intervento alta;
- Priorità di intervento media;
- Priorità di intervento bassa.

Naturalmente il progetto mira all'attenuazione ed alla mitigazione, per quanto possibile con le risorse economiche a disposizione, dei fenomeni di crollo, non potendo mai azzerare il pericolo ma dovendo accettare un rischio residuo, stante la natura dei luoghi e la dinamica naturale in atto. Sulla base della clusterizzazione delle aree in classi di criticità e di priorità di intervento si è provveduto a suddividere tutto il tratto della falesia di interesse in sottozone, associando a ciascuna la metodica di intervento ritenuta più opportuna.

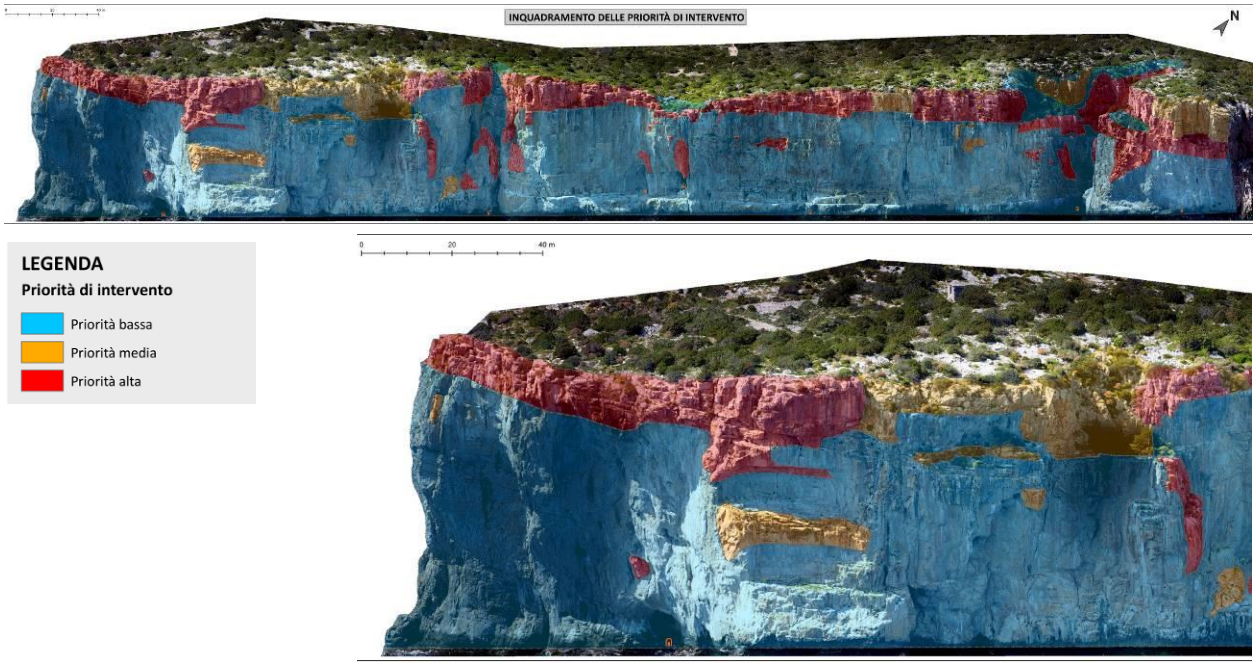

Figura 34 – Classificazione delle aree in classi di priorità di intervento (vista generale e particolare primo tratto). Si rimanda alla tavola 4 per un maggior dettaglio

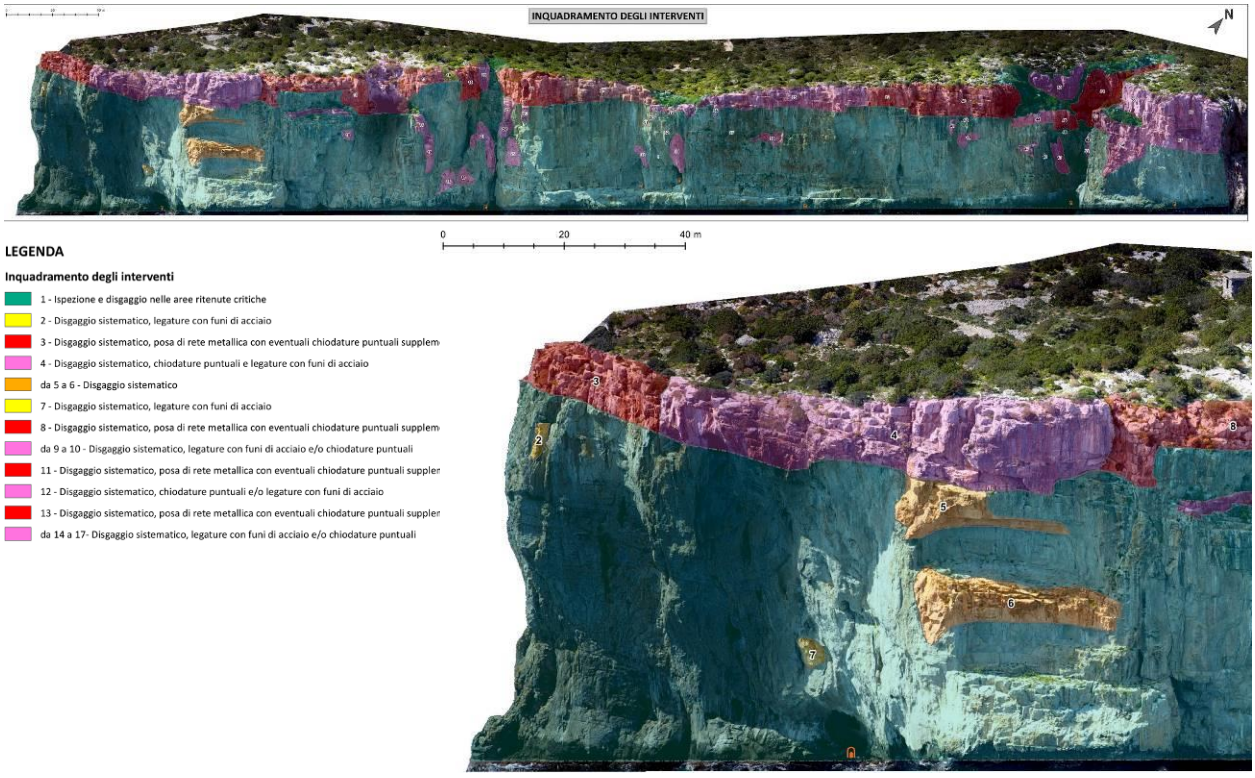

Figura 35 – Classificazione delle aree in classi di priorità di intervento (vista generale e particolare primo tratto). Si rimanda alla tavola 4 per un maggior dettaglio

Sulla base di quanto sopra esposto sono stati individuate tipologie diversificate d'intervento, al fine di ottimizzare le risorse economiche a disposizione; tutte le metodiche di intervento erano già state valutate, salvo piccoli accorgimenti esecutivi, in sede di progettazione preliminare e prevedono:

- ***Ispezione sistematica della parete e disgaggi*** e demolizione controllata di ammassi rocciosi instabili, tramite strumentazione manuale, martinetti idraulici o cementi espansivi;
- ***Chiodature, tiranti, ancoraggi***: realizzati al fine di impedire i movimenti dei blocchi in condizioni di equilibrio precario;
- ***Fasciatura e contenimento di volumi rocciosi con rete metallica ad alta resistenza*** nel caso in cui il volume roccioso in condizioni di equilibrio limite non potrà essere abbattuto o disgaggiato.

Nel complesso è possibile riassumere gli interventi secondo le seguenti quantità:

Allestimento/smobilizzo cantiere con elicottero	2 giorni allestimento – 1 giorno smobilizzo
Allestimento/smobilizzo sistema di sicurezza	2 giorni allestimento – 1 giorno smobilizzo
Perlustrazione preliminare parete	32.085,00 mq
Disgaggio leggero	2.200,00 mq
Disgaggio sistematico	4.637,00 mq
Consolidamento con rete a trefolo spiroidale	665 mq
Ancoraggi rete a trefolo spiroidale	924 ml
Contenimento massi instabili con ancoraggi e fune	n.129 coppie di chiodature
Chiodature passive puntuali	408 ml
Prove di carico preliminari e di collaudo	n. 28

Tabella 2 – Quantità dei vari interventi previsti

Le lavorazioni saranno procedute da una fase di installazione del cantiere, che avverrà tramite approvvigionamento del materiale con elicottero, e di predisposizione dei dispositivi di sicurezza necessari all'effettuazione delle lavorazioni (linea vita sul ciglio della falesia). Al termine del cantiere si procederà allo smobilizzo e rimozione di tutto il sistema, non lasciando pertanto apprestamenti in uso sulla parete.

La maggior parte dell'intervento si concentra nel disgaggio di volumi rocciosi dalle pareti, ed è un'operazione che consiste nella rimozione di elementi instabili o potenzialmente instabili individuati in sito. Le operazioni di rimozione sono eseguite manualmente o attraverso operazioni di abbattimento meccanico; queste operazioni sono caratterizzate dalla necessità di impiegare personale altamente specializzato. Le difficoltà insite nelle operazioni di disgaggio, dal punto di vista progettuale, si traducono in diverse problematiche di ordine pratico quali la difficoltà nella precisa definizione geometrica dei volumi rocciosi che devono essere rimossi, la loro localizzazione e le tecnologie che occorrerà adottare. La fase di progettazione consiste essenzialmente nella valutazione di massima delle aree da interessare alle operazioni di bonifica e la stima dei relativi volumi; per quanto riguarda le tecnologie, ed i tempi effettivamente necessari, questi potranno risentire di valutazioni che si dovranno prendere sul posto, in corso d'opera, con l'ausilio da parte del personale specializzato chiamato ad operare sulla parete rocciosa.

Vista l'estrema specializzazione delle opere da realizzare, per evitare imprevisti in sede esecutiva, nel capitolato speciale d'appalto le opere vengono inserite nella classe OS12-B, indicando la necessità per l'impresa appaltatrice di essere dotata di personale formato a lavorare in cordata. A lavorazioni eseguite, relativamente alle condizioni di rischio per gli eventuali natanti o bagnanti che stazionano al piede del costone roccioso, queste risulteranno sensibilmente ridotte ma, evidentemente, non si potrà considerarsi completamente assente la condizione di rischio residuo.

8.1 MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI

Vista l'impossibilità di azzerare il pericolo di caduta massi, vista la dinamica del fenomeno che può essere repentina, visto il contesto di intervento in ambiente marino, con le opere soggette a maggior corrosione, al fine di contrastare la naturale evoluzione del versante si rende necessario sviluppare un idoneo programma di prevenzione basato essenzialmente:

1. sul monitoraggio continuo a vista delle pareti rocciose, al fine di individuare prontamente eventuali elementi di criticità;
2. sulla manutenzione delle opere poste in essere.

Si rimanda allo specifico elaborato di progetto per maggiori dettagli sul monitoraggio e sulle attività manutentive.

8.2 MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI

Per quanto attiene alle scelte progettuali, le opere di mitigazione in progetto relative al paesaggio potranno riguardare:

- Per le parti allo stato attuale dotate di copertura vegetale, l'utilizzo delle reti metalliche a doppia torsione e di pannelli di funi di acciaio ad alta resistenza per consolidamento di versanti, che permetta la crescita della vegetazione autoctona e con il tempo la parziale mimetizzazione delle reti;
- L'inserimento degli ancoraggi in parete all'interno di sedi incassate nella roccia e poi mimetizzate con l'apposizione di coperture in pietra;
- Vista la notevole fratturazione dell'ammasso roccioso i fori per la perforazione dei chiodi e dei tiranti saranno dotati di apposite calze in geo-tessuto TNT ad alta grammatura, in grado di contenere le dispersioni di boiacca all'interno del foro di perforazione.

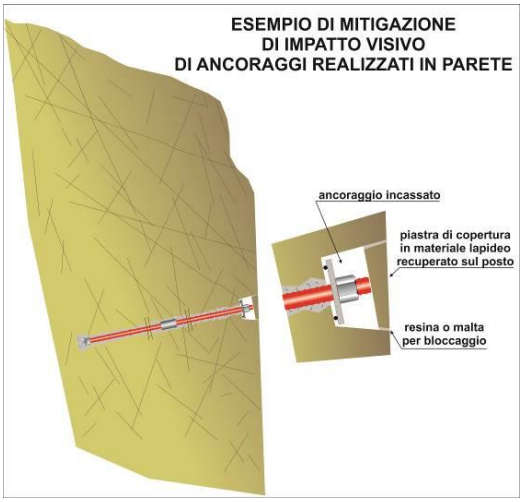

Figura 36 – Esempio di mitigazione visiva delle chiodature in parete

9. QUADRO ECONOMICO

L'importo complessivo del quadro economico è pari a € 787.300,00 di cui € 512.995,51 per lavori ed oneri per la sicurezza e € 274.304,49 per somme a disposizione della stazione appaltante. In quadro economico è stato previsto anche un accantonamento per l'aumento dei prezzi delle materie prime, di cui all'articolo 26 del DL n. 50 del 17.05.2022, anche se i prezzi sono aggiornati al prezziario Regione Sardegna 2022, approvato nel giugno 2022.

QUADRO ECONOMICO PROGETTO ESECUTIVO	
A1 - Importo lavori a base d'asta	€ 451 849.75
A2 - Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso d'asta	€ 61 145.76
A - Totale importo lavori e sicurezza	**€ 512 995.51**
SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE	
B1 - Incentivi art. 113 D.Lgs. 50/2016 (2% di A1+A2)	€ 10 259.91
B.2.1 - Spese tecniche progetto preliminare e studio preliminare ambientale	€ 6 356.83
B2.2 - Spese tecniche per progettazione definitiva ed esecutiva, direzione lavori, coordinamento	€ 51 812.59
B.3 - CNPAIA, 4% di B2	€ 2 072.50
B4 - IVA su spese tecniche (22% di B2+B3)	€ 11 854.72
B5 - Supporto al RUP (compreso cassa e IVA)	€ 4 641.76
B6 - Somme già liquidate ex supporto RUP (oneri compresi)	€ 3 123.12
B7 - Spese per verifiche tecniche progetto definitivo ed esecutivo (IVA compresa)	€ 5 522.67
B8 - IVA su lavori e sicurezza	€ 112 859.01
B9 - Imprevisti ed arrotondamenti	€ 21 329.84
B10 - Fondi per accordi bonari	€ 3 000.00
B11 - Acquisizioni ed espropri	€ 0.00
B12 - Rilievi ed indagini in corso d'opera	€ 9 760.00
B13 - Allacciamenti a pubblici servizi	€ 0.00
B14 - Spese per pubblicità gara	€ 1 000.00
B15 - Commissioni giudicatrici	€ 5 000.00
B16 - Spese tecniche per collaudo	€ 0.00
B17 - Altre prestazioni (archeologia, varianti, integrazioni, ecc)	€ 8 000.00
B18 - Contributo ANAC	€ 375.00
B19 - Accantonamento art. 26 DL 50 del 17.05.2022	€ 17 336.53
B - Totale somme a disposizione	**€ 274 304.49**
Riepilogo	
A - Importo totale lavori e sicurezza	€ 512 995.51
B - Somme a disposizione della stazione appaltante	€ 274 304.49
C - Importo totale dell'opera	**€ 787 300.00**

9.1 RIPARTIZIONE ECONOMICA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi possono essere aggregati secondo diverse chiavi di lettura, ovvero per grado di priorità o per tipologia di intervento, come qui di seguito specificato.

Operazioni propedeutiche per tutta l'area di intervento	€ 52.619,40	11.65%
Interventi nelle aree a priorità alta	€ 321.730,75	71.20%
Interventi nelle aree a priorità media	€ 61.846,32	13.69%
Interventi nelle aree a priorità bassa	€ 6.952,00	1.54%
Operazioni di collaudo	€ 8.701,28	1.93%
Totale	**€ 451.849,75**	100.00 %

Tabella 3 - Suddivisione delle risorse economiche in base alla priorità di intervento

Perlustrazione preliminare parete	€ 52.619,40	11.65%
Disgaggio leggero	€ 6.952,00	1.54%
Disgaggio sistematico	€ 37.188,74	8.23%
Consolidamento con rete a trefolo spiroidale	€ 52.767,75	11.68%
Ancoraggi rete a trefolo spiroidale	€ 135.670,84	30.02%
Contenimento massi instabili con chiodature e funi d'acciaio	€ 113.888,94	25.20%
Chiodature passive puntuali	€ 44.070,80	9.75%
Prove di carico preliminari e di collaudo	€ 8.701,28	1.93%
Totale	**€ 451.849,75**	**100,00 %**

Tabella 4 - Suddivisione delle risorse economiche in base alla tipologia di intervento