



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
ASSESSORATO DELLA DIFESA DELL'AMBIENTE



COMUNE DI VILLANOVA MONTELEONE (SS)

MESSA IN SICUREZZA DEL LITORALE DI POGLINA

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO :				RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA		
REVISIONI				TAVOLA B-1	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Giugno 2017			NOTE	

I Progettisti:
R.T.P. tra:

Dott. Ing. Fabio Cambula
Dott. Geol. Andrea De Santis
Dott. Agr. Paolo Ninniri
Dott. Arch. Davide Chessa

Il R.U.P.:
Geom. Piero Deiana

Il Sindaco:
Dott. Agr. Quirico Meloni

Sommario

OGGETTO DELL'INCARICO	2
ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI PROGETTUALI	2
PREMESSA ALL'ANALISI GEOLOGICA E GEOTECNICA	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
ANALISI DELLO STATO DEI LUOGHI - CRITICITÀ ED INTERVENTI PREVISTI	5
INQUADRAMENTO AREA D'INTERVENTO	5
ASPETTI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, URBANISTICI	6
ANALISI DEL QUADRO VINCOLISTICO DEL P.A.I. SARDEGNA.....	7
INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME.....	9
STRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME	9
ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME	13
ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO DELL'AREA IN ESAME	17
Caratteri idrogeologici delle unità affioranti.....	17
Caratteri idrografici del settore in esame.....	19
MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA.....	21
VERIFICA DI STABILITÀ DEI VERSANTI.....	22
Analisi del versante in condizione ante-intervento	23
Analisi dei risultati ottenuti.....	30
Analisi del versante in condizione post-intervento	31
Verifica di stabilità del versante a seguito della realizzazione del canale di guardia a ridosso della S.P. 105, nel tratto del pendio a monte della fascia costiera.....	33
Verifica di stabilità del versante a seguito della realizzazione dell'intervento di consolidamento della falesia.	40
Analisi dei risultati ottenuti.....	43
PREMESSA ALL'ANALISI GEOTECNICA	44
INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO	44
MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI	44
PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE.....	45
Peso di volume.....	45
Valore di resistenza a compressione (c0) e Indice di resistenza (Is)	45
Determinazione dell'Indice di qualità RMR dell'ammasso roccioso	46
PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	48

OGGETTO DELL'INCARICO

La presente relazione illustra le caratteristiche dei lavori denominati "Messa in sicurezza del litorale di "Poglina", in corso di progettazione su incarico del Comune di Villanova Monteleone (SS) da parte degli scriventi ing. Fabio Cambula, geol. Andrea De Santis, agr. Paolo Ninniri e arch. Davide Chessa riuniti in Raggruppamento Temporaneo di Professionisti. L'importo del finanziamento disponibile per effettuare i lavori è pari a € 600.000,00.

ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI INTERVENTI PROGETTUALI

La finalità del lavoro è quella di effettuare interventi volti alla messa in sicurezza dal pericolo di frana e alla prevenzione dal rischio idrogeologico lungo il litorale di Poglina, nella porzione dove ha sede la spiaggia abitualmente frequentata durante la stagione estiva. Gli obiettivi saranno attuati mediante un complesso di interventi rivolti ai seguenti aspetti:

- A. il controllo e regolazione del **deflusso superficiale delle acque meteoriche**, con lo scopo di ridurre o azzerare l'erosione del suolo attraversato e di evitare l'innescò di movimenti franosi nelle parti instabili dei versanti;
- B. il **consolidamento delle frane** e la **ricostituzione del versante** prospiciente la spiaggia lungo nel settore più a sud;
- C. la riqualificazione e messa in sicurezza dei **percorsi pedonali** utili per i visitatori dell'area;
- D. il ripristino della **continuità della copertura vegetale** autoctona di tipo erbaceo e arbustivo.

Tra le cause, di origine naturale ed antropica, che si possono riconoscere per le criticità evidenti, si possono individuare le seguenti:

- a. l'innescò dei fenomeni erosivi dovuti alla mancanza di idonei canali per la raccolta e trasporto delle acque superficiali defluenti in maniera diffusa lungo i versanti e dirette verso la spiaggia;
- b. la presenza della Strada Provinciale "Alghero-Bosa" che altera il regime delle acque superficiali e condiziona gli equilibri tra apporti e sottrazioni di materiale sciolto;
- c. la presenza di alcune strutture di servizio per il pubblico (ristorazione, parcheggi per autoveicoli) realizzate senza particolari accorgimenti utili a prevenire la concentrazione dell'acqua meteorica in zone dedicate e idonee a non innescare fenomeni franosi associati al detrito di versante presente nel retrospiaggia;
- d. la specifica natura delle componenti ambientali principali e la loro mutua interazione: il mare, la spiaggia, il versante costituito solo in parte da litologie rocciose stabili e al contrario in prevalenza rappresentato da detrito sciolto, la vegetazione, nella maggior parte degradata e asportata nella porzione di territorio soprastante la spiaggia.

Le aree d'intervento sono incluse nel vigente Piano di Assetto Idrogeologico tra quelle a pericolosità di frana, con intensità compresa tra il livello medio (Hg2) nella spiaggia e il livello maggiore (Hg4 - pericolosità molto elevata) nelle zone che negli anni sono state soggette a dissesti.

In ottemperanza agli artt. 31, 32 e 33 delle Norme di Attuazione del PAI, in sede di progettazione definitiva, è

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

stato sviluppato anche lo Studio di Compatibilità Geologico-Geotecnica redatto ai sensi dell'allegato F delle N.A., che dovrà essere preventivamente autorizzato dai competenti uffici dell'Agenzia del Distretto idrografico regionale.

Il progetto è stato redatto nel rispetto dei contenuti della Scheda di Intervento redatta dalla Regione Sardegna nell'Ambito della Determinazione DSTSePF prot. n. 1667 REP. N. 35 del 22.10.2013 recante disposizioni di ordine tecnico-amministrativo ed adempimenti per l'attuazione dell'intervento denominato "*interventi di messa in sicurezza del litorale di Poglina*" delegato al Comune di Villanova Monteleone con determinazione DSTSePS prot. n. 29514 rep. n. 1340 del 13.12.2012.

La scheda illustra schematicamente, ma con puntualità, le criticità del tratto di litorale in esame individuando gli aspetti salienti su cui concentrare gli interventi da realizzare; le aree di azione sono tre:

- **area A** la Spiaggia di Poglina e il versante retrostante;
- **area B** il tratto di versante antistante l'area picnic e il nuovo parcheggio per autoveicoli;
- **area C** nella parte meridionale soggetta a frane attive.

La ripartizione delle somme finanziarie tra i tre siti è stata suddivisa in quattro voci principali: gli interventi di ingegneria naturalistica, la realizzazione di una rete di dreno e regimazione delle acque superficiali, il ripristino delle sezioni idrauliche originarie dell'alveo, gli interventi di messa in sicurezza del versante di retrospiaggia, per complessivi € 370.000,00.

Nella redazione del **progetto definitivo**, facendo seguito ai sopralluoghi, ai rilievi in campo e al riscontro puntuale delle problematiche, pur confermando sostanzialmente le tipologie di intervento previste nella suddetta Scheda, è stato necessario distribuire le risorse in maniera differente, incrementando la parte relativa al consolidamento dell'area C, sede di frane attive e quella della regimazione delle acque superficiali a monte della spiaggia di Poglina e del versante maggiormente vulnerabile rispetto al ruscellamento delle acque superficiali. Sono stati confermati gli interventi di riqualificazione ambientale e di ingegneria naturalistica, mentre si è ritenuto di minore importanza effettuare l'adeguamento della sezione idraulica dei corsi d'acqua esistenti, limitando le azioni di progetto alla rimozione selettiva della fitta vegetazione presente in essi, senza effettuare scavi e movimenti di materie.

PREMESSA ALL'ANALISI GEOLOGICA E GEOTECNICA

La presente relazione è parte integrante del progetto definitivo, finalizzato alla "Messa in sicurezza del tratto costiero della spiaggia di Poglina", ed è stata redatta al fine di illustrare i risultati dello studio geologico e geotecnico dell'area d'intervento.

Il lavoro è stato articolato in diverse fasi cronologicamente conseguenti:

- analisi dello stato dei luoghi al fine di procedere ad una verifica critica delle problematiche geologiche e geotecniche esistenti;
- analisi della componente paesaggistica in riferimento all'utilizzo del territorio;
- predisposizione di uno studio preliminare al fine di definire, per ciascuna delle aree individuate, le superficie e la geometria dei corpi di frana;
- raccolta del materiale bibliografico e cartografico relativo ai luoghi d'indagine;
- sopralluoghi per i rilievi geologici e fotografici di superficie e verifica dello stato dei luoghi;

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

- predisposizione di una metodologia di analisi in accordo con le disposizioni di base alla stesura del P.A.I. previste nelle Linee Guida del Piano;
- elaborazione della cartografia di base, derivata e di sintesi;

Le verifiche eseguite sono state estese alle aree individuate nella fase di ricognizione preliminare ed hanno portato alla definizione di dettaglio delle caratteristiche litostratigrafiche locali, della natura dei litotipi e del loro stato di alterazione e degradabilità, dei lineamenti geomorfologici dell'area e della tendenza evolutiva e dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il lavoro è stato eseguito con esplicito riferimento alla normativa tecnica e legislativa vigente. In particolare si citano:

- Legge 2 febbraio 1974, n.64;
- D.M. 11 marzo 1988 e Circolare Ministero LL.PP. 24 settembre 1988, n.30483;
- Legge 18 maggio 1989, n.183, e successive modificazioni ed integrazioni (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo);
- Legge n.37 del 5/01/94 (Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi (...));
- Legge Quadro in materia di LL.PP. 11 febbraio 1994 n. 109 e s.m.i.; D.P.R. n.554/99 e s.m.i. (Regolamento di attuazione della L.109/94);
- Decreto ministero LL. PP. 14 febbraio 1997 – Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle regioni, delle aree a rischio idrogeologico;
- D.L. n.180/98 convertito con la legge 3 agosto 1998, n.267;
- D.P.C.M. 29 settembre 1998; Atto di coordinamento ed indirizzo (...);
- D.L. 12 ottobre 2000, n.279 – Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore di zone colpite da calamità naturali. Convertito nella legge 11 dicembre 2000, n. 365;
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada);
- D.M. 2 agosto 1980, e successive modificazioni ed integrazioni (Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali);
- Decreto Ministeriale 05.11.2001 (Ministero delle infrastrutture e dei trasporti) - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade; Norma UNI n.10006 del 2002 - Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre;
- Attività d'individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia ai sensi del D.L. 180/98 convertito in L. n. 267/98 modificato dalla L. 226/99); Piano Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (PAI);
- Allegato alla determinazione SDS n °1859 del 30/12/2005; Legge n.388/2000 (L.F. 2001) art. 142: Assegnazione risorse finanziarie per il finanziamento dei Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Ripartizione di contributi per la predisposizione di studi necessari per la definizione delle perimetrazioni del P.A.I. e delle relative opere di mitigazione del rischio, in ambito urbano ed alla scala dello strumento urbanistico;
- Piano Paesaggistico Regionale, istituito con la Legge Regionale n.8 del 25 novembre 2004; Legge Urbanistica regionale;
- D.Lgs. 03.04.2006 n. 152 – Norme in materia ambientale.

ANALISI DELLO STATO DEI LUOGHI - CRITICITÀ ED INTERVENTI PREVISTI

Le criticità fondamentali da affrontare con gli interventi in progetto sono così rappresentabili:

- l'esigenza non più rimandabile di mettere in sicurezza e consolidare il versante sede di frane che rende impraticabile ed inagibile la porzione di spiaggia più a sud del litorale attrezzato;
- l'esigenza di attuare soluzioni tecniche durevoli nel tempo che esercitino il controllo e la regolazione delle acque meteoriche superficiali;
- l'esigenza di migliorare le condizioni di fruizione dei settori a monte della spiaggia da parte del pubblico, dotati soltanto di un percorso pedonale degradato e privo dei requisiti di sicurezza.

INQUADRAMENTO AREA D'INTERVENTO

Gli interventi previsti interessano la zona Nord-Ovest del territorio di Villanova Monteleone, in un tratto comunale di costa confinante col territorio di Alghero (fig. 1).

L'area è individuata nella Cartografia Foglio N°479 "Pedra Etori" sezione III, della Carta Topografica d'Italia I.G.M., alla scala 1:25.000 e alle sezioni 479050 "Torre di Poglina" e 479090 "Punta Ena tunda" della Carta Tecnica Regionale, in scala 1:10.000.

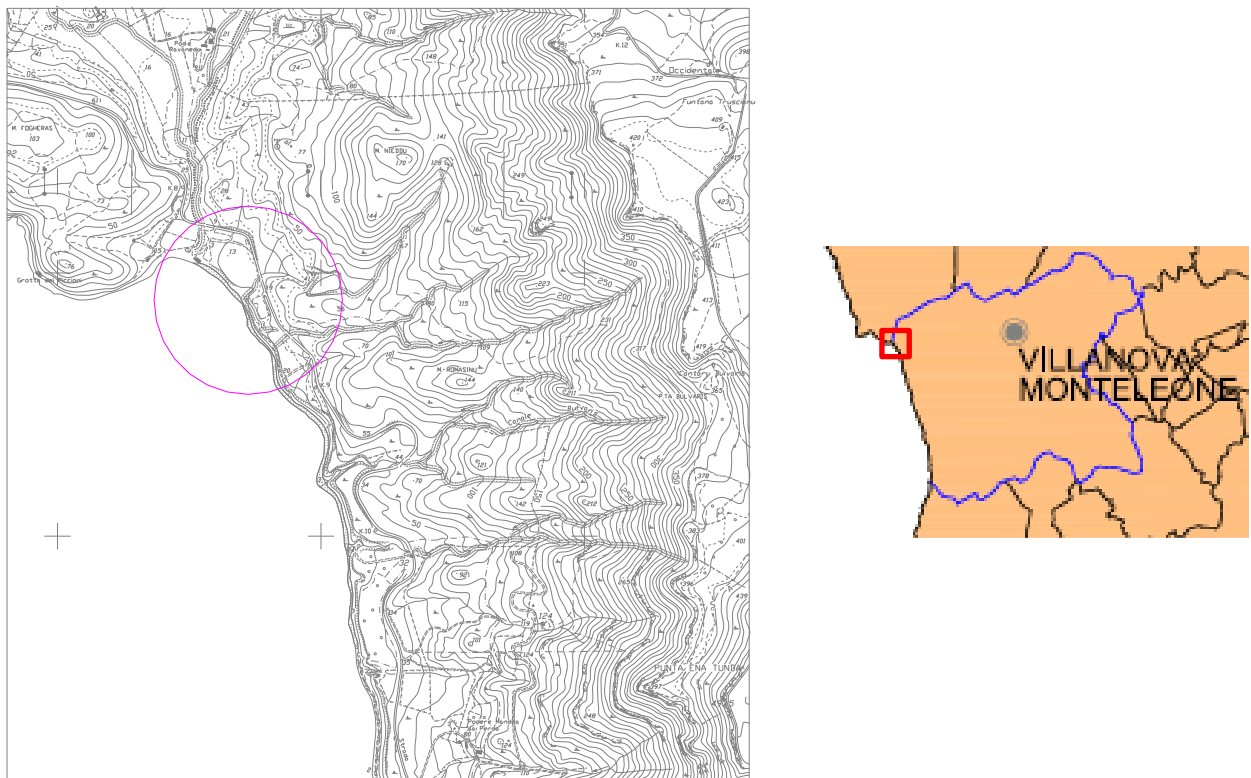


Figura 1 - Ubicazione dell'area in esame all'interno del territorio comunale di Villanova Monteleone (da stralcio dei fogli 479050 "Torre di Poglina" e 479090 "Punta Ena Tunda" – Scala 1:10.000 – I.G.M.)

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Nella figura successiva (fig. 2) si riportano i settori di intervento su base cartografica da rilievo aerofotogrammetrico (fonte Geoportale R.A.S.), di seguito così denominati:

- **area A** comprende la Spiaggia di Poglina e il versante retrostante;
- **area B** include il tratto di versante antistante l'area picnic e il nuovo parcheggio per autoveicoli;
- **area C** si sviluppa nella parte meridionale soggetta a frane attive.



CARTOGRAFIA DI BASE: Immagine aerea

*Figura 2 - Sviluppo planimetrico dell'area di studio
(da stralcio dei fogli 479060 e 479100 della C.T.R. – scala 1:10.000 – I.G.M.)*

ASPETTI AMBIENTALI, PAESAGGISTICI, URBANISTICI

L'area di intervento è compresa, all'interno del Piano Paesaggistico Regionale, nell'Ambito 12 "Monteleone" alla tavola 479 III e la zona della spiaggia è catalogata come zona di "Campi dunari e sistemi di spiaggia" mentre le zone di costa in elevazione, attigue, rientrano nella classificazione di "Sistemi a baie e promontori, falesie e piccole isole".

La vegetazione dell'area di intervento si divide in zone composte da vegetazione tipo macchia mediterranea con formazioni di ripa non arboree, ed aree seminaturali di pascolo, prati e colture erbacee.

Per una migliore visione d'insieme sulle caratteristiche dell'area si rimanda alla visione della relazione

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Agronomica allegata.

Si segnala inoltre la presenza del vincolo di tutela di un'area SIC (Sito di Interesse Comunitario) che comprende l'intera spiaggia e tutta l'area di studio sino al limite di pertinenza della Strada Provinciale.

Gli interventi ammissibili nell'area saranno valutati sulla base delle prescrizioni e indicazioni contenute nei Piani di settore cui appartiene; in particolare saranno osservate le indicazioni dei seguenti Piani principali: Piano Urbanistico Comunale, in corso di revisione e adeguamento al PPR e al PAI, Piano Paesaggistico Regionale, Piano di Assetto Idrogeologico, Piano di Gestione dell'area SIC. Inoltre, in sede di progettazione definitiva è stato necessario predisporre la Valutazione di Incidenza Ambientale (VINCA), di cui dovrà essere ottenuta l'approvazione da parte del Servizio Valutazioni Ambientali dell'Assessorato alla Difesa dell'Ambiente della Regione Autonoma della Sardegna, nonché la relazione paesaggistica, per ottenere la relativa autorizzazione ai sensi del D.Lgs. 142/2004.

Dal punto di vista urbanistico il sito in esame è incluso tra le Zone F ad uso turistico per insediamenti nel Piano Urbanistico Comunale in vigore; gli interventi risultano quindi pienamente compatibili con tali destinazioni d'uso.

Per ulteriori aspetti di dettaglio inerenti la fattibilità ambientale si rimanda all'apposita relazione allegata al progetto.

Lo Studio di Compatibilità geologico geotecnica e idraulica sono allegati al progetto definitivo per l'approvazione da parte dell'Agenzia regionale del Distretto Idrografico.

ANALISI DEL QUADRO VINCOLISTICO DEL P.A.I. SARDEGNA

Nell'ambito delle ATTIVITA' DI INDIVIDUAZIONE E DI PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO E GEOMORFOLOGICO E DELLE RELATIVE MISURE DI SALVAGUARDIA, svolte ai sensi della L. 183/1989, del D.L. 180/98 convertito in L. 267/98, modificato dalla L. 226/99, venne redatto nel Giugno 2003 il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (P.A.I.), aggiornato con D.G.R. n. 54/33 del 30 Dicembre 2004.

Nel corso degli anni il P.A.I. originario ha subito sostanziali modifiche quali quelle rappresentate dallo "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel sub bacino n°3 Coghinas – Mannu –Temo. Progetto di variante generale e di revisione del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna (di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione)".di dettaglio della pericolosità per frana del sub-bacino 3.

Attualmente il quadro cartografico di riferimento è rappresentato dalla tavola 80 dello studio di dettaglio approvato definitivamente nel 2015.

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

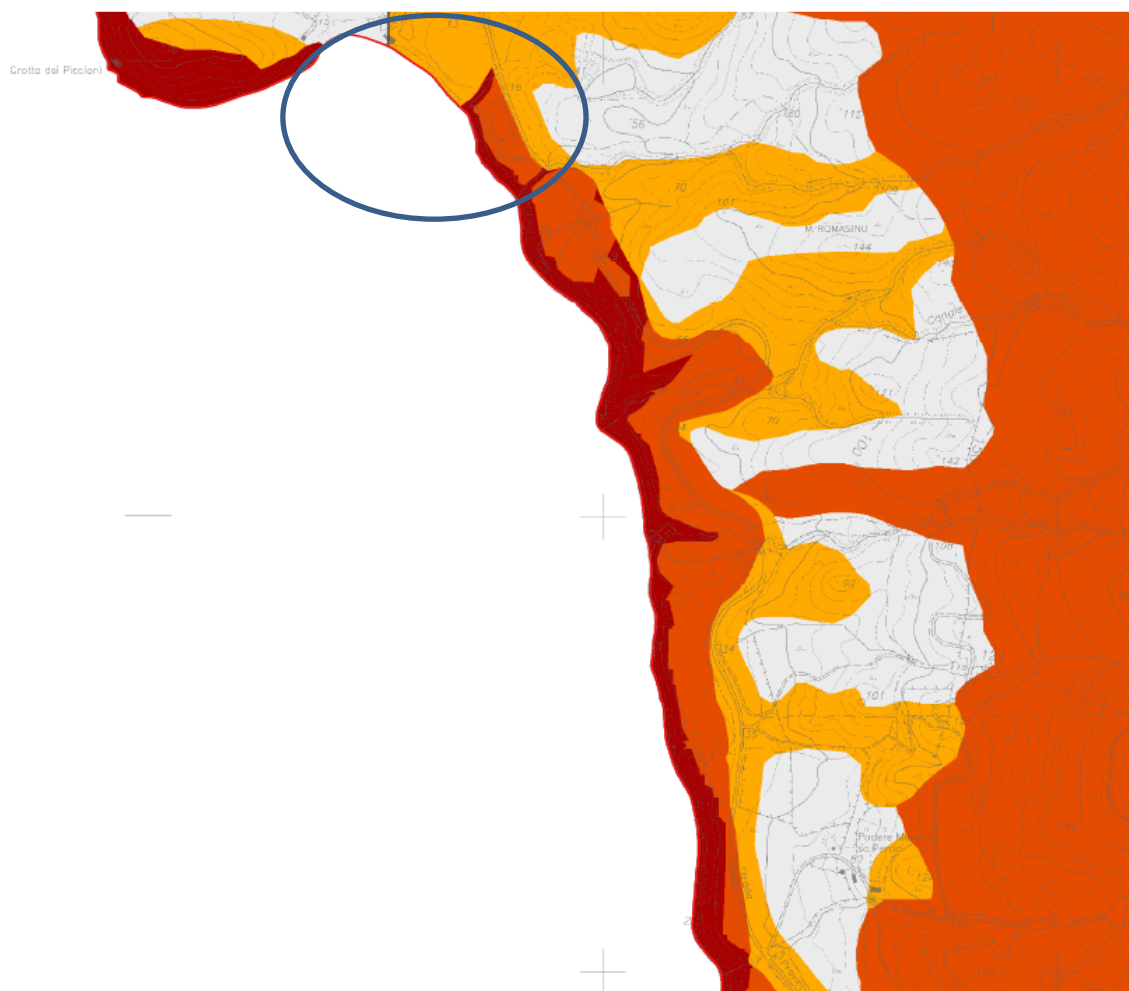


Figura 3 – Pericolosità per frana dell'area in esame e del settore NW del territorio di Villanova Monteleone (da stralcio della tavola 80 dello Studio di dettaglio sub-bacino 3)

L'esame della figura 3 (stralcio tavola n°80) ha consentito di evidenziare la distribuzione planimetrica delle aree di pericolosità geologica e geotecnica (Hg), in corrispondenza del settore in esame, consistenti in:

- zone bianche Pericolosità da frana assente – Si individuano esclusivamente al di sopra della S.P.105, comunque al di fuori dell'area d'intervento;
- zona Hg2 Pericolosità da frana media – E' rappresentata da una campitura di colore giallo, estesa quasi sempre al di sopra della S.P.105. All'interno dell'area d'intervento, tale pericolosità media è stata rilevata unicamente in corrispondenza del settore di ingresso della spiaggia bassa, caratterizzato da modesta acclività;
- zone Hg3 Pericolosità da frana elevata – In arancione sono rappresentate numerose aree anche all'interno del settore di studio, nel settore compreso fra la falesia costiera (sempre Hg4) e la S.P.105. Al di fuori dell'area d'intervento caratterizzano tutto il settore dei rilievi soprastanti la S.P.105;
- zone Hg4 Pericolosità da frana molto elevata – Queste aree, colorate in rosso scuro, caratterizzano tutta l'area della falesia costiera che si sviluppa verso sud lungo la costa.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL TERRITORIO IN ESAME

Il territorio di Villanova Monteleone occupa una porzione del quadrante nord-occidentale dell'Isola, caratterizzato prevalentemente dall'affioramento di litologie vulcaniche cenozoiche, appartenenti al ciclo "Calcalcalino", di età Oligo-Miocenica. Solo localmente, tali vulcaniti sono ricoperte da depositi detritici quaternari, di origine illuviale o alluvionale.

Il settore settentrionale dell'Isola, nel periodo tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano(?) - Messiniano, è stato sede di importanti eventi tettonici e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini, in parte coalescenti, fra loro differenziati in quanto caratterizzati da due differenti orientazioni strutturali e da differenti evoluzioni tettono-sedimentarie.

Questi bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa sarda ("Rift sardo"), interpretata come un lineamento tettonico orientato N-S che attraversa tutta l'Isola, legato ad un'estensione crostale orientata E-W avvenuta durante la rotazione del Blocco sardo-corso (Oligocene superiore).

I prodotti del ciclo "Calcalcalino" sono rappresentati da una potente serie lavico-tufacea, costituita da un'alternanza di lipariti, trachiti e andesiti, con relativi termini intermedi, ignimbriti e piroclastiti, che raggiunge una potenza massima di circa 1.000 m nella zona di Bosa.

In bibliografia queste litologie vengono spesso descritte con il termine di "vulcaniti antiche" per differenziarle dai prodotti effusivi del ciclo alcalino plio-pleistocenico.

La serie viene suddivisa in due complessi: "andesitoide" e "trachitoide" che si alternano secondo tre fasi andesitiche (α_1 , α_2 , α_3) e due trachitiche (τ_1 , τ_2).

Alla base si trovano i prodotti della serie "andesitoide inferiore" con andesiti, da compatte ad alterate, che sono sovrastate dai prodotti della serie "trachitoide inferiore", che caratterizzano, fra l'altro, l'area in esame.

Superiormente ritroviamo i litotipi del ciclo "superiore" andesitoide e trachitoide.

A tutt'oggi poche informazioni si hanno relativamente agli apparati eruttivi originari dai quali dovrebbero provenire i litotipi presenti. A questo proposito si possono distinguere i prodotti andesitici che dovrebbero coincidere abbastanza bene con le stesse zone di fuoriuscita delle lave, in quanto dotate di scarsa mobilità. Diverso discorso si deve fare per i prodotti trachitici, che si sono formati a partire da lave molto mobili. Tali litotipi sono caratterizzati da morfologie tabulari, spesso a bastionate, per la sovrapposizione in alternanza delle bancate di lava e di tufi più teneri ed erodibili delle precedenti, che danno origine a tipiche forme a cuestas.

La presenza di alcuni depositi sedimentari marini, nelle regioni adiacenti, è da porre in conseguenza dei processi disgiuntivi regionali che portarono all'abbassamento di un lembo dell'antico massiccio cristallino sardo-corso, e, a seguito di probabili fenomeni di subsidenza, relativi alla fuoriuscita degli immensi volumi di magma che si verificarono nell'Oligocene, allo sprofondamento del basamento e la successiva ingressione, nel Miocene inferiore-medio, di un braccio di mare non molto profondo, che interessò l'Isola dal Golfo di Cagliari sino al Golfo dell'Asinara.

La trasgressione marina ha dato luogo alla costituzione di una serie di terreni, essenzialmente arenaceo-calcarei e calcareo-marnosi, con un'evidente continuità nella parte basale trasgressiva e con la presenza di lacune di sedimentazione nella parte regressiva.

STRATIGRAFIA DELL'AREA IN ESAME

Il settore nord-ovest del territorio comunale di Villanova Monteleone, in prossimità della linea di costa, è caratterizzato dalla presenza di una potente coltre detritica quaternaria, costituita da depositi di spiaggia, depositi eluviali e colluviali, depositi eolici e detrito di versante, a copertura del substrato vulcanico effusivo

cenozoico costituito da differenti unità litologiche del Distretto vulcanico di Capo Marargiu.
In particolare, come evidenziato anche dallo stralcio cartografico seguente (fig. 4), a partire dalle unità più recenti si distinguono, utilizzando la nomenclatura adottata per la stesura della carta geologica del PPR, le seguenti unità litologiche:

• DEPOSITI DETRITICI QUATERNARI

A) DEPOSITI DI SPIAGGIA

Descrizione: Sabbie e ghiaie di spiaggia, talora con molluschi
Unità gerarchica cod.: A225
Unità gerarchica desc.: Sedimenti litorali
Sigla unità stratigrafica: g2
Età: HOL0-HOL0

B) DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI

Descrizione: Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica
Unità gerarchica cod.: A221
Unità gerarchica desc.: Sedimenti legati a gravità
Sigla unità stratigrafica: b2
Età: HOL0-HOL0

C) DEPOSITI DUNARI

Descrizione: Sabbie di duna ben classate
Unità gerarchica cod.: A224
Unità gerarchica desc.: Sedimenti eolici
Sigla unità stratigrafica: d
Età: HOL0-HOL0

D) DEPOSITI DI VERSANTE

Descrizione: Detriti con clasti angolosi, talora cementati, ad elementi poligenici ed eterometrici
Unità gerarchica cod.: A221
Unità gerarchica desc.: Sedimenti legati a gravità
Sigla unità stratigrafica: a
Età: HOL0-HOL0

UNITÀ VULCANICHE CENOZOICHE DEL DISTRETTO DI CAPO MARRARGIU

E) UNITÀ DI MONTE SAN PIETRO

Descrizione: Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo-cineritici, non saldati, di colore bianco-rosato, a chimismo riolitico-riodacitico.
Unità gerarchica cod.: B222
Unità gerarchica desc.: Distretto Vulcanico di Capo Marargiu
Sigla unità stratigrafica: UMP
Età: BUR0-BUR0

F) UNITÀ DI POGLINA

Descrizione: Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo-cineritici, debolmente saldati, di colore bianco-rosato, a chimismo riodacitico, con cristalli liberi di Sa, Pl, Qtz, Am, Bt; con locali intercalazioni di livelli epiclastici.
Unità gerarchica cod.: B222

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Unità gerarchica desc.:.....Distretto Vulcanico di Capo Marargiu
Sigla unità stratigrafica:.....PGI
Età:AQT1-AQT1

G) UNITÀ DI OLMEDO

Descrizione:Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo-cineritici, a chimismo riodacitico, con strutture vitroclastiche ed eutaxitiche; con livelli basali vescicolati.

Unità gerarchica cod.:.....B222
Unità gerarchica desc.:.....Distretto Vulcanico di Capo Marargiu
Sigla unità stratigrafica:.....OLE
Età:AQT0-AQT0

H) UNITÀ DI VILLANOVA MONTELEONE

Descrizione:Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, da saldati a mediamente saldati, con strutture vitroclastiche ed eutaxitiche; in potenti bancate.

Unità gerarchica cod.:.....B222
Unità gerarchica desc.:.....Distretto Vulcanico di Capo Marargiu
Sigla unità stratigrafica:.....MLO
Età:AQT0-AQT0

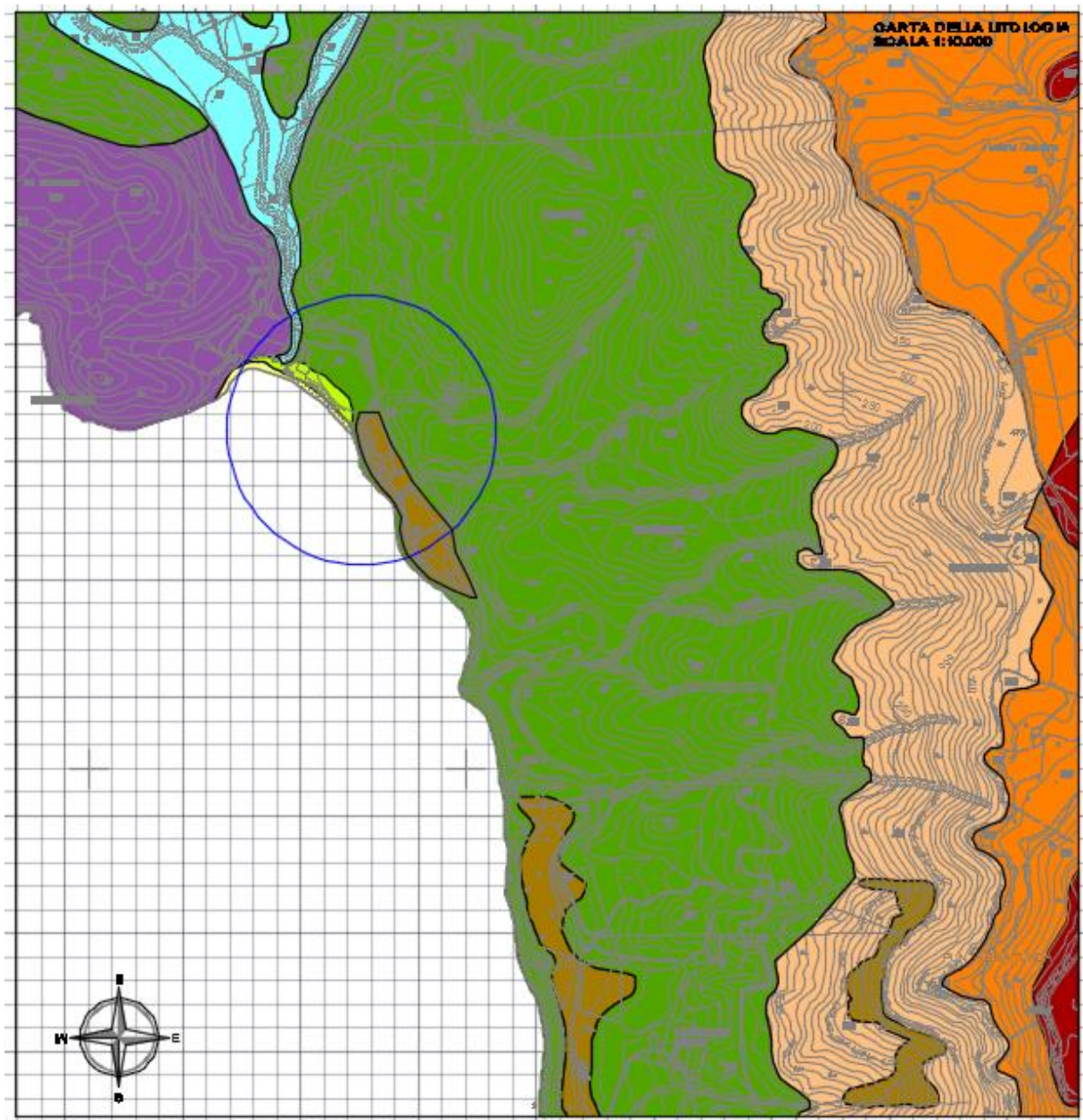
UNITÀ SEDIMENTARIE MARINE E CONTINENTALI TRIASSICHE

I) Muschelkalk Auct.

Descrizione:Calcarei laminati sottilmente stratificati e calcari dolomitici in grossi strati del Triassico medio.

Unità gerarchica cod.:.....C110
Unità gerarchica desc.:.....Successione sedimentaria mesozoica
Sigla unità stratigrafica:.....MUK
Età:LAD0-LAD0

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



*Figura 4 – Carta litologica del settore in esame
(da stralcio del Geoportale della R.A.S. modificato ed integrato)*

ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN ESAME

L'area in esame è caratterizzata dalla presenza contemporanea di molteplici agenti morfologici esogeni che operano una trasformazione continua ed intensa dello stato dei luoghi.

Le foto seguenti (foto A÷E) evidenziano solo alcuni di tali fenomeni morfodinamici, operati rispettivamente:

- **dal mare**, a monte della falesia e della spiaggia bassa, particolarmente intensa in corrispondenza delle numerose mareggiate che si susseguono nel corso dell'anno;
- **dal vento** che oltre a incidere sull'azione del mare, determina una instancabile azione erosiva, seppure di minore intensità rispetto alla precedente, sui fronti rocciosi delle vulcaniti dell'Unità di Poglina che presentano spesso profonde "tafonature" a cui fa seguito, nel lungo termine, la perdita di consistenza e di stabilità degli elementi discontinui dell'ammasso roccioso;
- **dalle acque di ruscellamento e dalle acque meteoriche**, che, partendo dalle zone con maggiore altitudine si muovono verso la linea di costa determinando un dilavamento diffuso delle frazioni fini presenti nella copertura detritica di versante e nel suolo, ed un'erosione accelerata lungo le porzioni sommitali delle falesie, occupata dai depositi detritici quaternari. In particolare tale azione risulta tanto più intensa quanto più aumenta la superficie del bacino imbrifero che si sviluppa a monte.

Talora, anche a causa delle modifiche imposte dagli interventi antropici che hanno interessato il settore in esame, tale azione si esplica con intensità tale da determinare la formazione di solchi di erosione anche in presenza di dimensioni granulometriche importanti.



Foto A

Unità di Poglina

L'unità pomiceo-cineritica affiora al piede della falesia e lungo la costa retrostante la spiaggia con evidenti discontinuità a seguito dell'azione di erosione eolica. Il "tafone" raggiunge un'altezza di circa 3 metri ed in sommità presenta elementi instabili per l'intensa fratturazione dell'ammasso roccioso



Foto B

Particolare della scogliera

La foto evidenzia come le base della falesia, priva di protezione alcuna, sia intensamente interessata dall'azione erosiva del mare durante le mareggiate che determina l'asportazione completa della piccola spiaggia antistante la scarpata. Alla base della scogliera affiorano le vulcaniti verdastre dell'Unità di Poglina



Foto C

Incisione della copertura detritica in sommità alla scarpata.

La foto, scattata dalla sommità della scarpata, evidenzia la nicchia di erosione che interessa la copertura detritica sulla sommità della falesia.

Il deflusso concentrato delle acque di deflusso areale della zona soprastante determina un'erosione accelerata della porzione antistante la scarpata che origina una profonda nicchia di erosione.



Foto D

Nicchia di erosione nella copertura detritica quaternaria

La foto eseguita al piede della scarpata evidenzia l'erosione accelerata determinata dal deflusso concentrato delle acque di dilavamento superficiale di cui alla foto precedente (foto 3). Come si vede l'erosione ha interessato un detrito particolarmente ricco in scheletro grossolano: massi pluridecimetrici con ciottoli e ghiaie grossolane.

Come riportato anche in premessa, tutti gli interventi previsti in progetto, finalizzati alla stabilizzazione della coltre detritica in corrispondenza delle nicchie di erosione individuate lungo la falesia, dovranno necessariamente essere contemporanei se non addirittura subordinati, ad una sistemazione idraulica da effettuarsi nella zona a monte della falesia. Infatti le verifiche eseguite hanno confermato che la causa predisponente ai dissesti rilevati lungo la fascia costiera sono da imputarsi direttamente all'azione di erosione determinata dal deflusso superficiale concentrato delle acque di ruscellamento provenienti dal settore a monte della scarpata stessa.



Foto E

Venuta d'acqua in corrispondenza della nicchia di erosione lungo un settore della falesia costiera. Appare evidente la reciprocità diretta fra la presenza di acque di deflusso superficiale e le zone di ammaloramento della copertura detritica

Nei settori soprastanti la S.P. 105, sono presenti le tipiche forme del paesaggio che caratterizzano il dominio vulcanico oligo-miocenico, ove il profilo dei versanti è caratterizzato da una continua “gradonatura” per il succedersi di morfologie tabulari, spesso a bastionate, interrotte spesso bruscamente da profili verticali, in corrispondenza delle testate delle bancate ignimbriche (foto F).

Al contrario gli ammassi tufacei piroclastici danno luogo a forme del paesaggio più arrotondate, raramente con inclinazioni superiori a $45 \div 50^\circ$.

La presenza di questi litotipi alla base dei tavolati ignimbrici, in alcuni settori del territorio, determina il concentrarsi di fenomeni franosi, per crollo o per ribaltamento, originati dallo scalzamento alla base dei livelli piroclastici più erodibili. Pertanto, la porzione sommitale delle cornici lapidee è caratterizzata dal fenomeno di «arretramento del versante» laddove le bancate ignimbriche si trovano senza appoggio in ragione della maggiore erodibilità delle formazioni tufacee sottostanti, anche a causa dell'azione erosiva operata dalle acque che filtrano attraverso la rete di discontinuità strutturali che caratterizza la sommità delle bancate.



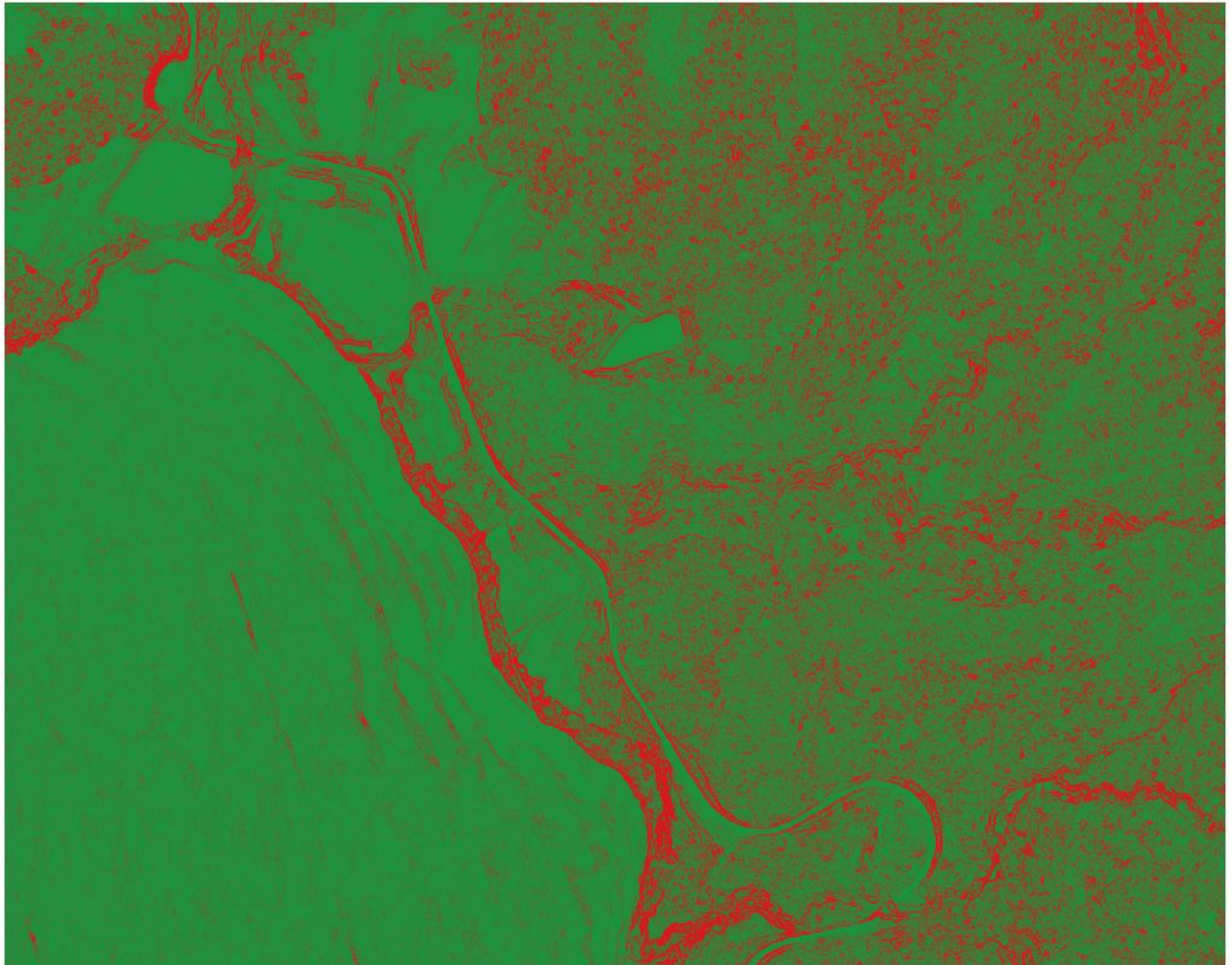
Foto F

Particolare del profilo dei versanti.

Sullo sfondo della foto, in secondo piano, si apprezza il motivo a gradoni che contraddistingue i versanti nella zona soprastante la S.P.105 per l'alternarsi di unità litologiche di differente consistenza all'interno della successione delle vulcaniti del Distretto di Capo Marargiu

Nella figura successiva (fig. 5) si evidenziano le aree con morfologia differente utilizzando un filtro del valore pendenza pari 50%, al fine di enfatizzare le aree a maggiore acclività nel settore.

Oltre alla linea di costa caratterizzata continuamente da falesie con profilo subverticale si enfatizzano le aree di deflusso incanalato dei corsi d'acqua che hanno profondamente inciso il loro alveo all'interno della successione delle litologie vulcaniche oligo-mioceniche.



*Figura 5 – Carta delle pendenze del settore in esame con filtro al 50%
(in rosso le aree con pendenza > 50%; in verde le aree con pendenza < 50% - da DEM Geoportale RAS modificato)*

ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO DELL'AREA IN ESAME

CARATTERI IDROGEOLOGICI DELLE UNITÀ AFFIORANTI

Nel settore in esame, la falesia costiera, oggetto degli interventi di consolidamento del versante, previsti per la zona C, la successione stratigrafica è monotona in quanto, lungo l'intera tratta esaminata è sempre costituita da:

- strato A detrito di versante con abbondante frazione grossolana con massi pluridecimetrici inglobati in ghiaia ciottolosa. La frazione fine, per quanto presente, è subordinata allo scheletro. Questo livello raggiunge uno spessore massimo di 15÷20 metri e, in corrispondenza delle aree d'intervento ha una potenza media di circa 10÷12 metri;
- strato B sottostante al precedente costituisce il livello di base della scogliera in cui si è formata la piattaforma di abrasione marina ed il solco di battente al piede della falesia che si eleva per un'altezza di circa 1.5÷2 metri dal livello della spiaggia, con la sua tipica colorazione verdastra.

Rispetto a tale situazione stratigrafica, dal punto di vista idrogeologico, si evidenzia che siamo in una

condizione di un modello idrogeologico in cui uno strato con buona permeabilità per porosità (primaria) viene a trovarsi al di sopra di un substrato litoide con permeabilità bassa. L'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dello stato A, amplificata dalla persistenza delle stesse acque, da relazionarsi alla modesta acclività del settore a monte della fascia costiera, comporta la formazione di un consistente accumulo all'interno della copertura detritica di versante, che nel suo cammino verticale è sbarrata dalle vulcaniti dell'Unità di Poglina, che costituiscono il letto impermeabile. Si ha la trasformazione di un moto prevalentemente verticale in uno orizzontale, tale da determinare la formazione di piccole sorgenti che vengono a giorno sulla falesia. Ciò è ben evidenziato dalla presenza di concrezioni carbonatiche alla sommità del substrato vulcanico derivanti dagli apporti idrici suddetti (foto G÷I).



Foto G

Particolare che evidenzia la formazione e la fuoriuscita di una lama d'acqua al contatto fra il deposito detritico di copertura (aquitarde) ed il sottostante substrato vulcanico (aquiclude) dovuto alla differente permeabilità delle due unità



Foto H

Particolare della foto precedente in cui si evidenzia una elevata frequenza nella fuoriuscita delle acque d'infiltrazione al di sopra del substrato roccioso, testimoniata dalla presenza di sottili incrostazioni carbonatiche, con colore giallastro

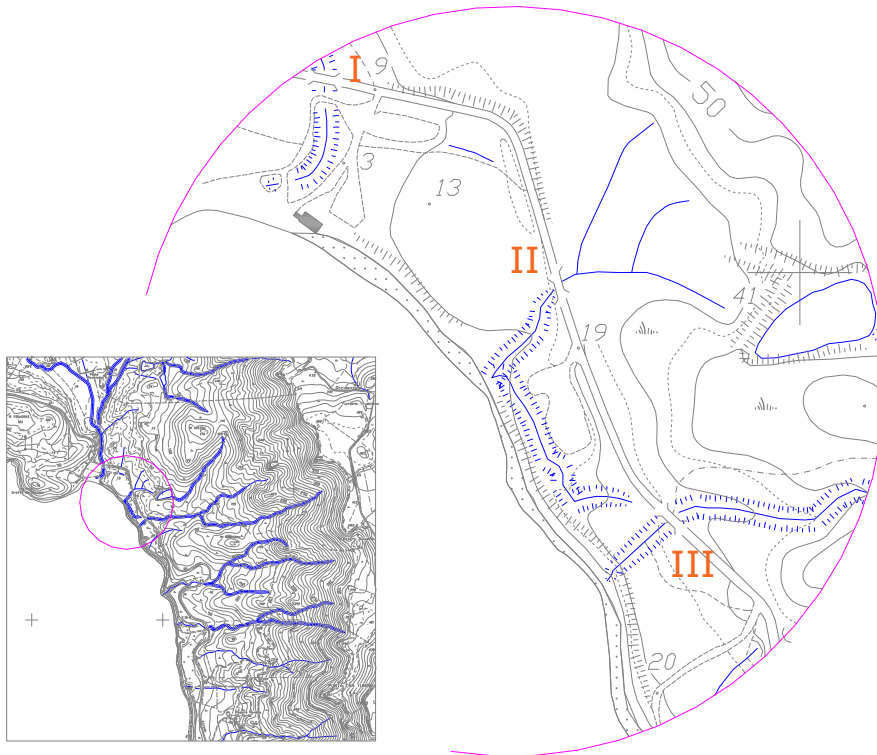


*Foto I
Particolare delle incrostazioni
carbonatiche giallastre al di sopra delle
vulcaniti verdastre della Unità di Poglina*

CARATTERI IDROGRAFICI DEL SETTORE IN ESAME

Il settore in esame, posto nella fascia costiera immediatamente a monte della falesia che delimita la linea di costa, è il naturale corpo recettore di tutta la rete idrografica che raccoglie le acque del deflusso areale ed incanalato proveniente dai rilievi soprastanti.

La figura seguente (fig. 6) evidenzia la presenza, all'interno dell'area in esame, di una serie di elementi idrografici, che si sviluppano con prevalente direzione NE-SW, caratterizzati da un regime torrentizio e, pertanto, con forte variabilità delle portate nel corso dell'anno.



*Figura 6 – Carta degli elementi idrografici nel settore (generale) e per l'area d'intervento (dettaglio)
(su base cartografica della C.T.R. Sardegna, in scala originaria 1:10.000)*

Tale rete di deflusso naturale interagisce, inoltre, con la struttura viaria della S.P. 105 che corre parallela alla linea di costa. In particolare si segnalano tre attraversamenti (da I a III) che determinano tre inferenze della viabilità con il deflusso incanalato delle acque meteoriche.

Nel settore in esame è stato possibile rilevare una forte corrispondenza fra i fenomeni franosi, rilevati lungo la falesia costiera, e la distribuzione della rete idrografica superficiale. In particolare, lungo la falesia costiera si osservano, in corrispondenza della copertura detritica affiorante, alcune aree di distacco e di frana laddove si incanalano e raccolgono le acque del deflusso superficiale del settore.

Al fine di ridurre tale azione erosiva concentrata il progetto prevede fra gli interventi principali la sistemazione idraulica di tutta l'area soprastante la falesia (zona C) in corrispondenza delle zone A e B, come rappresentato negli stralci fotografici seguenti (figg. 7 e 8).

Nel settore più settentrionale, in corrispondenza della zona A, la sistemazione idraulica prevede una serie di interventi finalizzati alla sistemazione dell'alveo esistente a nord e la realizzazione di un canale di guardia per la raccolta delle acque di ruscellamento. Tale canale andrà a preservare il coronamento della falesia dall'azione di erosione della copertura detritica quaternaria.



Figura 7 – Interventi di sistemazione idraulica nella zona A (a nord del settore in esame)

In corrispondenza della zona B la sistemazione idraulica della zona prevede la realizzazione di due canali di guardia: il primo di questi è situato a valle del rilevato dei parcheggi esistenti, mentre il secondo si sviluppa lungo il coronamento della falesia costiera e nella zona a monte della stessa al fine di intercettare e raccogliere

la maggiore quantità possibile delle acque di provenienza meteorica. Tali acque verranno recapitate così all'interno dell'alveo fluviale presente a nord; per quest'ultimo sono previsti interventi di manutenzione e pulizia mediante diradamento selettivo delle essenze vegetali naturali.

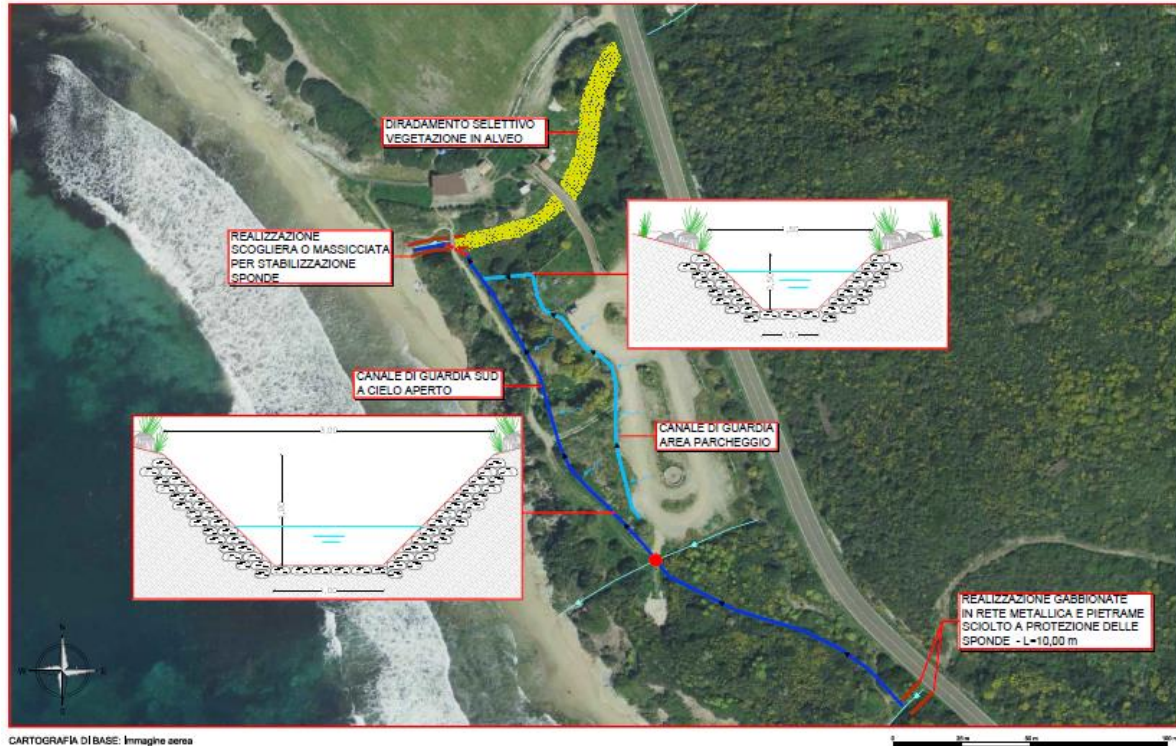


Figura 8 – Interventi di sistemazione idraulica nella zona B soprastante la falesia costiera (zona C)

MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

Il modello geologico ricavato per l'area costiera di Poglina, ed in particolare per la falesia costiera, è riferibile ad un modello "a due strati".

Lo strato A, quello più superficiale, è costituito da depositi detritici di versante o di frana olocenici, con prevalente componente scheletrica grossolana, poligenica ed eteromorfa. Raggiunge uno spessore massimo di circa 8-10 metri ed è delimitato alla base dalle vulcaniti dell'Unità di Poglina, appartenenti all'esteso distretto vulcanico di Capo Marargiu.

Quest'unità (strato B) è presente sia alla base e sia all'interno della falesia costiera.

VERIFICA DI STABILITÀ DEI VERSANTI

Si tratta di verificare l'insieme delle forze agenti lungo il versante sulle litologie presenti valutando il rapporto fra le forze stabilizzanti e le forze destabilizzanti; tale rapporto viene definito come Fattore di Sicurezza del Versante (F_s).

In allegato si riportano i calcoli relativi alla sezione del versante riferita alla zona C in cui sono previsti gli interventi di risagomatura e stabilizzazione della falesia costiera.

La riprofilatura della falesia verrà eseguita, una volta completato l'intervento di stabilizzazione al piede della stessa, mediante operazioni di disaggio degli elementi e porzioni pericolanti presenti nella porzione sommitale della scarpata, all'interno del deposito detritico di versante che ricopre il substrato roccioso.

L'intervento consiste nell'eliminazione di porzioni della copertura detritica che, lungo il versante, a seguito dell'incisione ed erosione operata dalle acque di deflusso superficiali, hanno assunto un profilo verticale. Qui l'angolo di scarpata, prossimo o uguale a 90° , ha superato l'angolo medio di natural declivio che contraddistingue questi litotipi lungo la fascia costiera in esame, che in condizioni di equilibrio è pari a circa 60-65.

L'evoluzione della scarpata, a seguito dell'azione di erosione incanalata operata dalle acque di deflusso superficiale, ha portato, in breve tempo, al franamento di porzioni via via crescenti del deposito detritico con formazione di nicchie di distacco che si allargano simmetricamente rispetto alla direttrice della zona di ingresso delle acque.

Inoltre, al piede del deposito detritico, al contatto con il substrato vulcanico terziario, la stagionale presenza di acque d'infiltrazione determina una perdita di consistenza del deposito che si traduce in una più facile tendenza all'erosione dello stesso.

ANALISI DEL VERSANTE IN CONDIZIONE ANTE-INTERVENTO

La verifica di stabilità è stata eseguita, con riferimento ad una sezione del terreno che si sviluppa dal mare verso monte, oltre il tracciato della S.P. 105. In particolare si riportano i risultati di due distinte verifiche:

- a) verifica di stabilità considerando positivo il valore di coesione per il deposito detritico di versante (unità A);
- b) verifica di stabilità considerando nullo il valore di coesione per il deposito detritico di versante (unità A);

L'ultima delle due condizioni di verifica, considera il deposito detritico di versante privo di coesione ($c=0$) condizione limite che il deposito potrebbe assumere qualora interessato da una falda idrica permanente. Tale condizione limite è sicuramente peggiorativa rispetto allo stato di consistenza e di stabilità del deposito detritico di copertura che caratterizza il deposito attualmente.

In queste differenti condizioni di analisi, rappresentate nelle figg. 9 e 10, il fattore di sicurezza del pendio diminuisce da un valore di $F_s=6.25$ ad un valore $F_s=1.26$.

Tale forte riduzione del Fattore di sicurezza del versante comporterebbe una condizione prossima al limite di equilibrio del versante ($F_s=1$), tale da poter determinare l'innescò di movimenti gravitativi in corrispondenza delle porzioni più avanzate dei depositi lungo il versante, come già verificatosi lungo la falesia soprastante la spiaggia.

a) CONDIZIONE ANTE - VERIFICA DI STABILITÀ CONSIDERANDO POSITIVO IL VALORE DI COESIONE PER IL DEPOSITO DETRITICO DI VERSANTE (UNITÀ A);

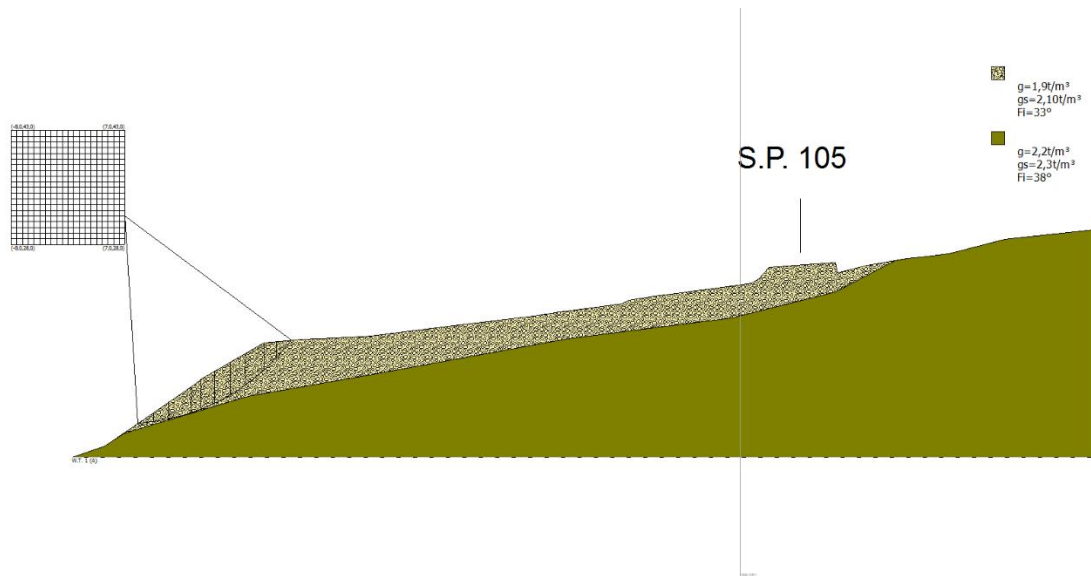


Figura 9 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglina all'interno della zona C – Analisi ANTE INTERVENTO, considerata, per il deposito detritico, la condizione di coesione#0

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	28,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	43,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	7,65	3,67
4	15,7	9,26
5	16,76	10,0
6	17,02	10,26
7	25,34	15,0
8	30,24	15,53
9	32,67	15,59
10	38,3	15,82
11	39,47	15,94
12	48,77	17,08
13	61,65	18,67
14	61,89	18,72
15	63,35	18,9
16	63,63	19,01
17	65,79	19,29
18	72,57	20,15
19	73,36	20,68
20	76,77	21,14
21	79,0	21,45
22	80,4	21,64
23	82,24	21,89
24	83,85	22,12
25	89,64	22,89
26	90,64	23,52
27	91,83	25,0
28	96,53	25,32
29	100,6	25,62
30	100,91	24,29
31	104,89	25,26
32	105,44	25,3
33	110,13	26,18
34	112,69	26,42
35	115,65	26,76
36	122,94	28,72
37	135,61	30,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
-----	----------	----------

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	6,88	3,15
4	23,25	8,01
5	39,69	10,9
6	65,41	15,58
7	86,84	18,28

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

8	100,6	21,76
9	108,48	25,87
10	110,13	26,18
11	112,69	26,42
12	115,65	26,76
13	122,94	28,72
14	135,61	30,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	5		33	1,9	2,10	Strato A - Detrito di versante	
2	20		38	2,2	2,3	Strato B - Substrato roccioso di base	

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	4,19
Ascissa centro superficie	4,75 m
Ordinata centro superficie	34,0 m
Raggio superficie	30,18 m

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

xc = 7,00 yc = 31,75 Rc = 27,38 Fs=4,129

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,02	5,8	2,03	2,38	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	2,1	3,4
2	2,02	10,0	2,05	6,69	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	6,1	4,2
3	2,92	15,4	3,03	16,09	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	14,7	7,4
4	1,32	20,0	1,4	9,28	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	8,5	3,9
5	1,83	23,6	1,99	14,34	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	13,3	5,9
6	2,02	28,0	2,29	16,52	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	15,4	7,1
7	2,02	33,0	2,41	16,37	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	15,4	7,6
8	2,45	38,8	3,14	18,26	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	17,2	10,0
9	1,59	44,4	2,23	8,84	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	7,8	6,6
10	2,02	50,0	3,15	4,48	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	1,2	7,5

b) CONDIZIONE ANTE - VERIFICA DI STABILITÀ CONSIDERANDO NULLO IL VALORE DI COESIONE PER IL DEPOSITO DETRITICO DI VERSANTE (UNITÀ A);

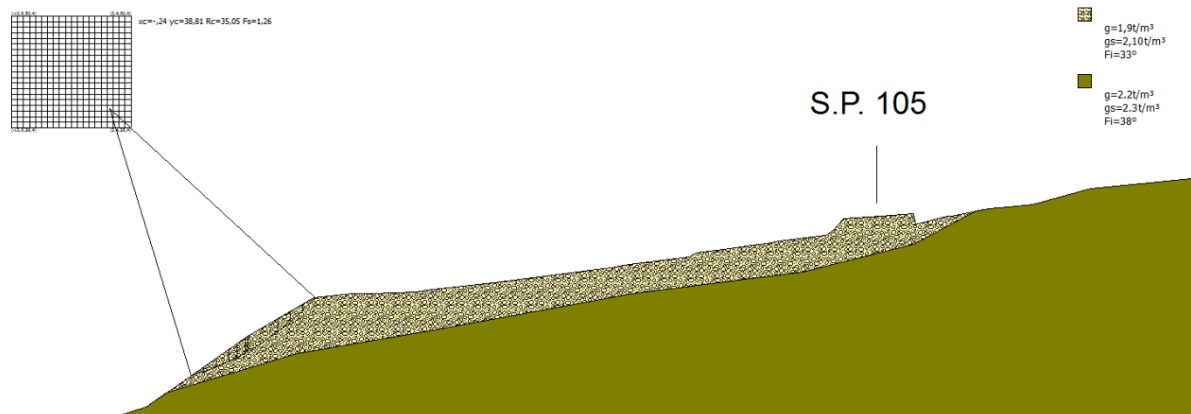


Figura 10 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglina all'interno della zona C – Analisi ANTE INTERVENTO, considerata, per il deposito detritico, la condizione di coesione=0

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	-8,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	28,0 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	7,0 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	43,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	7,65	3,67
4	15,7	9,26
5	16,76	10,0
6	17,02	10,26
7	25,34	15,0
8	30,24	15,53
9	32,67	15,59
10	38,3	15,82
11	39,47	15,94
12	48,77	17,08
13	61,65	18,67
14	61,89	18,72
15	63,35	18,9
16	63,63	19,01
17	65,79	19,29
18	72,57	20,15
19	73,36	20,68
20	76,77	21,14
21	79,0	21,45
22	80,4	21,64
23	82,24	21,89
24	83,85	22,12
25	89,64	22,89
26	90,64	23,52
27	91,83	25,0
28	96,53	25,32
29	100,6	25,62
30	100,91	24,29
31	104,89	25,26
32	105,44	25,3
33	110,13	26,18
34	112,69	26,42
35	115,65	26,76
36	122,94	28,72
37	135,61	30,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	10,43	5,6
2	21,75	9,05
3	31,48	10,91
4	49,83	14,29
5	62,73	16,22
6	78,74	18,91
7	91,85	21,53
8	100,82	23,33
9	108,07	25,67

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	6,88	3,15
4	23,25	8,01
5	39,69	10,9
6	65,41	15,58
7	86,84	18,28
8	100,6	21,76
9	108,48	25,87
10	110,13	26,18
11	112,69	26,42
12	115,65	26,76
13	122,94	28,72
14	135,61	30,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	0		33	1,9	2,10	Strato A - Detrito di versante	
2	20		38	2,2	2,3	Strato B - Substrato roccioso di base	

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,0
Ascissa centro superficie	-2,38 m
Ordinata centro superficie	29,88 m
Raggio superficie	28,01 m

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

xc = 7,00 yc = 31,75 Rc = 27,38 Fs=1,276

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,02	5,8	2,03	2,38	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	2,3	1,4
2	2,02	10,0	2,05	7,18	0,0	0,0	0,0	33,0	2,4	4,3	2,7
3	2,92	15,4	3,03	16,92	0,0	0,0	0,0	33,0	4,1	11,4	7,2
4	1,32	20,0	1,4	9,65	0,0	0,0	0,0	33,0	1,8	6,8	4,4
5	1,83	23,6	1,99	14,79	0,0	0,0	0,0	33,0	2,3	10,8	7,2
6	2,02	28,0	2,29	16,88	0,0	0,0	0,0	33,0	1,8	12,9	8,9
7	2,02	33,0	2,41	16,5	0,0	0,0	0,0	33,0	0,6	13,6	9,9
8	2,45	38,8	3,14	18,26	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	15,7	12,3
9	1,59	44,4	2,23	8,84	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	7,7	6,6
10	2,02	50,0	3,15	4,48	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	4,0	3,8

ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Sulla base delle verifiche di stabilità eseguite per il versante esaminato, appare evidente che gli episodi franosi rilevati nel settore sono da porre in diretta dipendenza con l'azione erosiva accelerata della copertura detritica presente in sommità alla falesia costiera, al di sopra del substrato roccioso vulcanico. Tale erosione è dovuta principalmente agli apporti idrici provenienti a monte della scarpata.

Infatti, con tutta probabilità, a seguito di modifiche del regime di deflusso delle acque superficiali, riferibili ad una mutazione delle condizioni climatiche e alle trasformazioni antropiche del territorio, la scarpata costiera, in corrispondenza di questo settore, è sottoposta ad una "evoluzione accelerata", tale da determinare gli eventi franosi sopra descritti, di cui non si ha la stessa evidenza lungo gli altri settori della falesia costiera, al di fuori della zona C, in cui l'evoluzione del paesaggio avviene con ritmi esclusivamente "naturali".

Tale differente condizione è stata evidenziata anche in sede di valutazione della stabilità del versante effettuata sia all'interno della zona C sia all'esterno.

ANALISI DEL VERSANTE IN CONDIZIONE POST-INTERVENTO

Sulla base di quanto analizzato in condizione ante-intervento, come riportato nel precedente paragrafo, è stato redatto il presente progetto che prevede l'esecuzione di una serie di interventi da eseguirsi nella zona C della tavola di progetto, per il consolidamento della falesia di Poglina, finalizzati al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- A. riprofilatura generale della scarpata con disgaggio, ove necessario, degli elementi pericolanti;
- B. messa in sicurezza della falesia costiera al fine di garantire la fruibilità della spiaggia sottostante e delle aree a monte (fig. 11).

Il raggiungimento delle suddette finalità avverrà tramite l'esecuzione dei seguenti interventi:

- a. disgaggio degli elementi instabili presenti nel pendio retrostante la spiaggia, lungo il tratto più a sud;
- b. riprofilatura della porzione sommitale della scarpata;
- c. realizzazione di strutture di contenimento e stabilizzazione del versante soggetto a movimenti franosi mediante terrazzamento con palizzate di legno ancorate sul basamento lapideo stabile, riempimento con materiale sciolto e rinaturalizzazione del versante. Tale intervento è stato suddiviso in due settori denominati F1 e F2 (fig. 12);
- d. realizzazione di un canale di raccolta a monte delle acque meteoriche, che verrà realizzato a ridosso della sede stradale della S.P. 105.



Figura 11 – Ubicazione dei settori F1 e F2 all'interno della Zona C d'intervento lungo la falesia costiera in località Poglina

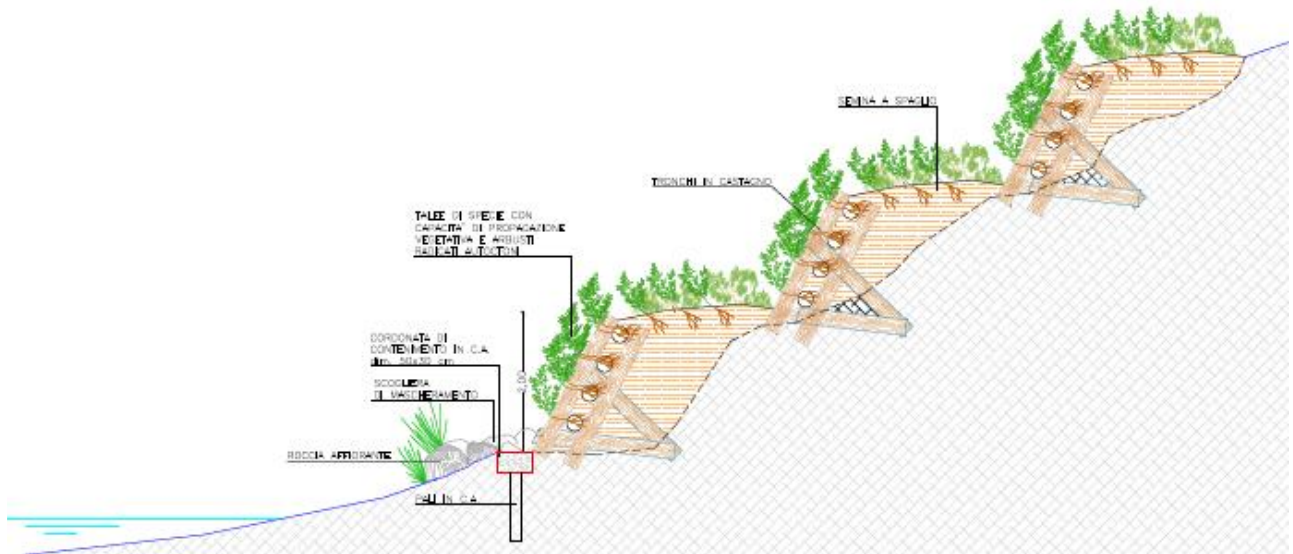


Figura 12 – Particolare dell'intervento di consolidamento previsto in corrispondenza della falesia costiera

La verifica di stabilità in condizioni post-intervento è stata eseguita, con riferimento ad una sezione del terreno che si sviluppa dal mare verso monte, oltre il tracciato della S.P. 105, al fine di poter comprendere al suo interno anche il canale di guardia per la raccolta delle acque meteoriche provenienti da monte.

Le verifiche eseguite in condizioni post intervento sono state finalizzate ad analizzare l'incidenza sul pendio delle opere previste in progetto, con particolare riferimento alle seguenti categorie:

- 1) canale di guardia a ridosso della S.P. 105, nel tratto del pendio a monte della fascia costiera;
- 2) opere di consolidamento della falesia nel tratto retrostante la spiaggia.

In entrambe le verifiche si è proceduto ad una doppia analisi al fine di poter considerare, relativamente al corpo detritico di versante le due condizioni limite già esaminate per la fase ante intervento:

- a) verifica di stabilità considerando nullo il valore di coesione per il deposito detritico di versante (unità A) per la presenza persistente di una falda idrica subsuperficiale;
- b) verifica di stabilità considerando positivo il valore di coesione per il deposito detritico di versante (unità A) in assenza di una falda idrica persistente in conseguenza dell'azione di raccolta ed allontanamento operata dal canale di guardia di monte.

VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DEL CANALE DI GUARDIA A RIDOSSO DELLA S.P. 105, NEL TRATTO DEL PENDIO A MONTE DELLA FASCIA COSTIERA.

Tale verifica ha consentito di analizzare l'incidenza del canale di guardia previsto a ridosso della S.P. 105 nel settore a monte della falesia.

Come riportato nelle indicazioni seguenti tale verifica ha evidenziato che l'opera idraulica non produrrà alcuna variazione rispetto allo stato di equilibrio del versante, precedentemente rilevato in condizione ante intervento. Questo risultato è ben spiegabile analizzando le dimensioni dell'opera e la distanza dalla falesia costiera che, attualmente, è l'unico settore interessato da problematiche gravitative.

Nella prima condizione di analisi si ottiene un valore di sicurezza del versante pari a $FS=4,13$, considerando il deposito detritico di versante dotato di coesione ($c \neq 0$), condizione rilevabile attualmente sul fronte del versante (fig. 14), ad eccezione delle aree incise dalle acque meteoriche provenienti da monte.

Nella seconda condizione di analisi il valore di sicurezza del versante ottenuto è pari a $FS=1,28$, considerando il deposito detritico di versante privo di coesione ($c=0$) condizione limite che il deposito potrebbe assumere qualora interessato da una falda idrica permanente (fig. 13).

a) CONDIZIONE POST - VERIFICA DI STABILITÀ CONSIDERANDO POSITIVO IL VALORE DI COESIONE PER IL DEPOSITO DETRITICO DI VERSANTE (UNITÀ A);

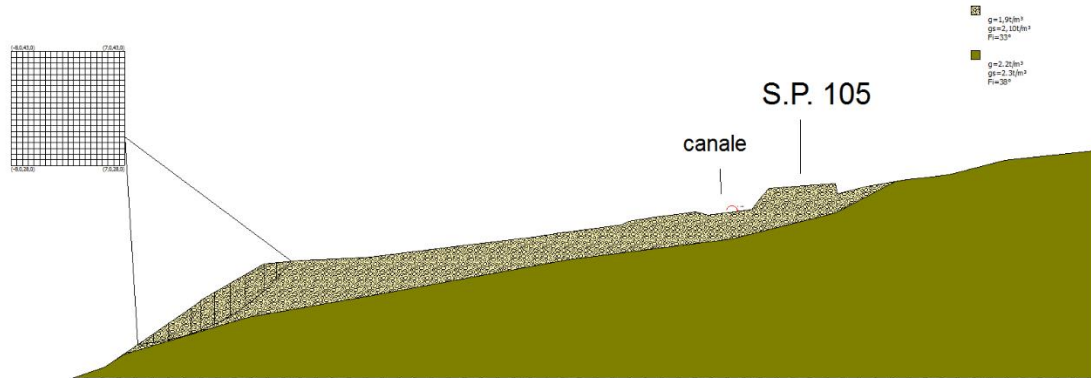


Figura 13 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglia all'interno della zona C – Analisi POST INTERVENTO, considerata, per il deposito detritico, la condizione di coesione#0 in assenza di falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	28,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	43,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	7,65	3,67
4	15,7	9,26

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

5	16,76	10,0
6	17,02	10,26
7	25,34	15,0
8	30,24	15,53
9	32,67	15,59
10	38,3	15,82
11	39,47	15,94
12	48,77	17,08
13	61,65	18,67
14	61,89	18,72
15	63,35	18,9
16	63,63	19,01
17	65,79	19,29
18	72,57	20,15
19	73,36	20,68
20	76,77	21,14
21	79,0	21,45
22	80,4	21,64
23	82,24	21,89
24	83,85	21,46
25	89,64	22,18
26	90,64	23,52
27	91,83	25,0
28	96,53	25,32
29	100,6	25,62
30	100,91	24,29
31	104,89	25,26
32	105,44	25,3
33	110,13	26,18
34	112,69	26,42
35	115,65	26,76
36	122,94	28,72
37	135,61	30,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	6,88	3,15
4	23,25	8,01
5	39,69	10,9
6	65,41	15,58
7	86,84	18,28
8	100,6	21,76
9	108,48	25,87
10	110,13	26,18
11	112,69	26,42
12	115,65	26,76
13	122,94	28,72
14	135,61	30,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Coesione non drenata 1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno No
=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	5		33	1,9	2,10	Strato A - Detrito di versante	
2	20		38	2.2	2.3	Strato B - Substrato roccioso di base	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (t)	Fy (t)	M (t m)
1	87	22	0	0	4

Risultati analisi pendio

=====

Fs minimo individuato 4,13
Ascissa centro superficie 7,0 m
Ordinata centro superficie 31,75 m
Raggio superficie 27,38 m
=====

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

xc = 7,00 yc = 31,75 Rc = 27,378 Fs=4,13

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,02	5,8	2,03	2,38	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	2,0	3,4
2	2,02	10,0	2,05	6,69	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	6,1	4,2
3	2,92	15,4	3,02	16,07	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	14,7	7,4
4	1,32	20,0	1,4	9,28	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	8,5	3,9
5	1,83	23,6	1,99	14,34	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	13,3	5,9
6	2,02	28,0	2,29	16,5	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	15,4	7,1
7	2,02	33,0	2,41	16,36	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	15,3	7,6
8	2,45	38,8	3,14	18,26	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	17,2	10,0
9	1,59	44,4	2,23	8,82	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	7,7	6,6
10	2,02	50,0	3,15	4,48	0,0	0,0	5,0	33,0	0,0	1,2	7,5

b) CONDIZIONE POST - VERIFICA DI STABILITÀ CONSIDERANDO NULLO IL VALORE DI COESIONE PER IL DEPOSITO DETRITICO DI VERSANTE (UNITÀ A);

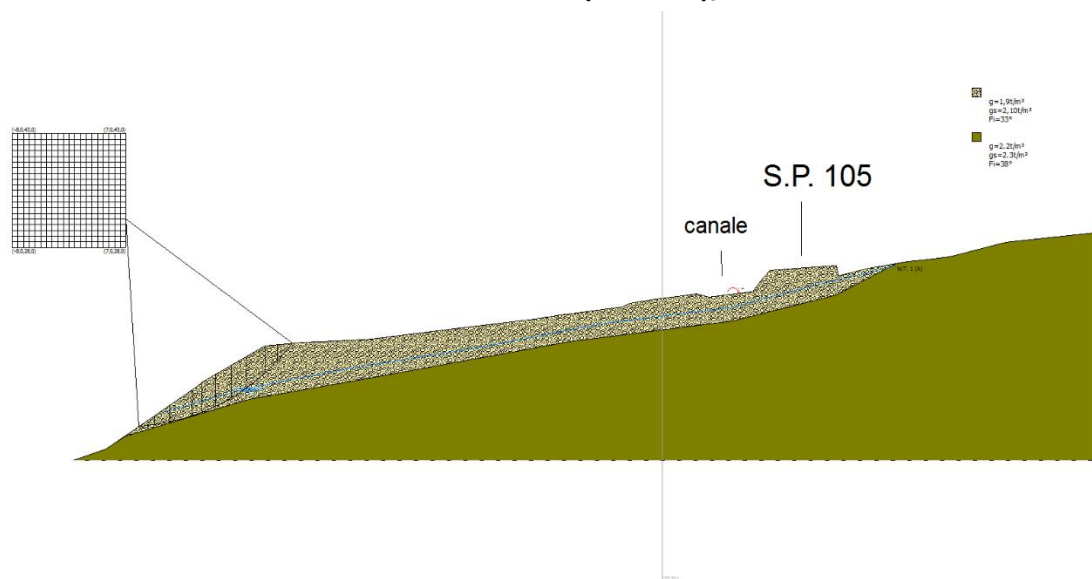


Figura 14 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglina all'interno della zona C – Analisi POST INTERVENTO, considerata, per il deposito detritico, la condizione di coesione#0, in assenza di falda

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-8,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	28,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	7,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	43,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	7,65	3,67
4	15,7	9,26
5	16,76	10,0
6	17,02	10,26
7	25,34	15,0
8	30,24	15,53
9	32,67	15,59
10	38,3	15,82
11	39,47	15,94
12	48,77	17,08
13	61,65	18,67
14	61,89	18,72
15	63,35	18,9
16	63,63	19,01
17	65,79	19,29
18	72,57	20,15
19	73,36	20,68
20	76,77	21,14
21	79,0	21,45
22	80,4	21,64
23	82,24	21,89
24	83,85	21,46
25	89,64	22,18
26	90,64	23,52
27	91,83	25,0
28	96,53	25,32
29	100,6	25,62
30	100,91	24,29
31	104,89	25,26
32	105,44	25,3
33	110,13	26,18
34	112,69	26,42
35	115,65	26,76
36	122,94	28,72
37	135,61	30,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	12,11	6,34
2	23,29	9,56
3	35,98	11,99
4	54,31	14,98
5	70,11	18,0
6	86,37	20,0
7	97,67	23,0
8	108,63	25,59

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	4,27	1,4
3	6,88	3,15
4	23,25	8,01
5	39,69	10,9
6	65,41	15,58
7	86,84	18,28
8	100,6	21,76
9	108,48	25,87
10	110,13	26,18
11	112,69	26,42
12	115,65	26,76
13	122,94	28,72
14	135,61	30,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	0		33	1,9	2,10	Strato A - Detrito di versante	
2	20		38	2.2	2.3	Strato B - Substrato roccioso di base	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (t)	Fy (t)	M (tm)
1	87	22	0	0	4

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,06
Ascissa centro superficie	-1,25 m
Ordinata centro superficie	28,0 m
Raggio superficie	26,13 m

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

xc = 7,00 yc = 31,75 Rc = 27,38 Fs=1,287

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	2,02	5,8	2,03	2,38	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	2,3	1,4
2	2,02	10,0	2,05	6,69	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	6,1	3,8
3	2,92	15,4	3,03	17,03	0,0	0,0	0,0	33,0	4,7	11,0	6,9
4	1,32	20,0	1,4	9,69	0,0	0,0	0,0	33,0	2,0	6,7	4,3
5	1,83	23,6	1,99	14,84	0,0	0,0	0,0	33,0	2,5	10,7	7,0
6	2,02	28,0	2,29	16,92	0,0	0,0	0,0	33,0	2,0	12,8	8,8
7	2,02	33,0	2,41	16,53	0,0	0,0	0,0	33,0	0,8	13,5	9,7
8	2,45	38,8	3,14	18,26	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	15,8	12,2
9	1,59	44,4	2,23	8,84	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	7,8	6,6
10	2,02	50,0	3,15	4,48	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	4,1	3,8

VERIFICA DI STABILITÀ DEL VERSANTE A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA FALESIA.

In corrispondenza della falesia costiera che delimita la spiaggia di Poglina, si sono verificati episodi ripetuti di frana, della porzione più avanzata della falesia.

In particolare, tali episodi hanno interessato il detrito di copertura presente alla sommità della scarpata, che allo stato attuale, in alcuni settori, si presenta fortemente inciso ed in condizioni di precaria stabilità.

Le verifiche eseguite non hanno evidenziato tracce di movimenti gravitativi profondi che interessino l'intera estensione della copertura detritica di versante.

L'intervento sulla falesia prevede la realizzazione di un disaggancio preliminare degli elementi più avanzati presenti sul fronte del deposito a cui farà seguito la riprofilatura della scarpata e, in alcuni settori localizzati, la predisposizione di un'opera di difesa e stabilizzazione del versante da realizzarsi mediante un intervento di ingegneria naturalistica consistente in un terrazzamento con palizzate di legno ancorate sul basamento lapideo stabile, con riempimento di materiale sciolto e rinaturalizzazione del versante.

a) CONDIZIONE POST - VERIFICA DI STABILITÀ PER L'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA FALESIA

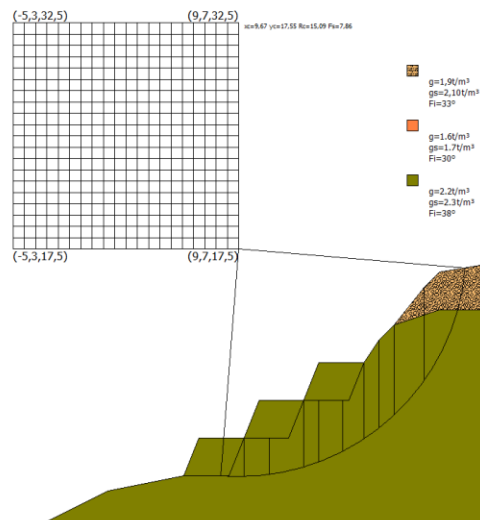


Figura 15 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglina all'interno della zona C – Analisi POST INTERVENTO, considerata, per il deposito detritico, la condizione di coesione=0

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Normativa	NTC 2008 e Circ.
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,3
Coefficiente parziale resistenza	1,0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-5,33 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	17,55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	9,67 m
Ordinata vertice destro superiore ys	32,55 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	20,0
Numero di celle lungo y	20,0

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	-3,0	-0,5
2	1,0	1,5
3	6,0	2,5
4	9,0	2,5
5	10,0	5,0
6	13,0	5,0
7	14,0	7,5
8	17,0	7,5
9	18,0	10,0
10	19,0	11,5
11	20,0	12,5
12	22,0	15,0
13	23,0	16,0
14	26,0	16,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	-3,0	-0,5
2	1,0	1,5
3	6,0	2,5
4	9,0	2,5
5	10,0	5,0
6	13,0	5,0
7	14,0	7,5
8	17,0	7,5
9	18,0	10,0
10	19,0	11,5
11	20,0	12,5
12	23,0	13,5
13	26,0	13,5

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	-3,0	-0,5
2	1,0	1,5
3	1,0	1,5
4	6,0	2,5
5	7,0	5,0
6	10,0	5,0
7	11,0	7,5
8	14,0	7,5
9	15,0	10,0
10	18,0	10,0
11	19,0	11,5
12	20,0	12,5
13	23,0	13,5
14	26,0	13,5

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (t/m ²)	Coesione non drenata (t/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso saturo (t/m ³)	Litologia	
1	0		33	1,9	2,10	Strato A - Detrito di versante	
2	10		30	1,6	1,7	Corpo palificata di sostegno	
3	20		38	2,2	2,3	Strato B - Substrato roccioso di base	

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

$x_c = 9,674$ $y_c = 17,546$ $R_c = 15,095$ $F_s = 7,863$

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (t)	Kh•Wi (t)	Kv•Wi (t)	c (t/m ²)	Fi (°)	Ui (t)	N'i (t)	Ti (t)
1	1,54	-1,7	1,54	3,87	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	4,0	5,2
2	1,71	4,5	1,72	11,63	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	11,1	6,6
3	2,29	12,2	2,34	14,55	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	13,0	8,9
4	0,96	18,6	1,02	9,73	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	8,9	4,4
5	1,63	23,9	1,78	15,89	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	14,2	7,8
6	1,41	30,4	1,64	13,04	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	11,4	7,4
7	1,0	35,8	1,23	11,99	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	11,1	6,3
8	1,0	40,7	1,32	13,01	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	12,4	7,3
9	2,0	49,0	3,05	26,66	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	26,3	18,9
10	2,72	70,0	7,93	27,11	0,0	0,0	20,0	38,0	0,0	9,6	74,1

ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Con riferimento alla sezione di verifica considerata si evidenzia che l'intervento di consolidamento della falesia previsto in progetto determina un aumento del Fattore di sicurezza del pendio.

Tale variazione è determinata da un insieme di fattori concomitanti; fra questi si evidenziano i seguenti:

- diminuzione della porzione detritica di versante aggettante sul pendio, derivante dalla riprofilatura e terrazzamento della falesia;
- stabilizzazione del piede del deposito detritico di versante mediante la realizzazione di una struttura di contenimento a gravità resa solidale con il substrato roccioso attraverso una palificata in legno.

PREMESSA ALL'ANALISI GEOTECNICA

L'analisi geotecnica sulle indagini è finalizzata alla determinazione delle proprietà geotecniche e geomeccaniche dei terreni interessati dall'interazione con le opere in progetto.

Attraverso la parametrizzazione geotecnica e geomeccanica è quindi possibile verificare il comportamento del terreno in termini di risposta alle sollecitazioni indotte dalle opere di progetto e rispetto alle condizioni naturali attualmente che caratterizzano i luoghi in esame.

In particolare, si è proceduto alla valutazione della stabilità delle scarpate oggetto degli interventi di stabilizzazione previsti in progetto analizzando il comportamento in condizioni ante e post intervento.

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

Relativamente alla verifica dei terreni in considerazione dei numerosi fronti naturali esposti si è scelto di procedere ad una ricostruzione di dettaglio della successione stratigrafica mediante un accurato lavoro di rilevamento geologico di superficie. Nel corso dei lavori è stato possibile esaminare, in corrispondenza delle stazioni di verifica prescelte, lo stato di consistenza ed alterazione delle unità litologiche distinte nel modello geologico del sottosuolo.

Relativamente ai depositi detritici di copertura (strato A), si è scelto di utilizzare i valori bibliografici comunemente riportati in letteratura; ciò in considerazione della composizione granulometrica degli stessi, in cui la componente granulometrica grossolana (massi, ciottoli e ghiaia) è assolutamente prevalente sulla componente fine (sabbie, limi e argille). Considerata la pressoché totale impossibilità nel procedere ad un campionamento realmente indisturbato degli stessi, indispensabile per le successive analisi di laboratorio, si è scelto di riferirsi alla consistente mole di dati esistente.

Per ciò che riguarda il substrato vulcanico, riferibile all'Unità di Poglina, costituito da ignimbriti non saldate, la caratterizzazione è stata eseguita con riferimento alle prove di tipo Point Load effettuate su campioni prelevati dagli affioramenti presenti.

Tali dati sono stati successivamente incrociati con i risultati di precedenti verifiche eseguite su litologie analoghe a quelle rinvenute in sito.

Dalla scala puntuale del comportamento del singolo campione è stato così possibile estendere la valutazione all'intero ammasso roccioso che costituisce la base e la porzione interna della falesia costiera esaminata.

MODELLO GEOTECNICO DEI TERRENI

In accordo con quanto definito in precedenza per il modello geologico, il modello geotecnico prevede la presenza di due differenti unità litotecniche e pertanto è anch'esso del tipo "a due strati".

Nella figura seguente (fig. 13) si riporta una sezione tipo della falesia che evidenzia i rapporti dimensionali e spaziali fra le due unità.

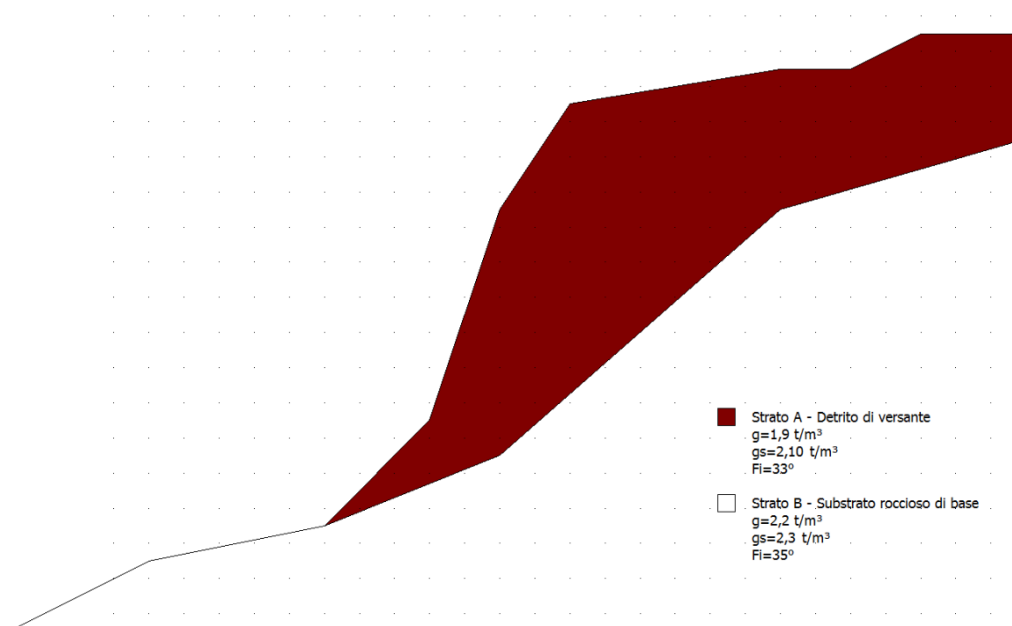


Figura 16 – Sezione rappresentativa della falesia costiera in località Poglina

PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE UNITÀ LITOTECNICHE INDIVIDUATE

La presenza di unità litologiche di consistenza **terrigena** e **litoide** ha determinato la necessità di verificare la risposta del terreno di fondazione sia attraverso un'analisi geotecnica, per le terre, sia attraverso una verifica geomeccanica, per le unità litoidi.

Per la caratterizzazione dell'unità litotecnica A (Detrito di versante) sono stati utilizzati i dati riportati comunemente in bibliografia.

Relativamente all'unità litotecnica del substrato litoide (unità B), trattandosi di un ammasso roccioso, si è proceduto alla valutazione delle proprietà geomeccaniche in funzione della definizione dell'Indice di qualità dell'ammasso secondo la determinazione di Bieniawski. A tale scopo sono state effettuate alcune prove di laboratorio (Point Load Test - PLT) per misurare l'Indice di resistenza della roccia (I_s), e per correlazione, la Resistenza a compressione monoassiale (c_0).

Di seguito si riportano i risultati di prove di laboratorio precedentemente eseguite su litotipi analoghi a quelli distinti nell'area in esame, relativamente alla determinazione del peso di volume, del valore di resistenza a compressione e dell'indice di qualità dell'ammasso roccioso.

PESO DI VOLUME

Le prove di laboratorio eseguite per la determinazione del peso di volume naturale del terreno hanno consentito di ricavare un valore rappresentativo compreso nell'intervallo 20÷22 kN/mc.

I valori più bassi sono da riferire alle porzioni dell'ammasso caratterizzate da pomici e, più in generale, da una maggiore presenza della componente gassosa del deposito.

VALORE DI RESISTENZA A COMPRESSIONE (c_0) E INDICE DI RESISTENZA (I_s)

Per l'esecuzione della prova Point Load è stato fatto riferimento alle specifiche tecniche previste nella

“Raccomandazioni ISRM per la misura della resistenza al punzonamento.¹

La prova Point Load fornisce un valore dell'indice di resistenza [Is] della roccia che viene successivamente normalizzato per riferirlo ad una dimensione standard del provino pari a 50 mm [Is(50)]. Inoltre, tale valore normalizzato può essere utilizzato per effettuare ulteriori correlazioni con la resistenza a trazione e a compressione uniassiale della roccia.

Utilizzando la Franklin Press per la determinazione dell'Indice di resistenza da Point Load Test, è stato possibile analizzare anche il comportamento dei litotipi dal punto di vista dell'influenza della direzione di applicazione del carico rispetto alla stratificazione dei depositi, mediante la valutazione dell'Indice di Anisotropia. Dal rapporto fra la resistenza a compressione ottenuta con direzione di applicazione del carico normale rispetto alla stratificazione (σ_v) e quella ottenuta con direzione di applicazione parallela alla stratificazione (σ_n), sono stati ottenuti valori prossimi all'unità, a testimonianza della discreta isotropia di comportamento dell'ammasso roccioso.

Sono state eseguite numerose prove per la determinazione del valore di resistenza a compressione, attraverso prove di compressione uniassiale, e per il calcolo dell'Indice di resistenza del terreno, ricavato attraverso Point Load Test.

Le prove hanno evidenziato una notevole variabilità del carico di rottura dei diversi campioni testati, con valori compresi nell'intervallo 9÷24 MPa.

Ciò è da porre in relazione alle differenti caratteristiche strutturali e tessiturali dei litotipi analizzati ed alla presenza di microfratturazione.

I risultati delle prove di compressione possono essere utilizzati per determinare la posizione dei litotipi nella classifica di Deere e Miller, che suddivide le rocce in 5 classi (da A a E) in funzione decrescente della resistenza a compressione ($\sigma < 28,0$ MPa). I bassi valori rilevati inquadrano la roccia nella classe E (resistenza estremamente bassa). Non essendo state rilevate le misure delle deformazioni dei provini, nel corso delle prove di compressione, non è possibile procedere ad un'ulteriore suddivisione delle litologie in sottoclassi, basate queste ultime sui valori del modulo di deformazione.

DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI QUALITÀ RMR DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Si utilizzerà a tale fine la “Geomechanics Classification RMR” di Bieniawski (1989). Questa è basata sull'analisi di 5 parametri caratterizzanti l'ammasso roccioso, la cui determinazione permette di valutare la qualità della roccia mediante la definizione del cosiddetto “Indice RMR”. A ciascun parametro esaminato corrisponde un valore indice (R1, R2, ..., R5) la cui somma determina l'indice di qualità dell'ammasso roccioso o indice RMR, che può assumere valori compresi fra 0 e 100.

La classificazione di Bieniawski permette di risalire ai parametri meccanici dell'ammasso roccioso considerato come terreno di fondazione (fig. 14).

¹ INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (1972) – Suggested method for determining the point load strength index.

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglia
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

TABELLA 1								
Parametri		Valori						
Resistenza a compressione uniassiale (MPa)		>250	100-250	100-50	50-25	5-25	1-5	<1
Coefficiente R1		15	12	7	4	2	1	0
R.Q.D. (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
Coefficiente R2		20	17	13	8	3		
Spaziatura delle discontinuità		>2 m	0,6-2 m	60-20 cm	20-6 cm	<6 cm		
Coefficiente R3		20	15	10	8	5		
Condizioni delle discontinuità		Superfici molto rugose, non alterate. Discontinuità chiuse non continue	Superfici poco rugose. Separazione discontinuità < 1 mm. Poco alterate	Superfici poco rugose. Separazione discontinuità < 1 mm. Molto alterate	Superfici lisce o riempimento < 5 mm di spessore o giunti aperti 1-5 mm e continui	Riempimento soffice > 5 mm di spessore o giunti aperti > 5 mm continui		
Coefficiente R4		30	25	20	10	0		
Condizioni idrauliche	Venute d'acqua su 10 m di lunghezza (l/min)	nessuna	<10	10-25	25-125	>125		
	Condizioni generali	Asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua		
Coefficiente R5		15	10	7	4	0		

TABELLA 2					
Orientamento discontinuità	Valori				
Direzione di immersione ed inclinazione	Molto favorevole	Favorevole	Poco favorevole	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
Pendii	0	-5	-25	-50	-60

TABELLA 3					
Classi di qualità dell'ammasso roccioso	Valori				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente
Coesione (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 200
Angolo d'attrito (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

TABELLA 4					
Dettagli sulle condizioni delle discontinuità $R4 = A + B + C + D + E$	Valori				
Lunghezza delle discontinuità	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Coefficiente A	6	4	2	1	0
Apertura	nessuna	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Coefficiente B	6	5	4	1	0
Rugosità	Molto rugosa	Rugosa	Leggermente rugosa	Liscia	Levigata
Coefficiente C	6	5	3	1	0
Riempimento	nessuno	Materiale duro < 5 mm	Materiale duro > 5 mm	Materiale tenero < 5 mm	Materiale tenero > 5 mm
Coefficiente D	6	4	2	2	0
Alterazione	Inalterata	Leggermente alterata	Moderatamente alterata	Molto alterata	Decomposta
Coefficiente E	6	5	3	1	0

Figura 17 - Parametri di qualità dell'ammasso roccioso (Metodo RMR di Bieniawski)

Sulla base dell'indice RMR determinato si possono ricavare i parametri di coesione e angolo di attrito interno, sulla base dei vari intervalli proposti.

I parametri e i relativi indici sono i seguenti:

- R1 resistenza alla compressione monoassiale o da Point Load Test;
- R2 R.Q.D., che rappresenta la percentuale di recupero di campione in un sondaggio;

Comune di VILLANOVA MONTELEONE(SS)
Messa in sicurezza del litorale di Poglina
PROGETTO DEFINITIVO – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

- R3 spaziatrice dei giunti;
- R4 condizione dei giunti, con particolare attenzione alla loro apertura, rugosità, grado di alterazione e presenza di materiale di riempimento;
- R5 condizioni idrauliche.

Considerando i valori di resistenza meccanica a compressione, ottenuti attraverso le prove di laboratorio, le caratteristiche strutturali dell'ammasso, ricavate nel corso dei numerosi sondaggi eseguiti e dall'esame di alcuni sbancamenti realizzati in prossimità dell'area in esame, e le condizioni idrauliche che caratterizzano l'area ed i litotipi di fondazione, si possono attribuire, ai cinque indici considerati i seguenti valori:

- R1 = 2 ($\sigma_{media} = 5 \div 25$ MPa)
- R2 = 13 (R.Q.D.% = 50)
- R3 = 10 (spaziatrice = $0.2 \div 0.6$ m)
- R4 = 15 (discontinuità alterate)
- R5 = 10 (roccia umida)

INDICE RMR	50
------------	----

Utilizzando il valore determinato per l'indice RMR è possibile ottenere la seguente classificazione dell'ammasso roccioso, con i relativi parametri di calcolo:

- Qualità dell'ammasso:..... Discreta (III^a classe)
- Coesione..... C = $200 \div 300$ KPa
- Angolo d'attrito $\varphi = 25 \div 35^\circ$

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

In base alle valutazioni effettuate, relativamente alle due unità litotecniche distinte si possono considerare i parametri riportati nella tabella seguente (fig. 15).

Descrizione	Peso di volume (kN/mc)	Coesione (kN/mq)	Angolo di attrito interno (°)	Modulo di compressibilità (daN/cm ²)
Unità A - Terreno di riporto	19	50	33	500
Unità B – Alternanza di tufi piroclastici e ignimbriti saldate	22	200	38	800

Figura 18 – Parametri geotecnici di calcolo