Firmato digitalmente da:

PAOLO NOCE

FSO



Comune di Sori

Cimitero di Sori

interventi di consolidamento idrogeologico della falesia del cimitero di Sori

progetto preliminare ambientale per la verifica di assoggettabilità alla V.I.A.

R3.

relazione geologica

settembre 2023

progettazione

capogruppo
ing. paolo noce

architettura
una2 architetti associati, genova
+
idraulica
ing. paolo noce
+
geologia
dott. geol. andrea robbiano
+
biologia
dott. biol. marzia riminucci
+
archeologia
dott. archeol valentina brodasca

rilievi

Ing. Alessandro Scannapieco

credits

Comune di Sori

interventi di consolidamento idrogeologico della falesia del cimitero di Sori

settembre 2023

progettazione

capogruppo
idraulica
Ing. Paolo Noce
Via Antonio Cecchi 9/15B – 16129 Genova (GE)
329.9273739 – ing.paolonoce@gmail.com

architettura
una2 architetti associati,
vico delle mele 6/3
16123 genova
t +39 010 254 32 10
f +39 010 254 31 38
info@una2.net
Arch. Paola Arbocò
348.8506190 –
paola@una2.net

geologia
Dott. geol. Andrea Robbiano
Via Nino Bixio 22D/4 – 16043 Chiavari (GE)
347.1483058 – geotecam@libero.it

biologia
Dott. biol. Marzia Riminucci
Via D. Oliva 37A/13B – 16153 Genova (GE)
393.2701975 – pettinaririminucci@gmail.com

archeologia
Dott. archeol. Valentina Brodasca
Via Borgo degli Incrociati 3/7 – 16137 Genova (GE)
349.3101063 – vbrodasca@gmail.com

rilievi
Ing. Alessandro Scannapieco
Via Camillo Sbarbaro 10/1 – 16038 S. Margherita L. (GE)
338.2217202 – info@flyview.it

SOMMARIO

PREMESSE pag. 2
1. INQUADRAMENTO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE pag. 3
2. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA pag. 4
2.1. PROFILO GEOLOGICO-TETTONICO pag. 5
2.2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE pag. 7
2.3. SCHEMA IDROGRAFICO E ASSETTO IDROGEOLOGICO pag. 9
3. STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE PRELIMINARI pag. 10
3.1. COPERTURA SCIOLTA E RIPORTI pag. 10
3.3. AMMASSO ROCCIOSO pag. 11
4. QUADRO DEGLI INTERVENTI ATTUATI IN PASSATO pag. 13
5. INTERVENTI A PROGETTO E FASI REALIZZATIVE pag. 15
6. PROGRAMMA INDAGINI GEOGNOSTICHE E MONITORAGGI pag. 16
7. ANALISI DEGLI IMPATTI GEOLOGICI E CONCLUSIONI pag. 17

ALLEGATI

Figura n.	Oggetto
1	Inquadramento cartografico dell'area
2	Cartografia di Piano di Bacino – Ambito 14
3	Carta geologico-geomorfologica
4	Carta idrogeologica
5	Carta delle discontinuità in corrispondenza della cappella funeraria
6	Markland test in corrispondenza della cappella funeraria
7	Carta dei sistemi di discontinuità dei fronti rocciosi
8a-8b	Sezioni geologiche schematiche

Documentazione fotografica

PREMESSE

Su incarico dell'Amministrazione comunale di Sori, con Determinazione del Responsabile dell'Area Tecnica n. 248 del 06.07.2022, è stata redatta la presente Relazione geologica connessa alla procedura di verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale dell'intervento di consolidamento idrogeologico della falesia del cimitero di Sori capoluogo (***Fig. 1***), di cui al D.Lgs 152/2006 e in particolare nell'Allegato IV alla parte II - Elenco B (Progetti di cui all'art. 23 comma 1 lettere b) e c), punto 7 Progetti di infrastrutture - lettera n) opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa mediante la costruzione di dighe, moli e altri lavori di difesa dal mare).

Le attività condotte sono state così delineate:

- dettagliata ricerca bibliografica e valutazione critica di pubblicazioni scientifiche, carte tematiche, riprese video e fotografie multitemporali, dati tecnici e prove in sito pregressi relativi al settore in oggetto, con particolare riferimento a quanto prodotto nell'ambito del I° lotto degli interventi;
- inquadramento del sito nella pianificazione territoriale a scala regionale, di bacino e comunale, in modo da accertare la conformità degli interventi alle diverse norme di attuazione cogenti;
- approfondito rilevamento geologico-strutturale, geomorfologico e idrogeologico dell'intera area cimiteriale e di un suo congruo intorno, anche in rapporto al grado di antropizzazione (modello geologico del sito ai sensi del D.M. Infrastrutture e Trasporti 17.01.2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" e alla Circolare esplicativa C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019);
- valutazione critica dell'attuale schema di defluenza dei contributi idrici superficiali e sub-superficiali nel comparto cimiteriale in rapporto sia ai fenomeni di infiltrazione efficace nel sottosuolo sia all'attività erosiva delle acque sulla falesia;
- analisi geomeccaniche preliminari delle pareti rocciose, anche tramite calate di tipo alpinistico e ispezioni da mare, finalizzate alla valutazione sulle condizioni di equilibrio dei fronti lapidei, con particolare attenzione sia ai potenziali cinematismi localizzati sia ai fenomeni franosi a grande scala;

- parametrizzazione preliminare dell'ammasso roccioso in termini di modello sia continuo-equivalente sia discontinuo, finalizzata ad una prima analisi di stabilità delle porzioni più critiche di falesia;
- individuazione delle problematiche in atto e della loro tendenza evolutiva al fine di proporre e condividere gli interventi di consolidamento ritenuti più efficaci nel tempo, anche in termini di costi/benefici;
- definizione di una sequenza di fasi realizzative degli interventi in modo da consentire la quantificazione economica delle lavorazioni e poter operare in condizioni di sicurezza;
- progettazione di un dettagliato programma di indagini geognostiche e geofisiche da condurre nelle successive fasi progettuali, allo scopo di accertare il profilo stratigrafico, geotecnico, idrogeologico e sismico del sottosuolo;
- definizione di un piano di monitoraggio geotecnico e idrogeologico dell'area cimiteriale che preveda l'installazione di strumentazione di controllo (tubi inclinometrici e tubi piezometrici, fessurimetri, estensimetri, clinometri, ecc…), in grado di effettuare anche misurazioni in continuo, per poter disporre di un quadro evolutivo dei processi in atto e definire specifiche soglie di attenzione, allerta e allarme in caso di movimenti gravitativi di porzioni di falesia;
- analisi degli impatti di carattere geologico che la realizzazione degli interventi può indurre sull'ambiente, valutando eventuali opere di mitigazione in grado di rendere accettabili le possibili interferenze;
- stesura di una specifica *Relazione geologica*, riassuntiva di tutti i risultati ottenuti dalle diverse attività sopra elencate, corredata da elaborati grafici tematici.

1. INQUADRAMENTO DEL SITO NELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Sotto il profilo della pianificazione territoriale si evince che:

Piano di Bacino – Ambito 14 (PROVINCIA DI GENOVA, 2002) – ***Fig. 2***

- la carta del reticolo idrografico (coincidente con quanto riportato nella D.G.R. n. 507/2019) riporta un corso d'acqua (Rio Bossoleto), in parte tombinato, che lambisce la porzione più orientale del cimitero;

- nella carta della franosità reale non sono indicati forme, processi e depositi connessi alla dinamica gravitativa, anche se, procedendo verso occidente, si individua una deformazione profonda di versante (D.G.P.V.) all'interno della quale sono presenti anche frane in stato di attività;
- la carta della suscettività al dissesto classifica il sito in esame in parte (settore di monte) come Pg1 (suscettività bassa) e in parte come Pg2 (suscettività media) e Pg3b suscettività elevata) procedendo verso mare.

Studi geologici connessi al Piano Regolatore Generale (SEBASTIANI & CIPOLLA, 1990)

Relativamente agli studi geologici a corredo del P.R.G. del Comune di Pieve Ligure (che ha ceduto al Comune di Sori il settore di territorio dove sorge il cimitero a seguito del referendum consultivo promosso alla fine del secolo scorso) si osserva che il sito d'intervento rientra nei seguenti tematismi:

- carta geologica: Formazione di Monte Antola – calcari marnosi alternati a marnoscisti, argillosciti e calcareniti;
- carta geomorfologica: ambito cimiteriale in zona D1 – area caratterizzata da copertura eluviale e/o colluviale di potenza compresa tra 0.5-1 m e 2 m, ambito di falesia in zona E – area in erosione attiva significativa;
- carta idrogeologica: le coperture sciolte e i riporti sono considerati terreni permeabili per porosità, mentre l'ammasso roccioso è considerato permeabile per fessurazione/fratturazione;
- carta di zonizzazione: ambito cimiteriale in classe 4 – aree globalmente stabili, ambito di falesia in classe 1 – aree costiere e aree in frana attiva.

2. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area in oggetto, individuabile nella Carta Tecnica Regionale scala 1:5000 Elemento n.231023 *Sori*, si colloca alla base del pendio che degrada dal M. di Santa Croce (p.q. 525.3), nella fascia altitudinale compresa tra il livello medio marino e 30-35 m circa di quota (***Fig.1***).

La zona di interesse è costituita da un antico terrazzo di spianamento marino, rappresentante la propaggine sud-orientale di un corpo geomorfologico complesso,

denominato *D.G.P.V. di San Gaetano*, delimitato a sud e a ovest da una falesia rocciosa di altezza pluridecametrica e verso oriente da un corso d'acqua denominato Rio Bossoleto. Procedendo ulteriormente verso levante, alla base della passeggiata denominata *Marinai d'Italia*, si individua una spiaggia di estensione molto ristretta, separata dalla spiaggia principale di Sori da un piccolo molo, soggetta ad intensa azione erosiva da parte del moto ondoso che ne ha determinato la quasi totale scomparsa.

Questo settore di territorio risulta condizionato dalla sovraimposta azione antropica con un intenso rimaneggiamento dovuto, in particolare, alla realizzazione della ex-SS1 *Aurelia*, della linea ferroviaria Genova-Pisa (che in questa porzione di territorio scorre in galleria), del cimitero del capoluogo e di numerosi edifici sparsi all'intorno, con le loro aree verdi pertinenziali, presenti lungo le diffuse vie di comunicazione pedonali e carrabili, oltre che la sistemazione a terrazzamenti presidiati da muri in pietra a secco, che hanno profondamente modificato l'originale assetto geomorfologico-vegetazionale del comparto.

Il tratto di costa alta compreso tra il margine orientale del cimitero e la località *Castello Cirla* verso ovest è caratterizzato da importanti situazioni di instabilità diffusa e da una serie di indicatori geomorfologici che confermano l'elevata suscettività al dissesto del comparto. Infatti, l'intero versante è storicamente interessato da frane, verificatesi almeno sei volte negli ultimi 100 anni. L'A.N.A.S. ha già realizzato una serie di opere di contenimento dirette prevalentemente alla protezione della strada e del transito veicolare, mediante la costruzione di contrafforti in c.a. di notevole larghezza e altezza a levante e con un consolidamento murario in c.a. di grandi dimensioni nella porzione di ponente.

2.1 PROFILO GEOLOGICO-TETTONICO

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1968) e alla più recente cartografia regionale (REGIONE LIGURIA, 2006), la roccia in posto è rappresentata dai litotipi appartenenti alla Formazione del Flysch del M.Antola.

Il basamento lapideo è visibile diffusamente nel settore costiero, a valle della ex-S.S. 1 *Aurelia*, mentre in ambito di versante sono individuabili alcuni spaccati artificiali ai margini della zona di deformazione gravitativa profonda.

Le caratteristiche dei litotipi osservati sono quelle tipiche di una sequenza torbiditica, contraddistinta da strati, da sottili a spessi, di calcari marnosi, calcareniti, marne, spesso intercalati da livelli, da sottili a medi, di arenarie e argilliti.

Il litotipo predominante è un calcare marnoso che si presenta in strati da decimetrici a metrici compatti, con frattura tendente all'aspetto concoide, localmente con una sfaldabilità in scaglie. Gli strati marnosi, di colore grigio scuro, più frequentemente grigio-biancastri dall'alterazione, sono presenti con potenze da centimetriche a metriche e, insieme ai calcari marnosi, rappresentano la parte predominate della Formazione.

La presenza e consistenza degli altri litotipi varia sensibilmente da zona a zona: gli strati più argillitici, significativi in termini percentuali, di potenza da centimetrica a decimetrica, sono caratterizzati da una colorazione scura, mentre quelli calcarenitici, assai tenaci, di spessore fino a decimetrico e colorazione da brunastra a grigia, rappresentano in genere la base di banchi calcarei.

I livelli arenacei, infine, non frequenti e decisamente subordinati in percentuale, sono particolarmente tenaci, presentano colore rossastro su superfici alterate o grigio su spaccature fresche e formano strati di potenza decimetrica.

Gli affioramenti costieri evidenziano una disposizione complessiva con immersione verso N-NO e angoli d'inclinazione piuttosto bassi, inferiori a 20°; assumendo un assetto con debole tendenza a reggipoggio rispetto all'orientazione della falesia sul fronte meridionale, mentre risulta a traverpoggio sul fronte occidentale.

Tutti i litotipi descritti si alternano nell'area in esame con percentuali variabili, mostrando una Formazione eterogenea, con caratteristiche mutevoli anche in breve spazio, attribuibili anche alle deformazioni tettoniche che influiscono sull'assetto stratigrafico e giaciturale degli strati; ne è un esempio la porzione basale del settore sud-orientale caratterizzata da evidenti strutture di carattere duttile e fragile la cui presenza determina una minore resistenza nei confronti dell'azione demolitrice del moto ondoso.

Dal punto di vista delle deformazioni fragili l'area cimiteriale è delimitata da due sistemi di fratturazione molto evidenti: quello più antico, che ha influito sulla linea di costa, è disposto SSO-NNE, mentre quello più recente, responsabile dello sviluppo del reticolo idrografico lungo il versante, è orientato NO-SE (***Fig. 3***).

Come descritto più approfonditamente nel seguito, l'ammasso roccioso è caratterizzato da alcuni sistemi attivi coniugati di superfici di discontinuità beanti che, intersecandosi con il giunto di strato, tendono ad isolare prismi lapidei di varia volumetria (in prevalenza dell'ordine di qualche metro cubo), alcuni dei quali risultano aggettanti, come nel settore medio-superiore più occidentale della propaggine meridionale; inoltre, soprattutto nella porzione sommitale della falesia, il materiale roccioso risulta interessato da intensa

alterazione che ne determina una completa degradazione in scaglie, relitte di una tessitura lapidea originaria.

2.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Come già anticipato, il cimitero di Sori capoluogo è ubicato in sommità ad un terrazzo di spianamento marino che rappresenta la propaggine sud-orientale della *D.G.P.V. di San Gaetano*, delimitata verso est dal corso d'acqua denominato Rio Bossoleto (***Fig. 3***).

Si tratta di un corpo geomorfologico "complesso" la cui origine si ritiene ascrivibile sia ad un antico movimento gravitativo di grandi dimensioni che ha coinvolto il sistema crinale-versante-fondovalle sia alla presenza di lineazioni tettoniche che hanno influenzato l'assetto geologico a scala territoriale.

Lungo il margine esterno dell'area cimiteriale, sia verso ovest sia verso sud, si sviluppa la falesia rocciosa, in stato di palese attività geomorfologica, ad assetto subverticale e con altezze dell'ordine dei 30-35 m rispetto al l.m.m. Gli agenti modellatori sono rappresentati principalmente dal moto ondoso e dalla gravità, mentre subordinata appare l'azione erosiva delle acque superficiali e la circolazione delle acque profonde; il sovraccarico connesso alla presenza di manufatti funerari e di alcune alberature di alto fusto lungo il ciglio della parete assume relativa significatività esclusivamente puntuale.

L'azione demolitrice delle mareggiate comporta fenomeni di erosione selettiva all'interno della sequenza flyschoide, con maggiore impatto in termini di degradazione a carico dei livelli meno tenaci (argillitici e marnosi) della Formazione; questi aspetti assumono una notevole consistenza soprattutto alla base della scogliera, dove si formano solchi di battente, sgrottamenti e sottoescavazioni, anche di rilevante entità, che sono all'origine dei crolli coinvolgenti i fronti rocciosi sovrastanti.

La tendenza evolutiva della falesia appare in genere piuttosto lenta, tenuto conto di una ispezione visiva da mare effettuata personalmente a fine 2016 e soprattutto di quanto riportato e documentato nella Relazione geologica di progetto del I° lotto redatta da GEOSARC nel 2006 e anche rispetto a quanto rilevato dagli stessi Autori nel 1986. I cinematismi franosi che interessano interamente la falesia, con evidenti processi retrogressivi dell'orlo sommitale, sono ascrivibili a crolli, ribaltamenti e scivolamenti che in genere coinvolgono porzioni lapidee di volumetria contenuta entro qualche metro cubo. Tuttavia, in corrispondenza della porzione più pronunciata verso mare del promontorio roccioso (settore meridionale) si

segnala la presenza di una serie di fratture decisamente profonde, molto persistenti, aventi apertura decimetrica e con ridotta spaziatura, che potrebbero essere in grado di sconnettere un volume roccioso complessivo di svariate centinaia di metri cubi, con significative ripercussioni su tutta la zona all'interno della quale sorge la cappella funeraria che ad oggi risulta oggetto di interdizione; a tal proposito si sottolinea che il suddetto manufatto è interessato da evidenti fessurazioni e lesioni strutturali e il terreno su cui poggia è caratterizzato da fessure di trazione, ribassamenti e anomalie topografiche che rappresentano indizi geomorfologici di movimenti gravitativi in atto. A tal proposito, si segnala che a pochi metri verso sud-est rispetto alla suddetta cappella funeraria è presente un manufatto bellico (postazione di mitragliatrice) che risulta parzialmente aggettante e quindi in condizioni di equilibrio molto precario.

Per quanto attiene alla coltre di copertura del terrazzo marino, il suo spessore è localmente variabile in funzione dell'attività erosiva selettiva operata dal moto ondoso sull'antica superficie di spianamento in rapporto alla natura del deposito alluvionale; fatti salvi alcuni punti intensamente rimaneggiati, in genere comunque la potenza dei terreni sciolti non supera 1.5-2.0 m.

Le caratteristiche composizionali dei terreni sciolti sono legate a quelle dell'ammasso roccioso di origine e risultano contraddistinte da una prevalente frazione sabbioso-limosa in matrice argillosa con ghiaia e scaglie lapidee.

I riporti che caratterizzano a vario titolo l'ambito cimiteriale e i settori adiacenti sono distinti da una granulometria ben gradata, contenente tutte le classi granulometriche con percentuali significative di frazione grossolana.

Relativamente alle caratteristiche del fondale marino antistante il promontorio su cui sorge il cimitero, i rilievi con tecnica aerofotogrammetrica, confermati da dettagliate osservazioni subacquee, hanno consentito di rilevare la presenza di speroni rocciosi in posto sia sommersi sia parzialmente emersi soprattutto nel settore meridionale e in parte anche alle estremità dell'ambito costiero di interesse. Lungo tutto lo sviluppo della porzione sommersa della falesia sono presenti blocchi lapidei di medie e grandi dimensioni, la cui volumetria tende a diminuire procedendo verso il centro della porzione più orientale della baia, dove il fondale risulta prevalentemente sabbioso.

2.3 SCHEMA IDROGRAFICO E ASSETTO IDROGEOLOGICO

Le modifiche antropiche apportate al territorio si riflettono sullo schema dei deflussi superficiali: le acque di ruscellamento intercettate a monte dalle strade e dalle altre superfici impermeabili sono solo parzialmente regimate attraverso le vie di corrivazione naturali e la rete delle acque bianche, che fa riferimento direttamente al mare e solo in minima parte al Rio Bossoleto, il cui sviluppo è condizionato da una significativa depressione a tergo del settore orientale dell'area cimiteriale.

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici dell'area, si può evidenziare che (***Fig. 4***):

- il basamento roccioso di natura calcareo-marnosa, sostanzialmente impermeabile in condizioni d'integrità, risulta semipermeabile per fessurazione-fratturazione secondaria, almeno in un consistente livello superficiale; in tal senso le proprietà idrogeologiche del mezzo dipendono, oltre che dalla natura della matrice rocciosa, anche e soprattutto dalle diverse famiglie di discontinuità, che costituiscono, infatti, vie di circolazione preferenziali in rapporto al loro assetto strutturale, persistenza, spaziatura, apertura e possono innescare una circolazione idrica da sub-superficiale a profonda; nei livelli calcarei particolarmente puri si possono verificare fenomeni di dissoluzione carsica, ben visibili nel settore sommitale della porzione meridionale della falesia, che comportano l'allargamento delle fratture e dei giunti esistenti;
- le coperture sciolte naturali sono ascrivibili a terreni permeabili per porosità con coefficienti variabili, tendenzialmente medio-bassi per la presenza di sacche di materiale fine che influenzano significativamente il valore medio di permeabilità;
- le zone urbanizzate sono di solito caratterizzate da coperture impermeabili o a bassa conducibilità idraulica e sistemi di raccolta artificiali delle acque.

Il modello idrogeologico che ne deriva comporta la formazione di emergenze idriche al contatto tra livelli stratigrafici con differente grado di permeabilità, ben evidenti soprattutto nel settore meridionale del comparto, dove la presenza di vegetazione idrofila indica una significativa circolazione delle acque, verosimilmente lungo le discontinuità dell'ammasso roccioso.

Gli interventi di bonifica idraulica e idrogeologica attuati nel I° lotto dei lavori hanno consentito di ridurre, almeno nell'ambito del settore sud-orientale del cimitero, sia i

fenomeni di infiltrazione in profondità delle acque di provenienza meteorica sia i processi di dilavamento ed erosione superficiale sulla parete della falesia; analoghe modalità interventuali dovranno essere realizzate anche negli altri settori, creando una rete di drenaggio superficiale e sub-corticale in grado di garantire la raccolta delle acque sui piazzali e sulle aree pavimentate, costruendo nuove cunette, canali grigliati, trincee drenanti e condotte di raccolta facenti riferimento direttamente in mare.

Per quanto attiene in particolare alla circolazione profonda, si anticipa che la messa in opera di sonde freatimetriche in continuo all'interno di tubi piezometrici, che saranno appositamente realizzati nelle fasi progettuali successive, consentirà la misura delle pressioni neutre nel sottosuolo e quindi la valutazione della soggiacenza della falda nel tempo in rapporto al regime pluviometrico dell'area e alle variazioni del livello medio marino che costituisce il più tipico livello di base dinamico.

3. STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE PRELIMINARI

L'assetto stratigrafico in corrispondenza della piana cimiteriale prevede la sovrapposizione di una copertura sciolta rimaneggiata, frammista a riporti, avente potenza inferiore a 2 m, al substrato lapideo flyschoide in condizioni di conservazione variabili, mentre lungo la falesia l'ammasso roccioso è ovviamente affiorante con continuità.

Sulla base dei dati ad oggi disponibili, è possibile in questa sede proporre alcuni parametri geotecnici e geomeccanici preliminari, in larga parte desunti da valori basati dall'esperienza personale e dal confronto con prove di laboratorio condotte su materiali simili, che dovranno essere validati o rettificati nel corso delle successive fasi progettuali durante le quali, come detto, saranno condotte specifiche indagini geognostiche e geofisiche.

3.1. COPERTURA SCIOLTA E RIPORTI

Si tratta di un livello ampiamente rimaneggiato, costituito da una prevalente frazione sabbioso-limosa in matrice argillosa con ghiaia e scaglie lapidee, frammisto a riporti eterogenei.

Come già accennato, in genere lo spessore delle coperture sciolte presenti in sommità al terrazzo marino non supera 1.5-2.0 m.

I terreni sono assunti a comportamento geotecnico a grana grossa: la densità secca può essere posta mediamente intorno 14-15 kN/m^3, mentre in condizioni naturali, prossime alla saturazione, il peso di volume si attesta su valori oscillanti tra 17 kN/m^3 e 19 kN/m^3.

Per quanto attiene ai parametri di resistenza al taglio, si può stimare un valore di angolo di attrito efficace di 28°÷30° e coesione drenata c' da nulla a trascurabile.

3.3. AMMASSO ROCCIOSO

Sulla base di un rilevamento geologico-strutturale e geomeccanico preliminare, effettuato anche tramite calate in parete di tipo alpinistico e ispezioni da mare, è stato possibile definire un quadro dei sistemi di discontinuità prevalenti e individuare quindi i potenziali cinematismi che derivano dalla loro intersezione; valutazioni analitiche più approfondite dovranno comunque essere sviluppate nel corso delle successive fasi progettuali in modo da distinguere le famiglie di giunti caratteristiche dell'ammasso da quelle di neoformazione connesse al detensionamento della roccia.

In corrispondenza del promontorio più pronunciato verso mare (***Fig. 5***) le peculiarità dei piani di stratificazione e delle famiglie di giunti più rappresentate sono le seguenti:

- stratificazione ST – direzione NE-SO, immersione prevalente verso NO, inclinazione in genere tra 10° e 20°, localmente fino a 35-40° in funzione delle deformazioni duttili, la spaziatura dipende dallo spessore degli strati (da centimetrico a metrico), superficie da liscia a leggermente rugosa, sigillata o con apertura da millimetrica a centimetrica;
- discontinuità K1 – direzione N140, immersione SO, inclinazione molto elevata, spaziatura da decimetrica a metrica, superficie da scabra a mediamente liscia, giunti con apertura da millimetrica a centimetrica fino a pluridecimetrica, spesso beanti e carsificati nei livelli superficiali o riempiti di materiale terroso;
- discontinuità K2 – direzione N20, immersione verso ESE e inclinazione elevata, la spaziatura risulta da decimetrica a metrica, giunti rugosi con apertura da millimetrica a centimetrica fino a pluridecimetrica, spesso beanti senza riempimento o con calcite secondaria;
- discontinuità K3 – direzione N100, immersione verso S, inclinazione 70-80° fino a subverticale, la spaziatura risulta da decimetrica a metrica, giunti rugosi con apertura da millimetrica a centimetrica, spesso beanti o con calcite secondaria;

- discontinuità K4 – direzione N70, immersione prevalente verso SSE e localmente verso NO in funzione della verticalità dell'inclinazione, spaziatura da decimetrica a metrica, giunti rugosi con apertura da millimetrica a centimetrica, beanti o riempiti di calcite secondaria o materiale terroso.

In particolare, l'intersezione tra tutte le famiglie di discontinuità comporta scivolamenti a cuneo dei blocchi rocciosi verso sud sul fronte meridionale e verso ovest sul fronte occidentale, mentre le discontinuità K1 sul fronte occidentale e K3 e K4 sul fronte meridionale comportano scivolamenti di tipo planare lungo superfici subverticali (***Fig. 6***).

La giacitura delle principali discontinuità in rapporto all'esposizione delle pareti rocciose è chiaramente desumibile dal rilievo, tramite tecnica laser scanner, dei due fronti principali della falesia: infatti, il settore più esposto verso mare dell'ambito occidentale è caratterizzato da sistemi di fratture beanti immergenti verso SO, che possono dare luogo anche a distacchi di volumetria significativa, mentre sul lato più meridionale della suddetta propaggine morfologica le fratture immergono in genere verso il quadrante sud-orientale (ESE, SE, S) (***Fig. 7***). La disposizione dei sistemi di frattura in rapporto all'andamento della falesia è riscontrabile anche nelle sezioni geologiche schematiche (***Figg. 8a-8b)***.

Si sottolinea che la disposizione geometrica delle famiglie di discontinuità in rapporto alla giacitura della stratificazione, unitamente allo stato di marcata degradazione chimico-fisica dell'ammasso roccioso, fanno ipotizzare nell'ambito sopra descritto potenziali dislocazioni, con conseguente crollo, di prismi rocciosi che complessivamente potrebbero interessare svariate centinaia di metri cubi.

Lungo il fronte sud-orientale, inoltre, è ben visibile una superficie di faglia inversa o di compressione, anch'essa immergente verso SO, che separa nettamente il settore più orientale, dove è possibile distinguere una fascia inferiore caratterizzata da strati marnosi medi e sottili intensamente deformati e quindi maggiormente soggetti all'azione demolitrice del mare, da quello meridionale nella cui porzione superiore, come sopra esposto, l'ammasso roccioso risulta molto fratturato e disarticolato in maniera decisamente pervasiva.

Nella presente fase preliminare, considerando ovviamente l'ammasso roccioso strutturato ed escludendo quindi le porzioni lapidee relitte completamente degradate ed alterate, si può adottare un modello geomeccanico *continuo-equivalente* e fare riferimento alla classificazione tecnica di Bieniawski (1989), con la quale si può assegnare un valore medio

dell'indice B_{RMR} compreso tra 35 e 45 (classi IV scadente e III discreta), da cui si ottiene un intervallo di valori dell'angolo di attrito di 20°-25° e di coesione di 150-200 kPa.

Nel caso invece sia ritenga di adottare il modello *discontinuo*, valutando quindi le caratteristiche di resistenza della roccia e i possibili cinematismi di rottura lungo le principali superfici di discontinuità, dovranno essere accertati, in rapporto alla tensione litostatica di riferimento, la resistenza a compressione del giunto (J.C.S.), la sua rugosità (J.R.C.), il grado di alterazione e l'eventuale presenza e natura del materiale di riempimento tra i giunti stessi; in via del tutto preliminare, tenendo conto di una profondità di indagine dell'ordine di 20-25 m, per le singole discontinuità si possono considerare cautelativamente valori dell'angolo di attrito compresi tra 33° e 38° e valori di coesione compresi tra 25 e 50 kPa.

Nel corso delle successive fasi progettuali, quando saranno disponibili i risultati di indagini geognostiche dirette e i campioni prelevati potranno essere sottoposti a specifiche prove di laboratorio, sarà possibile definire nel dettaglio e quindi validare o rettificare la parametrizzazione geomeccanica dell'ammasso lapideo in termini di modello sia *continuo-equivalente* sia *discontinuo*.

4. QUADRO DEGLI INTERVENTI ATTUATI IN PASSATO

Una fase progettuale iniziale degli interventi relativi al consolidamento della falesia del cimitero di Sori capoluogo, sviluppata nel 2006, consentì di attuare un primo lotto di lavori tra il 2007 e il 2008.

Nel corso degli studi geologici condotti in tale contesto (GEOSARC, 2006) la falesia era stata suddivisa in quattro settori, ognuno dei quali era stato analizzato nel dettaglio al fine di definirne le problematiche, le criticità e i possibili interventi. I settori individuati erano stati:

- settore 1, rappresentato dalla porzione di parete rocciosa rivolta a sud nella sua parte più orientale, a sua volta suddivisa in due sottozone, una superiore e una inferiore;
- settore 2, che si sviluppa sulla medesima parete meridionale, nella sua parte più occidentale;
- settore 3, costituito dalla porzione rocciosa più prominente del promontorio, che unisce la parete sud con la parete ovest;
- settore 4, che riguarda la parete rivolta a ponente.

Le opere eseguite nel primo lotto riguardavano il settore 1 sopra citato, con riferimento ad alcune criticità ritenute prioritarie e urgenti, valutate sulla base della disponibilità finanziaria dell'Amministrazione comunale di Sori e del rischio per la pubblica incolumità e per le strutture del complesso cimiteriale.

Le linee di intervento privilegiate in questa prima fase erano state pertanto:

- la riorganizzazione e la disciplina dei deflussi idrici superficiali e sub-superficiali al fine di ridurre i fenomeni di infiltrazione in profondità delle acque di provenienza meteorica e i processi di dilavamento ed erosione superficiale sulla parete della falesia; a tale scopo si era realizzata una rete di drenaggio superficiale e sub-corticale in grado di garantire la raccolta delle acque sui piazzali e sulle aree pavimentate, creando nuove cunette, canali grigliati, trincee drenanti e condotte di raccolta convogliate interamente nell'adiacente Rio Bossoleto;
- il consolidamento e il sostegno strutturale degli strati rocciosi più aggettanti della falesia, in evidente stato di equilibrio precario, si sono concretizzati mediante la costruzione di sostegni strutturali dal basso (contrafforti e scogliere) e palificazioni di cucitura dall'alto della scarpata rocciosa; sono stati inoltre eseguiti disgaggi di parti pericolanti e messa in opera di reti corticali antierosive sui cigli più esposti, oltre a potature e tagli selettivi di piante aggettanti.

Sul settore 1 si ritiene che i lavori attuati abbiano raggiunto un buon grado di sistemazione definitiva, costituendo di per sé un lotto funzionale, anche se alcuni interventi sui contrafforti in c.a. esistenti potrebbero mitigarne l'impatto visivo.

Si sottolinea inoltre che nel 2020 è stata realizzata nello specchio antistante il promontorio del cimitero un'importante opera di difesa a mare, rappresentata da una scogliera in massi di IV categoria disposta ad arco con sviluppo compreso tra il settore meridionale dell'area cimiteriale e l'estremità del molo che delimita la piccola spiaggia alla base della passeggiata, che ha permesso di garantire un'ulteriore efficace protezione della falesia, costituendo un elemento di considerevole dissipazione del moto ondoso incidente.

5. INTERVENTI A PROGETTO E FASI REALIZZATIVE

Tenuto conto dello stato dei luoghi e della necessità di poter accedere alle aree di cantiere in condizioni di sicurezza per le maestranze e valutate le problematiche in atto e la loro tendenza evolutiva, è stata definita una sequenza di fasi realizzative delle lavorazioni sinteticamente descritte nel seguito.

FASE A - PERIMETRAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE, INTERVENTI DI VERIFICA DELLE PARTI INSTABILI E MESSA IN SICUREZZA PRELIMINARE DEI FRONTI ROCCIOSI

A.1 Apertura del cantiere, individuazione delle aree di deposito materiali, definizione delle vie di accesso, posa di cartellonistica e recinzioni.

A.2 Segnalazione dello specchio acqueo sottostante la falesia per una larghezza non inferiore a 20-30 metri dalla linea di costa, da effettuarsi con gavitelli e cartelli segnalatori.

A.3 Taglio della vegetazione arbustiva che cresce sul margine della falesia, taglio delle alberature maggiormente aggettanti e potatura o sfoltimento delle chiome degli alberi ritenuti più instabili. Seguiranno il rilievo e l'ispezione di dettaglio della porzione sommitale della falesia, attualmente occultata dalla vegetazione, da effettuarsi, per quando possibile, nel corso delle fasi di progettazione definitiva ed esecutiva quando potrà essere valutata l'eventuale installazione di una barriera paramassi a dissipazione di energia al fine di proteggere le maestranze che lavoreranno alla base della falesia.

A.4 Primi interventi di consolidamento e supporto della struttura della cappella funeraria, tesi principalmente a tutelare la sicurezza delle maestranze che opereranno sul fronte e al piede della falesia, con eventuali micropali perimetrali e/o sottofondazioni, eventuali puntellamenti, anche provvisionali ove risultino necessari, tenendo conto della sua vicinanza al ciglio di scarpata e della presenza del vano con i loculi sul lato settentrionale.

A.4 Verifica delle porzioni pericolanti lungo il ciglio superiore della parete rocciosa, tramite calate con tecniche alpinistiche in grado di effettuare osservazioni puntuali; segnalazione dei blocchi di roccia disarticolata destinati al disgaggio; verifica della

solidità delle porzioni di rete già presenti nella porzione superiore della falesia sud-orientale.

FASE B - INTERVENTI PROVVISIONALI DI SOSTEGNO DEL FRONTE ROCCIOSO SUL LATO MERIDIONALE

B.1 Disgaggio delle parti maggiormente instabili della parete rocciosa, da condurre dall'alto verso il basso, per fasce successive a partire dal coronamento; valutazioni sulla eventuale demolizione del manufatto bellico (postazione di mitragliatrice), posto ad oriente rispetto alla cappella funeraria, che risulta in condizioni di equilibrio molto precario.

B.2 Realizzazione, su ogni fascia disgaggiata, di chiodature ed eventuali pannelli in fune d'acciaio ad alta resistenza per il consolidamento dei blocchi di maggiori dimensioni, ove risulti non possibile o non opportuna la loro rimozione.

B.3 Nelle fasce dove le attività di cui ai punti B1 e B2 sono state completate, stabilizzazione corticale con posa in opera in aderenza di reti metalliche a doppia torsione, atte a evitare la caduta di blocchi lapidei di piccole dimensioni, armate con un reticolo di contenimento in fune metallica, oppure sovrapposte ad una rete in fune metallica. Le reti saranno mantenute aderenti al fronte roccioso mediante chiodature realizzate su una maglia relativamente ravvicinata.

B.4 Una volta completate le fasi da B.1 a B.3, identificazione e rilevo del solco di battente e delle cavità presenti alla base della falesia, rimuovendo temporaneamente, dove necessario, i massi attualmente collocati al piede del fronte roccioso.

FASE C - COSTRUZIONE DELLA BASE DI APPOGGIO IN CEMENTO ARMATO

C.1 Posa in mare di panne e barriere anti-intorbidamento nell'intorno dell'area di lavoro; posa di teli di geotessile opportunamente ancorati con corpi morti installati da sommozzatori a coprire e proteggere le aree ove sono presenti maggiori concentrazioni di *Posidonia oceanica*.

C.2 Rimozione dei massi attualmente collocato al piede della falesia e messa a nudo del fondale roccioso.

C.3 Posa di casseforme di contenimento, realizzate in legname, fissate alla roccia lungo il perimetro della base di appoggio sino ad una altezza di circa 2 m fuori acqua.

C.4 Fornitura e posa tramite pontone di massi di I e II categoria movimentati tramite grappo per realizzare uno strato di massi sino alla quota di circa +1.50 m s.l.m.

C.5 Sopraelevazione della casseratura sino alla quota di +4.00-4.50 m s.l.m.

C.6 Armatura e getto della fondazione in c.a. tra +1.50 e +3.50-4.00 m s.l.m. sulla quale saranno impostati i pilastri. In alternativa, potrà essere considerata la soluzione di realizzare una fondazione in calcestruzzo direttamente a contatto con il substrato roccioso, eventualmente ancorata in roccia mediante micropali. Sulla base delle valutazioni analitiche relative alle sollecitazioni in fondazione, da definire nelle fasi di progettazione definitiva-esecutiva, potrà essere considerata una fondazione in calcestruzzo direttamente a contatto con il substrato roccioso, eventualmente ancorata in roccia, ad esempio mediante micropali.

C.7 Posa di massi di IV categoria a protezione del fronte dell'imbasamento.

C.8. Realizzazione di struttura di appoggio in c.a. di imbasamento dei contrafforti in elevazione.

FASE D - REALIZZAZIONE DEI CONTRAFFORTI IN ELEVAZIONE

D.1 Costruzione di ponteggi appoggiati alla base e opportunamente ancorati alla parete di roccia; i ponteggi devono poter consentire l'accesso delle maestranze e delle attrezzature ai vari piani di lavoro.

D.2 La fornitura dei materiali avverrà tramite mezzo marittimo, anche se il cantiere si svolgerà a terra. Dal pontone saranno traferite casseforme, centine, barre di acciaio, sonde per le perforazioni, strumentazioni varie e dal medesimo pontone potranno essere eseguiti i getti tramite betoniera con pompa.

D.3 Si procederà dal basso con fasi realizzative rampanti, sino a raggiungere la quota stabilita per la realizzazione della struttura di contenimento superiore (corona). Sui contrafforti saranno impostati i tiranti di ancoraggio.

D.4 Al termine di ogni fase saranno installati i tiranti eseguendo le necessarie perforazioni e procedendo all'installazione dell'armatura, all'iniezione del foro con miscela cementizia, alla messa in tiro e al bloccaggio della testata. Contestualmente alla messa in tiro, le testate di alcuni tiranti saranno equipaggiate con celle di carico toroidali per il

monitoraggio di lungo termine. I tiranti saranno di tipo permanente e saranno armati con barre in acciaio speciale tipo Dywidag, oppure con trefoli in cemento armonico, debitamente protetti dalla corrosione.

D.5 Analogamente, al termine di ogni fase, potranno essere installate, sulla porzione di fronte roccioso compreso tra ogni coppia di pilastri, le canne drenanti e le chiodature integrative previste a progetto.

FASE E - COSTRUZIONE DELLA CORONA SUPERIORE

E.1 Realizzazione di ponteggio aereo in quota (+22 m s.l.m. circa) per la costruzione della corona di placcaggio superiore della parte più alterata e critica della falesia.

E.2 I materiali e gli strumenti saranno trasportati via mare e scaricati sulla piattaforma di base e da questa sollevati tramite castelli di tiro con argani. I getti di calcestruzzo saranno effettuati da stazioni di betonaggio e pompe posizionate su pontone o chiatta.

E.3 Anche la corona superiore sarà dotata di dispositivi di ancoraggio tramite tiranti e avrà uno spazio distaccato dalla roccia per lo scarico delle acque di percolazione e per consentire il contenimento di eventuali cadute di blocchi.

E.4 ripristino del coronamento e dell'area sommitale della falesia con predisposizione del sistema di drenaggio superficiale. Consolidamento definitivo della cappelletta funeraria con rimozione delle eventuali strutture di sostegno provvisionali.

FASE F - REALIZZAZIONE DI BERME FRANGIFLUTTI AL PIEDE

F.1 Fornitura di massi di III-IV categoria trasportati via mare tramite pontone e movimentati tramite gru con grappo a polipo per formare una berma radente con funzione di frangiflutti. Tutti i massi saranno posti alla rinfusa, con spigoli vivi e con piano superiore irregolare; la struttura deve risultare con un indice dei vuoti tale da garantire un effetto “filtro”, e una dissipazione dell’energia del moto ondoso incidente; deve essere evitata una posa di massi eccessivamente accostati, che accentuerebbe l’effetto di run-up delle onde sulla scogliera.

F.2 La berma sul lato sud-est sarà realizzata con massi di IV categoria (peso unitario superiore a 7 tonnellate), posati su doppio strato con quota di sommità a +3,00 m s.l.m. larghezza in testa variabile da 5,00 m a 8,00 m e paramento inclinato di 2/3 (circa 34°).

F.3 La berma sul lato sud-ovest sarà realizzata con massi di III categoria (peso unitario compreso tra 4 e 7 tonnellate), posati su doppio strato con quota di sommità a +2,50 m s.l.m. larghezza minima in testa di 3,00 m e paramento inclinato di 2/3 (circa 34°).

F.4 Su entrambi i lati occorrerà stabilizzare le zone interessate dalla presenza del solco di battente o di cavità indotte dal moto ondoso, laddove potrebbero determinare fenomeni di instabilità. In fase di progettazione preliminare si ipotizza di procedere, a seconda dei casi, con l'intasamento totale o parziale delle cavità con conglomerato cementizio di opportune caratteristiche, oppure mediante setti in c.a. opportunamente collocati.

6. PROGRAMMA INDAGINI GEOGNOSTICHE E MONITORAGGI

Al fine di ricostruire in modo esaustivo il modello geologico del sito di interesse e quindi identificare le più opportune metodologie di intervento per il consolidamento e la bonifica idrogeologica della falesia su cui insiste l'area cimiteriale, è necessario condurre in sommità una specifica campagna di indagini geognostiche consistente in n. 3 sondaggi a carotaggio continuo e n. 3 sondaggi a distruzione di nucleo in adiacenza, tutti di lunghezza pari ad almeno 30-35 m.l., con condizionamento dei fori rispettivamente con tubi inclinometrici e tubi piezometrici corredati da caposaldi topografici per lettura G.P.S.

In questo modo, al fine di consentire la progettazione strutturale delle opere di consolidamento da predisporre nelle successive fasi progettuali, sarà accertato l'assetto stratigrafico, geotecnico, idrogeologico del sottosuolo, con particolare riferimento alle caratteristiche geomeccaniche e allo stato di conservazione dell'ammasso roccioso, oltre che alla circolazione idrica in profondità.

I dati puntuali dei sondaggi potranno essere raccordati da specifiche prospezioni geofisiche, in particolare indagini sismiche a rifrazione e MASW, allo scopo di accertare eventuali variazioni nell'assetto sismo-stratigrafico profondo, oltre ad individuare la categoria di sottosuolo ai sensi delle N.T.C. 2018.

Le attività di monitoraggio geotecnico saranno sviluppate sia con misure inclinometriche in continuo, tramite sonda robotizzata, sia manualmente in maniera tradizionale, mentre per quelle di carattere idrogeologico saranno utilizzati i dati rilevati in continuo dalle centraline piezometriche in rapporto sia al regime pluviometrico dell'area sia alle variazioni del livello medio marino in occasione di mareggiate di particolare intensità.

Relativamente al monitoraggio geotecnico automatico, si potrà fare riferimento ad es. a clinometri, fessurimetri, estensimetri, alcuni recentemente installati in corrispondenza rispettivamente di fessurazioni nei corpi loculi e di fratture in parete nell'ambito dell'ammasso roccioso, che potranno essere implementati con la posa in opera di ulteriori dispositivi di misura.

Infine, sull'intera area cimiteriale e sulla falesia sottostante potrà essere condotto un rilievo differenziale con tecnica aerofotogrammetrica e tramite laser scanner in modo da individuare eventuali variazioni morfologiche superficiali connesse a movimenti gravitativi.

7. ANALISI DEGLI IMPATTI GEOLOGICI E CONCLUSIONI

Gli interventi ipotizzati in questa sede comportano una serie di impatti di carattere geologico che interessano con effetti positivi:

- le acque superficiali, tramite il miglioramento e la regolarizzazione dei deflussi che interessano l'intera area cimiteriale, la minimizzazione delle infiltrazioni e dei fenomeni erosivi a carico sia dei terreni sciolti sia dell'ammasso roccioso costituente la falesia;
- le acque profonde, grazie al drenaggio e al controllo delle pressioni neutre e alla mitigazione della circolazione idrica nel sottosuolo;
- l'equilibrio geomorfologico della falesia, mediante la rilevante mitigazione dei fenomeni gravitativi, il contrasto all'erosione connessa all'ambiente marino, la difesa del suolo e il mantenimento dell'assetto tensionale soprattutto dei manufatti cimiteriali ma anche delle infrastrutture viarie a monte;
- l'azione del mare, ottenendo la sostanziale riduzione dell'azione demolitrice da parte delle mareggiate, grazie alla realizzazione di scogliere frangiflutti e all'intasamento degli sgrottamenti con getti di calcestruzzo a riempire le cavità alla base della falesia.

Le azioni di mitigazione degli impatti sopra descritti che saranno adottate consistono in:

- limitazione dell'attività di disgaggio dei prismi rocciosi in palese disequilibrio, esclusivamente connessa a garantire condizioni di sicurezza di lavoro per le maestranze, con conseguente minimizzazione delle modificazioni morfologiche della porzione sommitale della falesia;

- utilizzo per le reti armate, le chiodature e le funi di materiale non invasivo come l'acciaio, ponendo particolare attenzione ai dettagli relativi alla percezione visiva ravvicinata (taglio a raso delle barre, massima adesione delle fasciature, ecc.), valutato che dal mare l'intervento non risulterà assolutamente apprezzabile rispetto alle condizioni attuali;
- realizzazione di una struttura di consolidamento in c.a., di forma discontinua e con sviluppo ad arco, costituita da pilastri in elevazione e una corona sommitale di placcaggio, complessivamente piuttosto simile agli altri manufatti costruiti in passato lungo questo tratto di costa rocciosa caratterizzato da importanti fenomeni di instabilità gravitativa.

In conclusione, tenendo conto di tutto quanto sopra esposto, si esprime un giudizio positivo sulla compatibilità dell'intervento con le norme degli strumenti di pianificazione del territorio vigenti alla scala di bacino e comunale e si ritiene che le interferenze geologico-ambientali prodotte dagli interventi a progetto possano essere considerate accettabili in rapporto ai benefici che si possono ottenere a seguito della realizzazione delle opere.

Si valuta infatti che la soluzione progettuale proposta in questa sede sia idonea al consolidamento della falesia, essendo finalizzata a ripristinare le condizioni di sicurezza dell'area cimiteriale e, contestualmente, a presidiare la base della scarpata rocciosa in un settore costiero particolarmente vulnerabile, dove gli interventi attuati in passato devono essere implementati per ottenere significativi risultati favorevoli in termini sia di protezione civile sia di difesa del suolo.

Sori, settembre 2023

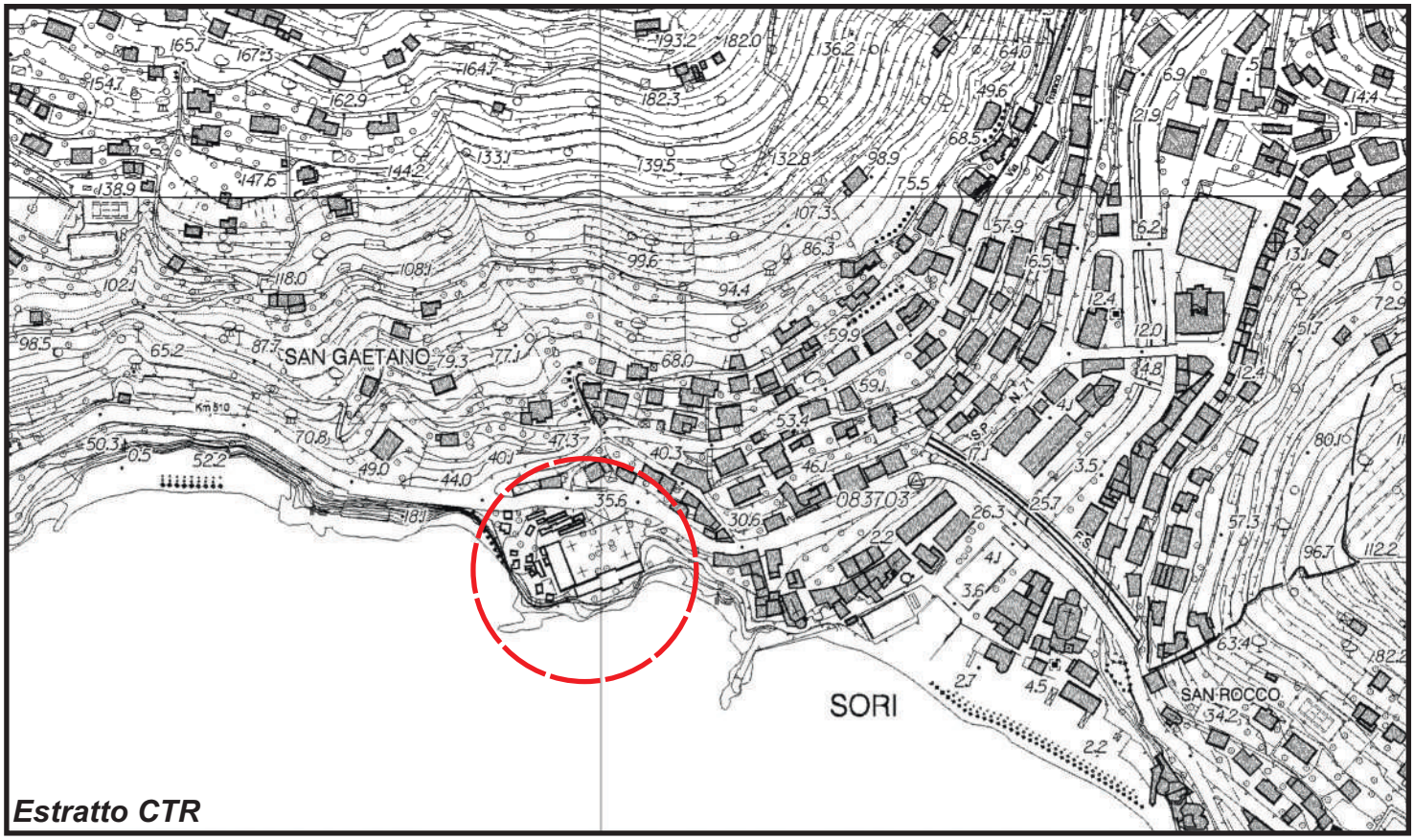
ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
A.P. n. 292
ANDREA ROBBIANO
GEOLOGO
data iscr. 12-01-1995

Dott. Geol. Andrea Robbiano

ALLEGATI

Figura n.	Oggetto
1	Inquadramento cartografico dell'area
2	Cartografia di Piano di Bacino – Ambito 14
3	Carta geologico-geomorfologica
4	Carta idrogeologica
5	Carta delle discontinuità in corrispondenza della cappella funeraria
6	Markland test in corrispondenza della cappella funeraria
7	Carta dei sistemi di discontinuità dei fronti rocciosi
8a-8b	Sezioni geologiche schematiche

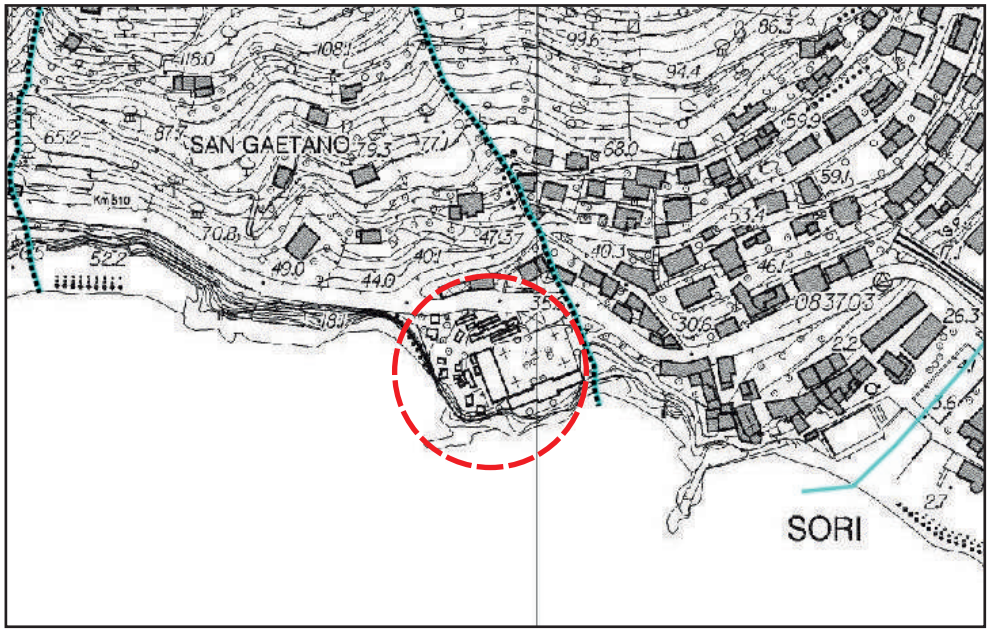
Documentazione fotografica





Area d'intervento

FIGURA 1
COROGRAFIA DELL'AREA
in scala 1:5000



Legenda

Corso d'acqua a cielo aperto

Corso d'acqua tombinato

Reticolo idrografico
DGR n.507/2019



Legenda

Frana per scorrimento/scivolamento attiva

Deformazione gravitativa profonda di versante

Carta della franosità reale



Legenda

Pg4 - molto elevata

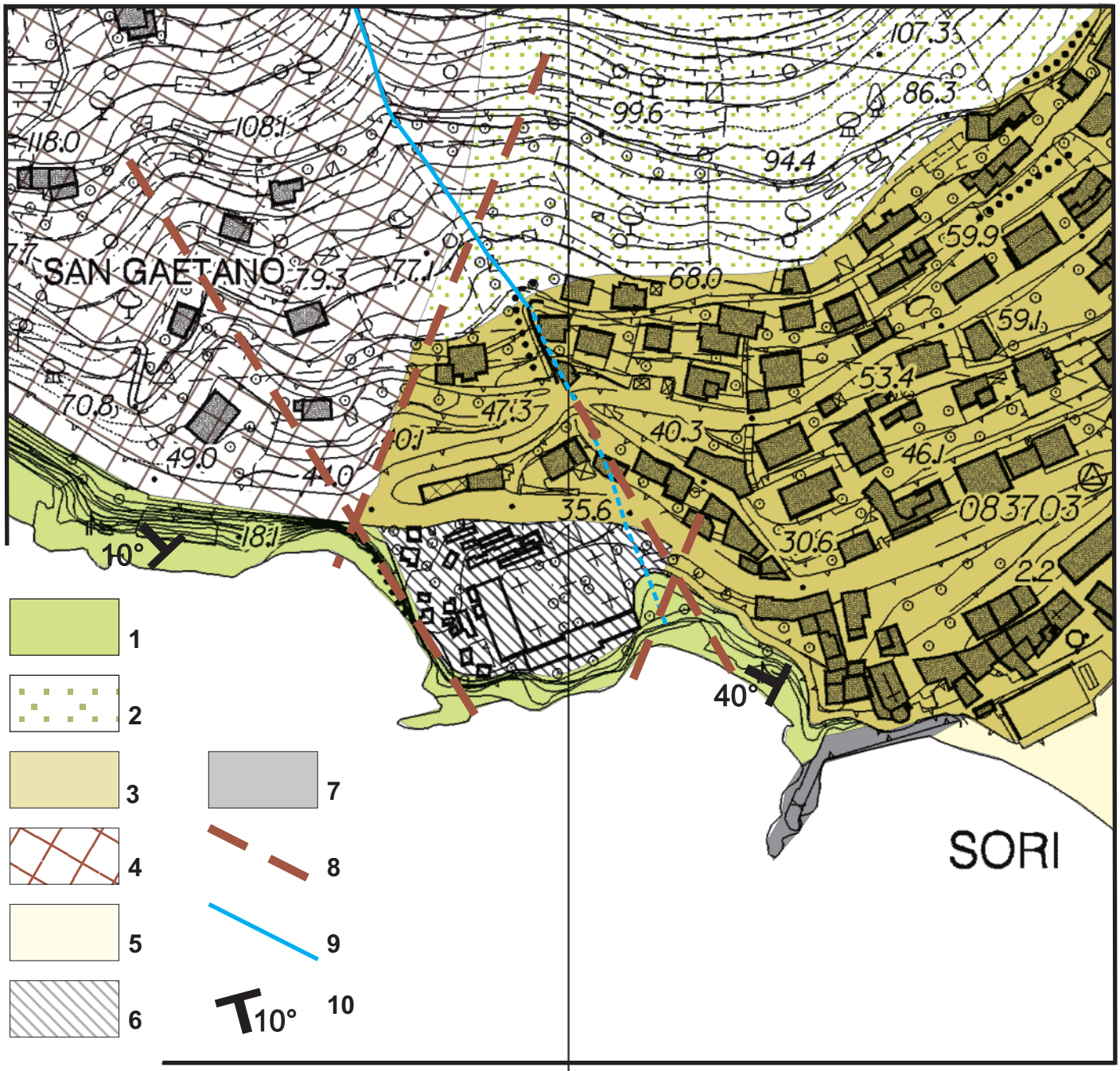
Pg3b - elevata

Pg2 - media

Pg1 - bassa

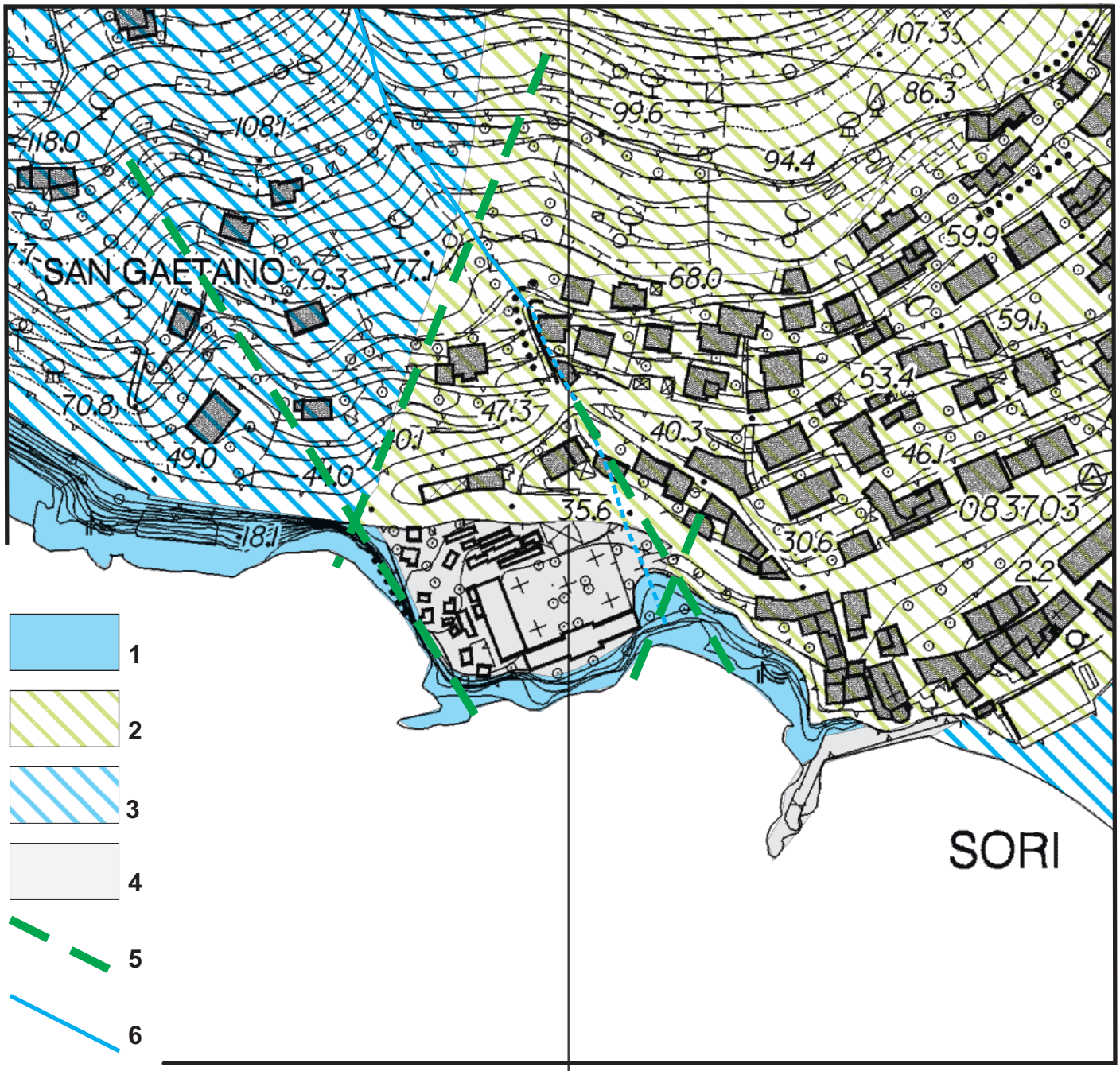
Carta della suscettività al dissesto

FIGURA 2
ESTRATTI CARTOGRAFICI PdB
Piano di Bacino Ambito 14
in scala 1:5000



1. Roccia affiorante (Flysch di Monte Antola) - falesie costiere attive - **2.** Coperture di natura eluvio-colluviale con spessore tra 2 e 3 m, rimaneggiate a terrazzamenti - **3.** Coperture di natura colluviale con spessore tra 3 e 5 m, profondamente modificate dagli interventi antropici - **4.** Corpi geomorfologici complessi (Deformazione gravitativa profonda di versante) - **5.** Depositi litoranei frammisti a depositi fluviali - **6.** Area cimiteriale - **7.** Moli, difese costiere - **8.** Principali discontinuità tettoniche - **9.** Principali linee di corrivazione, in tratteggio i tratti tombinati - **10.** Giaciture di strato.

FIGURA 3
CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA
in scala 1:2500



1. Formazioni permeabili per fessurazione e/o debole carsismo (Flysch di Monte Antola) - **2.** Terreni permeabili per porosità con coefficienti da medi a bassi. Acquifero con trasmissività limitata - **3.** Terreni permeabili per porosità con coefficienti da medi a elevati. Acquifero occasionale in funzione della stratigrafia locale - **4.** Aree modificate, sostanzialmente impermeabili (area cimiteriale, moli) - **5.** Discontinuità strutturali con significato idrogeologico - **6.** Principali linee di corrivazione, in tratteggio i tratti tombinati.

FIGURA 4
CARTA IDROGEOLOGICA
in scala 1:2500

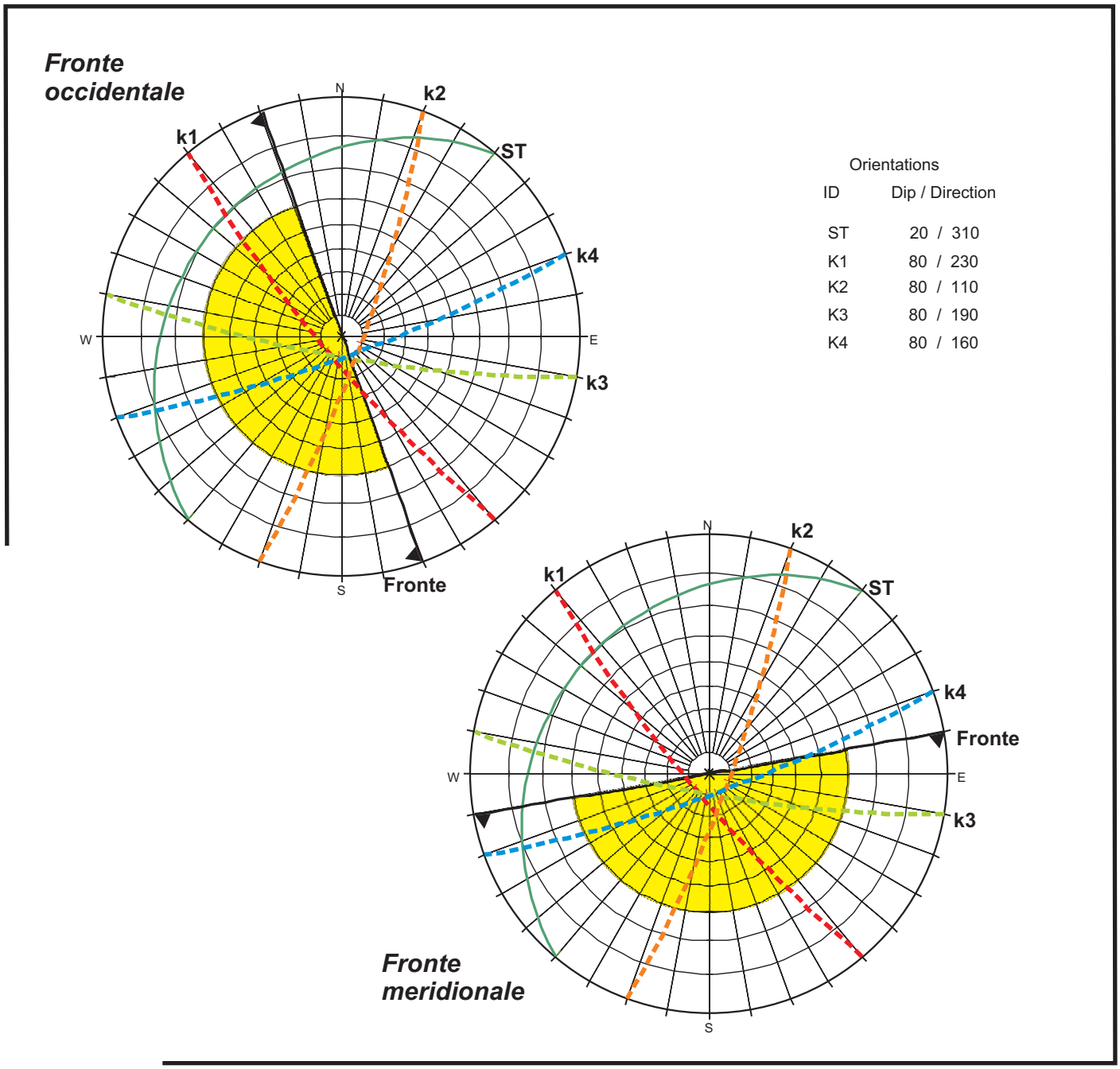


Giaciture delle discontinuità rilevate in fase preliminare sul fronte roccioso fronte mare (dir/imm)

Famiglie prevalenti
k1 230/80
k2 110/80
k3 190/80
k4 160/80

9 Traccia di sezione

FIGURA 5
CARTA DELLE DISCONTINUITA'
non in scala



Giaciture delle discontinuità rilevate in fase preliminare sui fronti rocciosi a mare (dir/imm)

Famiglie prevalenti
k1 230/80
k2 110/80
k3 190/80
k4 160/80

FIGURA 6
MARKLAND TEST

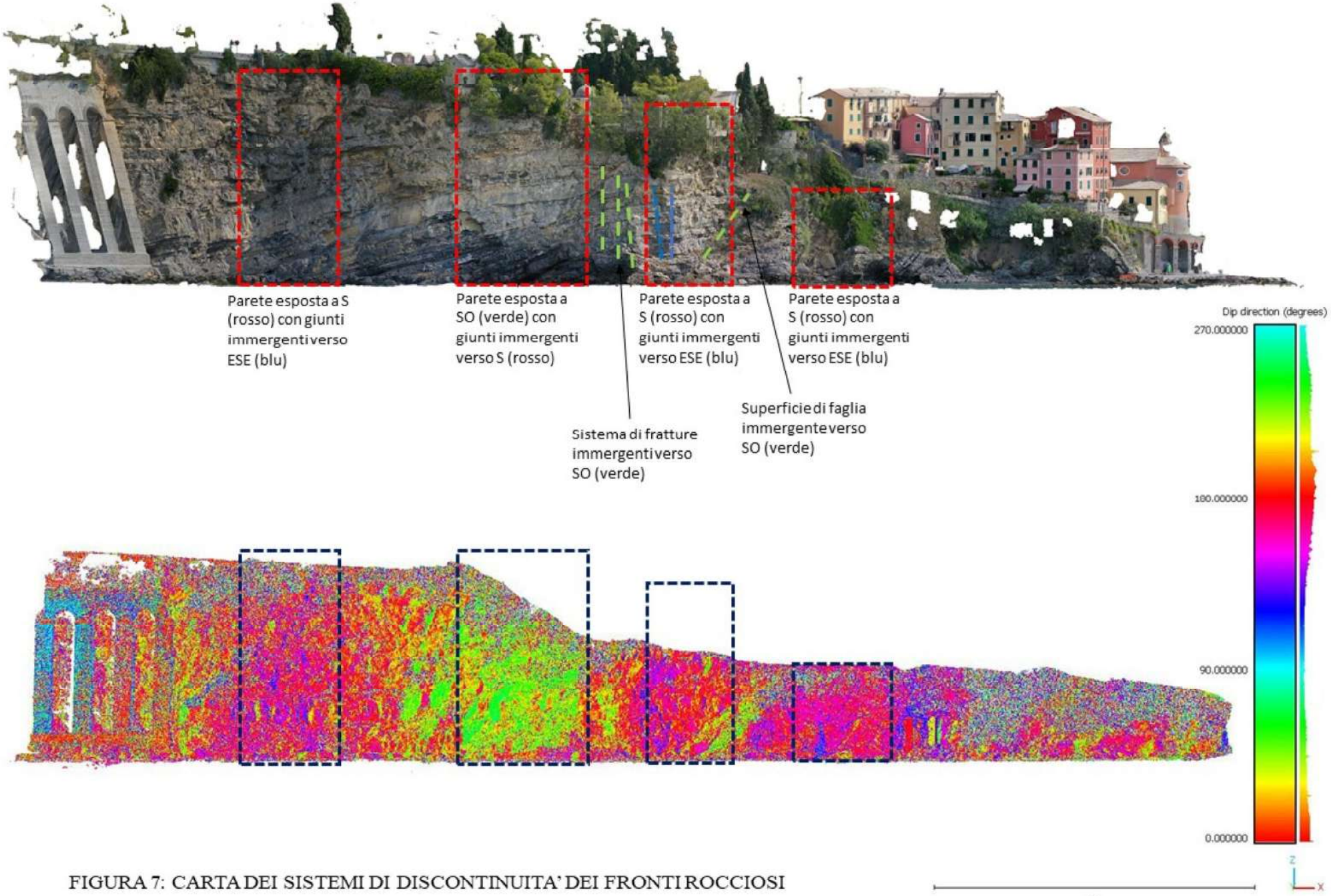
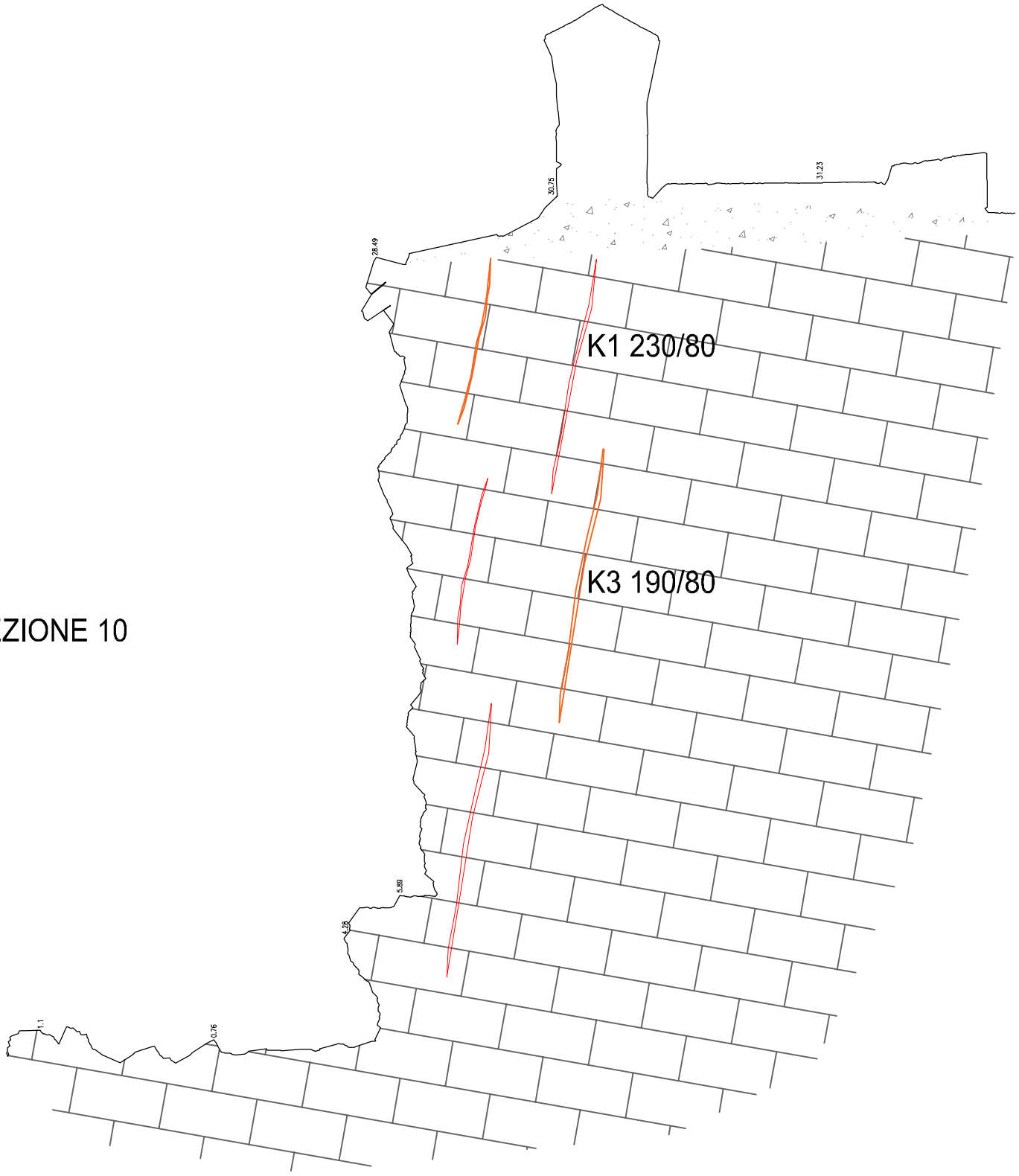


FIGURA 7: CARTA DEI SISTEMI DI DISCONTINUITA' DEI FRONTI ROCCIOSI



SEZIONE 9

FIGURA 8A
SEZIONI TIPO
in scala 1:200



SEZIONE 10

FIGURA 8B
SEZIONI TIPO
in scala 1:200



Foto 1: fronte meridionale della propaggine morfologica della falesia su cui sorge il cimitero di Sori



Foto 2: settore sommitale della suddetta propaggine dove sono chiaramente visibili i sistemi di fratturazione immergenti verso SO (famiglia di discontinuità K1)



Foto 3-4-5: particolare di una frattura K1 caratterizzata da apertura pluridecimetrica, presenza di riempimento terroso e scaglie lapidee; si osserva altresì una marcata alterazione e degradazione dell'ammasso roccioso



Foto 6: particolare di una serie di fratture K2 caratterizzate da assetto subverticale, apertura da pluricentimetrica a decimetrica, assenza di riempimento



Foto 7: settore occidentale della falesia caratterizzato da pervasivi ed estesi fenomeni di marcata alterazione dell'ammasso roccioso fino alla degradazione in scaglie, relitte di una tessitura lapidea originaria.