REGIONE LIGURIA
DIPARTIMENTO PROGRAMMI REGIONALI, PORTI, TRASPORTI, LAVORI PUBBLICI ED EDILIZIA
Settore Progetti Infrastrutture Viabilità Porti e Logistica

Anas S.p.A.
Direzione Centrale Progettazione

InfrastruttureLiguria
GRUPPO FILSE

CONVENZIONE DEL 14 SETTEMBRE 2009 TRA REGIONE LIGURIA E INFRASTRUTTURE LIGURIA S.R.L. PER LA REALIZZAZIONE DI ATTIVITÀ PER L'ATTUAZIONE DEL PROGRAMMA DI STUDI E PROGETTAZIONI INFRASTRUTTURALI STRATEGICHE

Oggetto:

VARIANTE DI TRACCIATO ALLA S.S.1 AURELIA – CAPO NOLI

Titolo:

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - INTEGRAZIONI

Doc. n: 02A\AUT\AMB\R005 _ ALLEGATO 3

Rev.	Data	Sez.	Pag.	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione
1	25/06/14	4	10	IL	FB	SB	Per Emissione

Spazio riservato alla codifica ANAS

CODICE PROGETTO	CODICE ELABORATO	RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
DP GE05 D 11 01	T 00 IA 00 AMB RE 06	*Ing. Nicola Dinnella*

PROVINCIA DI SAVONA

Settore Viabilità

RELAZIONE GEOLOGICA

INDAGINE GEOLOGICA DEL FRONTE ROCCIOSO
lungo la S.P. N.1 "VIA AURELIA", loc. Capo Noli
(km.590+950)



Giugno 2009

geosilt studio associato geologia Scarpati **www.geosilt.com**
pass.ta Cadorna 53 - 17021 ALASSIO (SV) - p.i. 01125430098 - tel/fax 0182/645727 - cell.: 3356195399
skype: scarpatiale e-mail: info@geosilt.com - a.scarpati@geosilt.com - geosilt@pec.it
COLLABORATORI: dott.ssa Marta Pirovano

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta, su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Savona, a seguito dell'evento franoso verificatosi in data 29 Marzo 2009, lungo la parete rocciosa a monte della S.P n°1 "via Aurelia" (ex S.S.1), al km 590+950 in località Capo Noli.

A seguito dei diversi sopralluoghi effettuati nell'area è stato messo in evidenza una situazione di pericolo incombente lungo tutto il fronte roccioso, per tali motivazioni oltre all'analisi geologica, geostrutturale e geomeccanica, verranno individuate le aree maggiormente critiche, in modo da proporre gli interventi di monitoraggio, bonifica e consolidamento atti alla messa in sicurezza.

Tali interventi possono essere suddivisi in tre fasi:

a) prima fase: interventi necessari alla mitigazione del pericolo incombente, quali il disgaggio e la rimozione dei volumi rocciosi instabili e il ripristino delle reti danneggiate, attraverso il rinforzo delle stesse a carattere puntuale, con la posa in opera di nuove chiodature;
b) seconda fase: posa in opera lungo tutto il fronte roccioso di reti elettrosaldate a maglia esagonale armate con funi, e nelle zone maggiormente critiche posa in opera di pannelli in funi metalliche;
c) terza fase: interventi di monitoraggio e di consolidamento puntuale delle masse litoidi, anche di grosse dimensioni, potenzialmente instabili, attraverso la chiodatura dei volumi isolati.

Nel lavoro che segue si possono individuare le seguenti parti:

- l'inquadramento geologico-geomorfologico: formulato sulla base dei dati geomorfologici, litologici e idrogeologici estrapolati dalle indagini storiche a disposizione sull'area indagata, analisi delle foto aeree, rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- il rilievo geostrutturale e geomeccanico: impostato attraverso i rilievi eseguiti in campagna, con l'individuazione delle principali famiglie di discontinuità e la differenziazione in termini di classificazione dell'ammasso roccioso;
- la stabilità del pendio: basato principalmente su dati geometrico-fessurativi degli ammassi litoidi e sui principali cinematismi che potrebbero generarsi, definendo in tal modo le aree maggiormente critiche, ovvero quelle caratterizzate da instabilità in atto o potenziali;

Per l'ubicazione topografica dell'area in oggetto, si rimanda allo Stralcio della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 (all.1).

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 11/03/1988 , a seguito dell'art.1 della L. n. 64/74 ed in aggiornamento al D.M. 21/1/1981, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", in applicazione della legge del 02/02/1974 n. 64 e Circ. LL.PP. 24/09/1988 n. 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni istruzioni applicative";

- D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni" – cap. 7 "Norme per le opere interagenti con i terreni e con le rocce, per gli interventi nei terreni e per la sicurezza nei pendii";

- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" – cap. 6 "Progettazione geotecnica" - cap. 7 "Progettazione per azioni sismiche";

3. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

3.1. Pericolosità idrogeologica

3.1.1 Conformita' con il piano di bacino sul rischio idrogeologico

A seguito di esame della cartografia del Piano di Bacino per la Tutela dal Rischio Idrogeologico nei bacini idrografici della Provincia di Savona scolanti nel Mar Tirreno, redatto ai sensi dell'art.1 comma 1 del D.L. 180/98, approvato dalla Provincia di Savona con D.C.P. n°47 del 25/11/03 ed aggiornato con D.C.P. n°17 del 29/03/0 4, si rileva quanto di seguito riportato.

Carta di Suscettività al Dissesto: l'area è ubicata in parte nella categoria "area a suscettività media Pg2", ed in parte nella categoria "area a suscettività alta Pg3a" (all.2a), ovvero aree in cui

sono presenti indicatori geomorfologici diretti, quali l'esistenza di frane quiescenti o di segni precursori o premonitori di movimenti gravitativi. In tali aree gli interventi ammessi non devono aumentare le condizioni di rischio rispetto a fenomeni di dissesto e non devono interferire negativamente con le condizioni di stabilità dell'intera area.

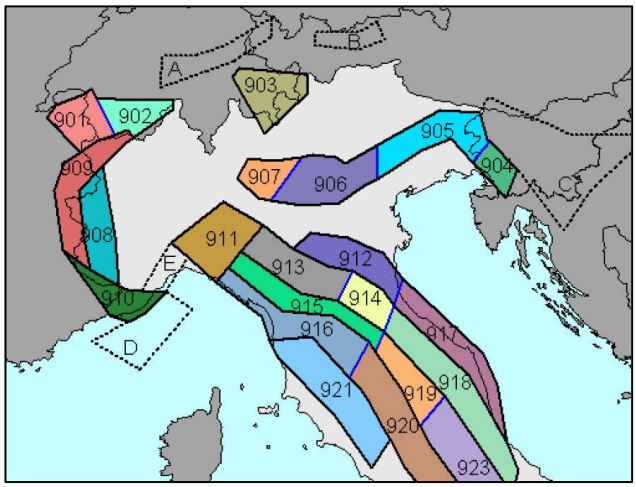
Carta del Reticolo Idrografico Principale: l'area di indagine non è ubicata nella fascia di rispetto di corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico principale (all.2a);

Carta degli Interventi: l'area è compresa nell'intervento n. 27 (M) che comporta il monitoraggio e lo studio del sito (all.2b).

L'intervento in progetto risulta pertanto conforme alle previsioni del Piano di Bacino sul Rischio Idrogeologico.

3.2 Pericolosità sismica

3.2.1 Zonazione sismogenetica

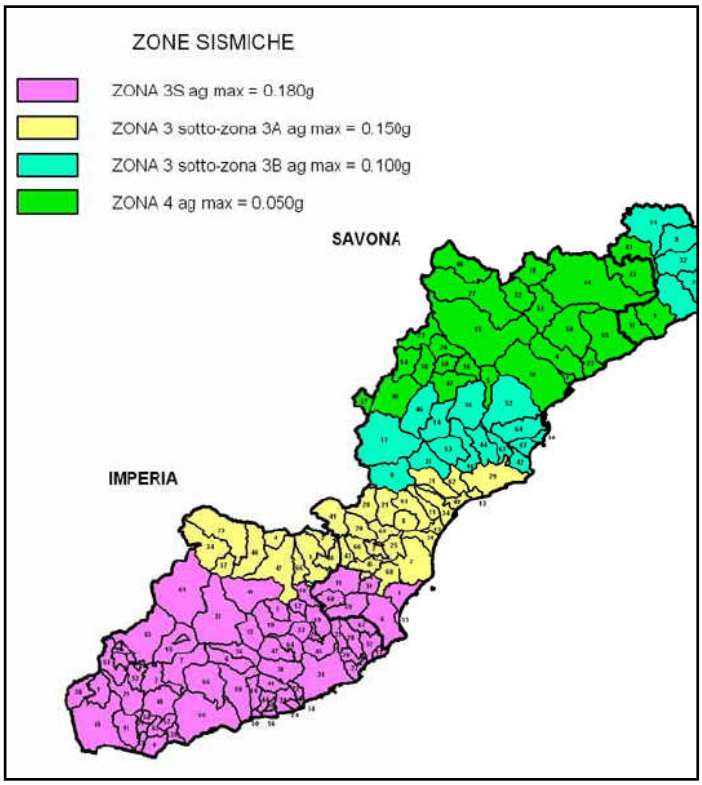


Per la valutazione del terremoto di progetto, cioè dell'evento sismico di riferimento rispetto al quale effettuare il dimensionamento dell'opera, si può utilizzare come riferimento lo schema proposto dal G.N.D.T., considerando i terremoti che ricadono nella zona sismogenetica di competenza.

Le zone sismogenetiche si individuano sulla base dell'omogeneità delle caratteristiche geologiche, geofisiche e di sismicità storica.

Ciascuna zona è caratterizzata da un sistema di strutture sismogenetiche consistente in uno o più sistemi di faglie maggiori, responsabili degli eventi a più alta energia, e numerose faglie minori, responsabili degli eventi a più bassa energia.

Il principale terremoto storico verificatosi nel ponente ligure è rappresentato dall'evento del 23 Febbraio 1887 (Ms=6.4), la cui ubicazione dell'epicentro (provincia di Imperia) è ancora incerta. Un altro evento di notevole importanza risulta essere il terremoto delle Alpi Marittime del 1564 (Ms=5.9), la cui posizione è controversa poiché non trova un chiaro riscontro in nessuna delle strutture "attive" presenti nell'area. Incertezze esistono anche per i terremoti verificasi in Mar Ligure nel 1963, di cui una delle due scosse principali ha avuto una magnitudo pari a Ms=5.9 (Eva et alii, 1999).



3.2.3 Classificazione sismica comunale

Il Comune di Noli è stato classificato zona a grado 3B ai sensi dell'Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", aggiornata con Ordinanza Presidente del Consiglio dei Ministri n.3316/2003.

3.2.4 Valutazione dell'accelerazione di progetto

3.2.4.1 Risposta sismica del sito

La normativa italiana (D.M. 14/09/2005 - "Norme Tecniche per le Costruzioni") prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	*Descrizione*
A	*Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.*
B	*Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30}, compresi fra 360 m/s e 800 m/s (Nspt>50 o coesione non drenata >250 kPa).*
C	*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s (15<Nspt<50, 70<cu<250 kPa).*
D	*Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di V_{s30}<180 m/s (Nsp<15, cu<70 kPa).*
E	*Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di Vs30 simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con V_{s30}>800 m/s.*

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	*Descrizione*
S1	*Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (IP>40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di V_{s30}<100 m/s (10<cu<20 kPa).*
S2	*Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.*

A seguito delle indagini geologico-tecniche riportate ai paragrafi successivi è possibile classificare il sito nella Classe A: di conseguenza, sulla base della zona sismica di appartenenza, si prevede un'accelerazione orizzontale massima al suolo pari a 0.100 g.

		Zone sismiche		
		3S	**3A**	**3B**
Categoria suolo	**S**	**Accelerazione orizzontale max =S*a_g**		
A	1,00	0,180 g	0,150 g	**0,100 g**
B	1,25	0,225 g	0,188 g	0,125 g
C	1,25	0,225 g	0,188 g	0,125 g
D	1,35	0,243 g	0,203 g	0,135 g
E	1,25	0,225 g	0,188 g	0,125 g

4. DESCRIZIONE EVENTO FRANOSO DEL 29.03.2009

L'evento franoso verificatosi alla fine del mese di marzo, lungo la Strada Provinciale N.1 "via Aurelia", in Località Capo Noli, nel Comune di Noli (SV), ha provocato la caduta di alcuni massi lungo la carreggiata stradale, in prossimità del km 590+950.

Tali massi, si sono distaccati dalla scarpata rocciosa sovrastante il sedime stradale, localmente sub verticale, strappando sia la rete paramassi, sia le funi di sostegno.

Dal punto di vista tipologico tale fenomeno è ascrivibile al crollo in roccia, dalla classificazione internazionale di Varnes (1978), con riferimento alla caduta libera che lo caratterizza, anche se nel presente caso è limitata a pochi metri.

Queste frane, come si vedrà nel dettaglio in seguito, risultano caratterizzate da un distacco improvviso di materiale lapideo, il cui movimento avviene per caduta libera, rimbalzo, rotolamento ed a volte scivolamento, spesso tra loro interagenti e ripetuti in rapida sequenza.

La "nicchia di distacco" risulta ben visibile, risalendo la parete rocciosa, ad una quota pari a circa 40-42 metri s.l.m..

Nei giorni successivi all'evento, durante le operazioni di disgaggio delle masse potenzialmente instabili e di ripristino delle reti danneggiate, si sono succeduti altri eventi franosi, arrestatisi principalmente lungo il sedime stradale.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

5.1. Caratteristiche geomorfologiche

La morfologia dell'area di Capo Noli risulta fortemente dipendente dalle condizioni geologiche di un ammasso roccioso litologicamente e strutturalmente complesso, connesso alla natura, allo stato di conservazione della roccia e alle strutture tettoniche in esso presenti.

Sulla base delle caratteristiche geomorfologiche il promontorio potrebbe essere suddiviso in due settori con caratteristiche differenti.

a) L'area esposta a SE, verso il Mar Ligure, risulta per nulla antropizzata, naturale, caratterizzata da forti pendenze, fino alla linea di costa, con quote che si aggirano intorno a 100-110 metri s.l.m., il substrato roccioso risulta affiorante e/o subaffiorante, costituito in prevalenza da formazioni calcaree e calcaree dolomitiche di età triassica; la vegetazione risulta nel complesso assente o molto sporadica, tranne alcune zone caratterizzate dalla presenza di coltre, costituita da un insieme etero metrico di blocchi rocciosi, immersi in una matrice limoso-argillosa. La zona è composta da una falesia subverticale, con tratti talora strapiombanti, aventi altezze comprese tra 50 e 70 metri e da un versante superiore con pendenze minori; risulta in generali condizioni di pericolosità in quanto caratterizzata da fenomeni di crollo di blocchi rocciosi.

b) Procedendo verso monte, l'acclività del promontorio si riduce, alcune zone risultano antropizzate, con la presenza di esti di antichi fortini e delle relative mura, inoltre si possono osservare zone subpianeggianti, indicative della possibile presenza di antichi terrazzi marini.

La forte disomogeneità morfologica tra le due aree prese in considerazione potrebbe essere imputata alla presenza di lineamenti tettonici sia paralleli alla costa sia trasversali alla stessa, come riscontrabile nella Carta Geologico-Geomorfologica (all.3).

Il settore di fascia costiera mostra caratteri tipicamente giovanili, dovuti alla struttura regionale ed alle caratteristiche litologiche: zona di sollevamento recente, è tutt'ora soggetto all'azione meccanica di scalzamento delle acque marine. La costa, infatti, risulta tipicamente alta e con pareti subverticali strapiombanti in mare: la spiaggia è quasi del tutto assente.

Le alte falesie, si mostrano incise a vari livelli, corrispondenti alle oscillazioni della linea di battente, più evidente laddove la roccia risulta più tenace, come nel promontorio in questione, con i calcari dolomitici che conferiscono alla costa strapiombante in mare un aspetto paesaggistico di notevole rilievo.

L'idrografia nella zona in questione è quasi del tutto assente, o almeno molto modesta, infatti le tenaci pareti costiere calcaree risultano solcate qua e là da incisioni ancora primordiali, nelle quali non possono insediarsi corsi d'acqua in grado di assicurare un rapporto solido continuo o granulometricamente adatto alla creazione del litorale; tutt'al più possono fungere da vie preferenziali di incanalamento per le acque di precipitazione conseguenti e violente.

I deflussi di superficie si manifestano prevalentemente per ruscellamento diffuso, con tracce particolarmente evidenti di deflussi concentrati, mentre si può notare la presenza di un' intensa erosione incanalata a nord-ovest del promontorio stesso.

La notevole diffusione in termini essenzialmente carbonatici ha favorito l'impostarsi di morfologie carsiche, talora assai sviluppate, sia superficiali sia profonde; da Finale Ligure fino a Bergeggi esistono molte caverne, tra queste possiamo ricordare: la Grotta della Galleria di Bergeggi,

creatasi nei calcari della Formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti, durante il Triassico; la Caverna di Marina di Bergeggi, nella quale si possono scorgere le oscillazioni altimetriche della crosta terrestre; la Grotta dei Falsari, presente a sud-ovest rispetto all'area di indagine.

5.2. Caratteristiche geologiche generali

5.2.1 Dominio Brianzonese Ligure

L'area in esame risulta caratterizzata da terreni ascrivibili al Dominio Brianzonese Ligure, il cui dominio inizia a differenziarsi da quello piemontese nel Trias superiore, e costituisce il prolungamento verso SE, dal Colle di Tenda fino al mare, del Brianzonese classico, rappresentando al tempo stesso parte di un dominio paleogeografico e di un complesso di unità tettoniche che si ritiene provengano da porzioni del paleocontinente europeo più prossime al margine.

Attualmente, da un punto di vista paleogeografico, quest'ultimo viene suddiviso in interno, intermedio ed esterno; da punto di vista litostratigrafico, a scala di dominio, vengono distinti un basamento cristallino pre-Carbonifero superiore (coinvolto in una o più fasi orogeniche prealpine), un tegumento Permo-Carbonifero (Carbonifero superiore-Permiano superiore, costituito da rocce silicoclastiche e vulcaniti intimamente legate al basamento) e una copertura Meso-Cenozoica (Trias inferiore-Eocene medio, rappresentata da successioni silicoclastiche e carbonatiche).

L'area indagata appartiene all'Unità Tettonica Monte Carmo-Rialto, rappresentata da una copertura Meso-Cenozoica, costituita da sedimenti che documentano una iniziale vicenda trasgressiva (quarzoareniti e quarzoconglomerati passanti a peliti e quindi a dolomie di piana tidale carbonatica, Trias inferiore-Ladinico), bruscamente interrotta da una fase di emersione (Trias superiore-Giurassico inferiore), cui fa seguito una nuova rapida trasgressione (calcari di piattaforma interna da prossimale a distale, Giurassico medio-superiore) che culmina con la deposizione di facies emipelagiche (argilliti, marne e calcari di piattaforma esterna, Cretacico-Eocene medio), il passaggio fra i termini giurassici superiori e quelli cretacici è normalmente documentato da un hard ground.

Di seguito verrà descritta nel dettaglio l'evoluzione stratigrafica del dominio anzidetto.

- Trias inferiore. Si manifesta l'ingressione marina, che inizia con quarziti scitiche ("Quarziti di Ponte di Nava"), passanti transizionalmente, attraverso alternanze di peliti, quarziti e calcari ("Peliti di Case Valmarenza") deposte in ambiente lagunare, a calcari e dolomie di piattaforma del trias medio ("F.di Costa Losera") dell'Anisico e "**Dolomie di San Pietro dei Monti**", essenzialmente ladiniche, ma localmente anche eteropiche con la sottostante F.di Costa Losera.

La successione calcareo-dolomitica è analoga a quella delle coeve piattaforme orlanti il paleocontinente euro-asiatico-africano che si affacciava sul golfo della Paleotetide. La piattaforma si sviluppa attraverso tre cicli principali: il primo, Anisico, ricco di calcari ancora soggetti ad apporti continentali; il secondo, Anisico-Ladinico, con dolomie alternativamente chiare e scure caratterizzate dalla progressiva riduzione degli intervalli sopratidali; il terzo, Ladinico superiore, con dolomie essenzialmente subtidali.

- Trias superiore. Cessa la subsidenza della piattaforma, che torna in condizioni prevalentemente sopratidali, interrotte solo localmente da depositi ridotti e lacunosi a tendenza evaporitica (Carnico) o lagunare (Retico).

- Giurassico inferiore. Il dominio brianzonese ligure risulta totalmente emerso e soggetto ad erosione di tipo prevalentemente chimico, documentata da fenomeni carsici e dal locale accumolo di paleosuoli residuali rossi. Il sollevamento regionale, che si realizza con faglie a gradinata, è massimo nei settori interni, prospicienti il margine continentale paleoeuropeo.

Solamente nel Malm, in connessione con il progressivo ampliamento dell'oceano piemontese-ligure, il clima distensivo pare generalizzato: ne deriva una brusca sommersione, per sprofondamento delle terre emerse; i sedimenti del Malm ("**Calcari della Val Tanarello**") sono costituiti da una successione calcarea condensata, nella quale si possono talora riconoscere, dalla base, micriti a crinoidi, facies rosse nodulari interpretabili come associazioni di facies di un'area marina in area di approfondimento.

Tali micriti hanno al loro tetto un hard ground mineralizzato, spesso fossilifero, e potrebbero rappresentare la risposta omogenea dell'arresto dell'espansione e l'inizio della chiusura del vicino bacino oceanico.

- Eocene inferiore. Vi sono prove di un'emersione generale, la sedimentazione evolve durante l'Eocene medio con calcari nummulitici e si chiude nel Priaboniano: sequenze emipelagitiche e torbiditiche (Flysch nero), localmente inglobanti notevoli volumi di brecce, sono ricoperte dagli olistostromi alimentati dall'avanzante falda dei Flysch ad Elmintoidi.

5.2.2 Assetto tettonico

Le unità del Brianzonese ligure, per quanto attiene l'assetto tettono-metamorfico, possono essere distinte in geometricamente superiori ed inferiori: queste ultime risultano probabilmente sovrascorse sulla zona Delfinese-Provenzale, e comprendono anche l'Unità di M.Carmo-Rialto, di pertinenza paleogeografica intermedia.

Le unità superiori poggiano su quelle inferiori e possono essere costituite o da solo basamento con impronte metamorfiche alpine in facies Scisti Blu più o meno sviluppate (Calizzano-Savona) o da sola copertura, con al più brandelli dell'originario tegumento, con impronta metamorfica piuttosto variabile ma che non sembra superare i bassi Scisti Verdi; complessivamente si tratta di unità completamente sradicate.

La storia deformativa è abbastanza complessa e vede due fasi iniziali di piegamento di tipo isoclinale, scistogeno e traspositivo; tali strutturazioni determinano una vergenza ed un trasporto tettonico verso l'esterno e quindi verso le unità di avampaese (Delfinese-Provenzale). Segue una fase comune a tutto il Brianzonese ligure, più blanda delle precedenti, che si manifesta con una generale tendenza alla retrovergenza, ma in modo diversificato per quanto attiene sia al tipo di strutture generate (pieghe concentriche appiattite, ondulazioni, duomi e bacini, ecc.) sia l'intensità che è decrescente dall'interno all'esterno.

L'Unità M.Carmo-Rialto presenta una successione litostratigrafica che comprende termini di tegumento e di copertura rappresentate dalle consuete unità formazionali; aspetti di un certo interesse sono la presenza a tetto delle Dolomie di San Pietro dei Monti di alternanze di strati sottili di dolomie e scisti nerastri di possibile età carnica inferiore.

Nel promontorio di Capo Noli quest'unità tettonica presenta inoltre una situazione anomala nell'orogene delle Alpi Liguri: i rapporti di sovrapposizione visibili nei settori più occidentali risultano qui capovolti da un sovrascorrimento avvenuto precedentemente alle fasi retrovergenti della catena alpina e con senso di trasporto da NE verso SW.

5.3. Geologia dell'area di Capo Noli

5.3.1 Caratteristiche litologiche

La litologia del substrato roccioso rilevata nell'area di indagine, risulta costituita da dolomie più o meno calcaree grigie, in grosse bancate, talora con diplopore; si tratta di alternanze di calcari e calcari dolomitici grigi, a volte con piccoli gasteropodi e con interstrati pelitici rossi e verdi. Localmente si possono osservare calcari chiari o rosati, ceroidi, di facies simili a quelli del Malm, alternati però a strati dolomitici; livelli di brecce calcaree e dolomitiche interformazionali, (presenti in alcuni tratti dell'area presa in considerazione); calcari dolomitici a piste; calcari micacei chiari, scistosi, calcari silicei e dolomie con noduli di selce (Dolomie di San Pietro dei Monti).

Questi affioramenti, di norma, si trovano principalmente lungo la fascia, ad andamento E-W compresa tra i paralleli di Borghetto S. Spirito e di Noli e nella zona nord-occidentale, tra Pallare, Perlo, il Colle della Rionda e Viola.

Lo spessore della formazione anzidetta, laddove non è tecnicamente ridotta, risulta in relazione con l'entità dell'erosione verificatasi in epoca antecedente al Malm, ed oscilla mediamente intorno ai 200 m.

I fossili risultano molto rari, ma la loro individuazione consente l'attribuzione delle Dolomie di San Pietro dei Monti al Ladinico-Anisico. Il passaggio da Ladinico ad Anisico, viene di norma posto dagli autori, senza prove paleontologiche, in corrispondenza dell'aumento in termini dolomitici ed

alla regressione di quelli calcarei, ciò che sovente si traduce anche in un gradino morfologico nel profilo topografico. Sovente le due ere non possono essere distinte le une dalle altre, in quanto l'intera formazione può essere dolomitica fin dalla base, senza che sia possibile evidenziare il limite in questione.

Nella parte orientale del promontorio è visibile il contatto con calcari marmorei chiari, cerodi, ben stratificati. Localmente, alla base, si trovano calcari arenacei e conglomerati, mentre alla sommità marmi rosati e mandorlati; rarissimi frammenti di crinoidi, belemniti, ammoniti, aptici (Calcari della Val Tanarello, Mal).

Si tratta di una formazione assai caratteristica, presente soltanto nelle serie brianzonesi, che costituisce un prezioso riferimento per le ricostruzioni paleogeografiche e strutturali, essa appare per lo più in fasce di ridotta estensione; i suoi affioramenti sono situati, per esempio, tra i paralleli di Borghetto S. Spirito e di Noli.

La facies caratteristica risulta piuttosto costante: si tratta di calcari ceroidi di colore chiaro, grigio-azzurrino, a volte rosato, in strati evidenti e regolari, dello spessore medio pari a 10-15 cm. Talora, specie verso la sommità, la stratificazione può farsi localmente confusa, ad andamento nodulare, ed il colore più spiccatamente rosato, in altri casi il calcare appare in grana grossa, di colore bianco, con striature nocciola chiare, a frattura scheggiosa, massiccio.

Quando i calcari riposano sulle Dolomie di San Pietro dei Monti, alla loro base si può avere un vero e proprio livello clastico, di spessore variabile tra pochi centimetri ed alcuni metri, oppure si possono notare sporadici costituenti clastici dolomitici e/o quarzosi, con dimensioni e grado di arrotondamento variabili, disseminati entro il calcare. Molto più frequentemente la base della formazione è delimitata da una superficie di erosione, debolmente ondulata.

5.3.1 Caratteristiche strutturali

Come si vedrà nello specifico nel capitolo seguente, nell'area di indagine sono state misurate le giaciture delle superfici di stratificazione e con l'aiuto delle proiezioni equiareali di Schmidt mediante isodense percentuali dei poli, si è potuto osservare come queste ultime risultino principalmente a reggipoggio rispetto al versante, con immersioni tra 340°N e 1355°N ed inclinazioni molto variabili comprese tra 45°e 70° (all.3).

Sono stati osservati numerosi lineamenti tettonici presunti in stretta correlazione a quelli individuati attraverso l'utilizzo di foto aeree e carte neotettoniche; si tratta di un doppio sistema di faglie e/o fratture: una faglia subverticale diretta ENE ed un'altra opposta NW-SE.

I lineamenti riportati in letteratura si distinguono principalmente in subparalleli e trasversali alla linea di costa: i primi risultano costituiti dall'asse di basculamento e dalle fratture che lo accompagnano e lo sostituiscono; i secondi, procedendo da W a E, passano dalla direzione NW a quella ENE, secondo una rotazione che verosimilmente è in relazione con l'apertura avvenuta probabilmente durante la fase tettonica tardo miocenica, e accompagnata da uno spostamento verso nord-est del fulcro della rotazione stessa.

Attraverso l'utilizzo delle foto aeree, come detto in precedenza si è potuto notare che queste ultime si susseguono con la stessa direzione, ma con inclinazioni differenti, lungo tutto il promontorio, dividendo lo stesso sia in senso longitudinale sia trasversale; in particolare i lineamenti disposti a NW-SE risultano molto costanti e ravvicinati, suddividendo notevolmente il promontorio, quelle opposte risultano sono rade e con spaziature maggiori.

Il promontorio risulta contraddistinto, inoltre, dalla presenza di numerose fratture ed alcune faglie certe e/o presunte; lungo la parete rocciosa ed il pendio retrostante sono stati individuate due famiglie di fratture, aventi giaciture ed inclinazioni piuttosto variabili, la descrizione di queste ultime risulta visibile nell'allegato 5.

Attraverso il rilevamento geologico e geomorfologico è stato possibile ricostruire la Carta Geologico-Geomorfologca, in scala 1:2500 (all.3), nella quale vengono descritte e riassunte le principali caratteristiche geologiche, litologiche e strutturali individuate nel corso dell'indagine.

6. RILIEVO GEOSTRUTTURALE LUNGO IL FRONTE ROCCIOSO

La caratterizzazione dell'ammasso roccioso è avvenuta mediante la suddivisione in stazioni di misura più o meno omogenee, in funzione principalmente:

- delle caratteristiche geologiche e litologiche;
- delle caratteristiche tettoniche;
- delle caratteristiche strutturali;
- del grado di alterazione proprio di ogni zona;
- delle caratteristiche della circolazione idraulica.

Grazie ai dati raccolti attraverso i rilievi di campagna, è stato possibile individuare per ogni stazione presa in considerazione le principali famiglie di discontinuità e procedere ad una differenziazione in termini di classificazione dell'ammasso roccioso stesso, come si vedrà nei successivi capitoli, grazie anche all'ausilio di geologi specializzati in tecniche alpinistiche.

L'area in esame è stata suddivisa in 2 stazioni di misura, individuate lungo la parete verticale, omogenee sia dal punto di vista geologico-strutturale, sia tenendo in considerazione il grado di alterazione della roccia e la circolazione idrica.

Per ogni stazione analizzata è stata misurata la giacitura delle superfici di strato e dei principali piani di discontinuità. Tutte le giaciture misurate vengono rappresentate graficamente come poli di piano attraverso un reticolo stereografico di riferimento, in questo caso verrà utilizzata la proiezione equiareale di Lambert, nota come reticolo di Schmidt.

Si ottiene in questo modo una distribuzione dei punti su tutto il reticolo che mostra degli addensamenti maggiori in determinate porzioni; questi addensamenti, che hanno l'aspetto di nubi di densità, corrispondono alle principali famiglie di discontinuità.

L'elaborazione della distribuzione areale dei punti ha la finalità di determinare, per ogni famiglia, la giacitura del polo principale attorno al quale sono disperse le altre misure, ossia il polo rappresentativo. Il piano identificato dal polo rappresentativo è statisticamente quello che in fase di campagna è stato misurato con maggiore frequenza.

Vengono rappresentate, secondo quanto detto in precedenza la proiezione equiareale di Schmidt, mediante poli cumulativi delle due stazioni individuate e la definizione dei principali sistemi di discontinuità delle zone caratterizzate da un'omogeneità strutturale (all.5).

Inoltre nell'allegato 5 vengono rappresentate sia le isodense percentuali dei poli, ovvero la rappresentazione delle porzioni con uguali densità, delimitate da curve dette "isodense", sia i diagrammi a rosa cumulativi, distinguendo tra superfici di strato e piani di discontinuità delle zone individuate.

7. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL PENDIO

Al fine di parametrizzare le caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso sono state effettuate osservazioni e misurazioni sugli affioramenti presenti in zona ed al contorno. Attraverso il rilevamento geometrico-fessurativo effettuato lungo la parete rocciosa subverticale, dal Gruppo di Lavoro Geologia Verticale, è stato possibile suddividere l'ammasso stesso in zone aventi parametri geometrici e geomeccanici similari.

Sulla base di quanto esposto pocanzi, l'ammasso roccioso è stato classificato sia attraverso il metodo "Rock Mass Rating" di Bieniawski sia con la classificazione "Geological Strength Index"; al fine di sintetizzare i dati raccolti, la parete rocciosa esaminata è stata suddivisa in zone omogenee, in base alle classificazioni anzidette, i cui limiti vengono riportati su una fotografia panoramica del fronte (all.9 e 10).

I valori caratteristici di ciascuna zona presa in considerazione sono riportati negli allegati 7 e 8, rappresentati rispettivamente da una tabella riassuntiva, e da quattro casi particolari visti nel dettaglio.

7.1. Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski)

Per classificare l'ammasso roccioso è stato utilizzato il metodo Rock Mass Rating di Bieniawski (all.7), che tiene conto dei seguenti parametri: resistenza alla compressione uniassiale, valore di RQD, analisi dei giunti di discontinuità, eventuale presenza di acqua. Per ogni discontinuità

rilevata sono stati descritti e/o misurati i parametri necessari alla classificazione dell'ammasso roccioso: apertura, persistenza, spaziatura, scabrezza o rugosità, riempimento ed alterazione.

Di seguito verranno analizzati nel dettaglio alcuni dei parametri esposti in precedenza.

- **Resistenza alla compressione uni assiale:**

La resistenza alla compressione è un primo indicatore delle problematiche a cui la roccia stessa può essere soggetta, il suo valore può essere ottenuto mediante la realizzazione di prove sclerometriche, ovvero l'utilizzo del "martello di Schmidt" sulla superficie degli affioramenti rocciosi.

Gli indici di rimbalzo al martello di Schmidt ottenuti sulle superfici di discontinuità costituite dal piano si stratificazione e sui giunti di fratturazione, permette di stimare il corrispondente valore medio della resistenza alla compressione uniassiale (all.6a, 6b):

JCS: 1000 Kg/cmq *(Litotipo 1: Dolomie più o meno calcaree)*

JCS: 460 Kg/cmq *(Litotipo 2: Brecce calcaree e dolomiche)*

La tabella sottostante descrive gli ammassi rocciosi sulla base del valore di JCS.

VALORE DI JCS (MPa)	DESCRIZIONE
1 - 5	Molto bassa
5 - 25	Bassa
25 - 50	Moderatamente bassa
50 - 100	Mediamente alta
100 - 250	Alta
> 250	Molto alta

- **Indice RQD:**

Il Rock Designation Index (RQD), è un coefficiente volto ad ottenere informazioni sulla qualità della massa rocciosa, attraverso il numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso stesso e dalla loro spaziatura.

Una valutazione del numero medio delle discontinuità per metro lineare di affioramento è stato effettuato prendendo in considerazione la relazione di *Palmström* (1982):

$$RQD = 115 – 3.3\ Jv$$

con Jv = numero di fratture per metro cubo di roccia, determinato dalla:

$$Jv = 1/S_1 + 1/S_2 + \ldots\ldots Nr/5$$

dove S_1 indica la spaziatura della famiglia "i" ed Nr il numero di famiglie random eventualmente presenti.

Nel caso in esame la qualità dell'ammasso roccioso risulta molto varia, i valori di RQD caratteristici risultano essere i seguenti: <25 (qualità dell'ammasso roccioso molto scadente); 25-50 (qualità scadente); 50-75 (ammasso roccioso mediocre).

- **Spaziatura delle discontinuità:**

Si tratta della distanza fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia, eseguita sulla linea perpendicolare ai piani di fratturazione. Nell'area presa in considerazione tale valore risulta principalmente pari a 0.6 - 2 m e a 0.2 - 0.6 m.

- **Condizioni delle discontinuità:**

Per ognuna delle principali famiglie di discontinuità rilevate sono stati osservati e/o misurati i seguenti parametri caratteristici:

- APERTURA: la distanza esistente fra le pareti aperte di un giunto il cui spazio può essere riempito da aria o da acqua.
- RIEMPIMENTO: è rappresentato dal materiale, di varia natura, interposto fra due superfici di discontinuità.

- PERSISTENZA: è rappresentata dalla lunghezza della traccia del giunto che lo interseca.
- SPAZIATURA: distanza fra due discontinuità contigue appartenenti alla stessa famiglia; la misura di questo parametro, generalmente, viene eseguita sulla linea perpendicolare ai piani di discontinuità.
- SCABREZZA O RUGOSITÀ: vengono indicate le asperità presenti sulle pareti dei giunti delle discontinuità; questo parametro dipende principalmente dalla formazione del giunto e dalle vicissitudini che lo stesso potrebbe aver subito. Questa caratteristica rappresenta il principale elemento influenzante la resistenza al taglio del piano delle discontinuità.
  Le misure dei profili di rugosità vengono eseguiti con l'utilizzo del pettine di Barton, o profilometro, che premuto sulla superficie di discontinuità, registra l'andamento della scabrezza; la misura viene effettuata solitamente parallelamente all'eventuale direzione di movimento individuata sul piano, generalmente coincidente sull'immersione.
  Ad ogni profilo viene assegnato, per confronto con una tabella standard un valore di scabrezza (Joint Roughness Coefficient o Coefficiente di Rugosità o JRC).

La maggior parte delle discontinuità rilevate risultano caratterizzate da aperture centimetriche; i riempimenti di solito risultano maggiori o pari a 5 mm e costituiti in prevalenza da materiale tenero, quale terra e roccia di frizione, a volte è presente materiale di ricristallizzazione come calcite.

La persistenza delle discontinuità si differenzia notevolmente a seconda che vengano prese in considerazione le superfici di strato (persistenza metrica) o le fratture (persistenza centimetrica).

I giunti di frattura si presentano lisci o poco scabri, i valori del coefficiente JRC, ottenuto attravero l'utilizzo del pettine di Barton ed il successivo confronto con profili tipo, sono risultati compresi tra 0 e 2.

- **Condizioni idrauliche:**

Le condizioni idrauliche delle superfici e della compagine rocciosa nel suo complesso, risultano essere un aspetto molto importante al fine di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico gli ammassi rocciosi. Vengono prese in considerazione le condizioni di filtrazione dell'acqua e di umidità delle discontinuità, indicizzate dal grado di filtrazione differenziato in base alla presenza o meno di riempimento.

Nell'ammasso roccioso analizzato si sono riscontrate principalmente deboli venute ed infiltrazioni, ovvero una circolazione d'acqua all'interno delle fratture (stillicidi), data anche la tendenza al carsismo delle rocce dolomitiche.

Tale parametro distingue la classificazione in questione dalla Geological Strenght Index, rendendola più idonea e rappresentativa nel caso in esame.

Dalla classificazione RMR si sono ricavati i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso, riassunti nella tabella, all'allegato 8; inoltre sono state prese quattro zone rappresentative (all.7). Tali valori risultano molto vari, ma evidenziano la presenza di un ammasso roccioso avente le seguenti caratteristiche (all.9):

- Qualità dell'ammasso roccioso: SCADENTE e/o MOLTO SCADENTE (Classe IV e V);
- Coesione (di picco) da 1 a 1.5 kg/cmq e/o <1 Kg/cmq; coesione residua nulla;
- Angolo di attrito (di picco) lungo i giunti: da 30 a 35 gradi e/o <30°.

7.2. Geological Strenght Index (GSI, Hoek)

Al fine di ottenere una valutazione accurata della resistenza e della deformabilità di un ammasso roccioso, combinando l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, viene utilizzato la classificazione "Geological Strenght Index".

Mediante gli abachi di Hoek et All. (1995-2003), nei quali le caratteristiche strutturali dell'ammasso, in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico, vengono correlate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento delle fratture, vengono assegnati i valori caratteristici.

La struttura risulta per lo più fratturata o molto fratturata, caratterizzata da un ammasso roccioso parzialmente o lievemente disturbato, caratterizzato da tre o quattro famiglie di giunti; le discontinuità presentano condizioni da mediocri a scadenti, ovvero caratterizzate da fratture lievemente e/o moderatamente alterate, aventi riempimenti compatti o costituiti da frammenti angolari.

I valori di GSI, nel caso in esame, risultano molto differenti a seconda delle aree prese in considerazione, ma sono stati individuati quattro classi identificative: **A (valore compreso tra 50 e 55); B (valore 40-45); C (30-35); D (25-30)** (all.7, 8 e 10).

8. STABILITA' DEL PENDIO

A seguito delle indagini svolte nel sito soggetto all'evento franoso, è stata messa in evidenza una situazione di pericolo incombente lungo tutta la parete rocciosa, per tali motivazioni si rende necessaria l'individuazione delle zone maggiormente critiche, ovvero quelle caratterizzate da instabilità in atto o potenziali, al fine di proporre gli interventi di monitoraggio, bonifica e consolidamento per la messa in sicurezza dell'area indagata.

I fenomeni di instabilità delle scarpate in roccia sono causati dalla combinazione critica di fattori predisponenti, quali i parametri geomeccanici delle discontinuità dell'ammasso roccioso e da fattori scatenanti, quali ad esempio la pressione dell'acqua nelle discontinuità, l'azione delle radici lungo le stesse discontinuità, ecc.

Tali fenomeni risultano condizionati maggiormente dall'assetto strutturale dell'ammasso roccioso: il meccanismo del dissesto dipenderà quindi dal numero e dall'orientazione delle famiglie di discontinuità che interessano l'ammasso.

E' stato possibile individuare il quadro geometrico-fessurativo dell'ammasso roccioso, con la determinazione delle possibili geometrie e dei probabili cinematismi di rottura; il rilevamento geomeccanico, l'elaborazione dei dati e la loro restituzione secondo proiezioni stereografiche polari, ha permesso di evidenziare la presenza di piani di discontinuità che delimitano blocchi rocciosi in equilibrio potenzialmente instabile (all.5).

Pertanto sono state individuate le zone maggiormente critiche secondo classi di rischio differente e correlate all'entità dei volumi rocciosi potenzialmente instabili (v. Tav.2, allegato esterno).

8.1. Esame delle principali tipologie di dissesto

I principali meccanismi di instabilità del comparto sono riconducibili, principalmente, a fenomeni di crollo, ribaltamento e scivolamento planare lungo molti giunti; nelle limitate zone ove sono presenti terreni di copertura sciolti, si producono durante le piogge destabilizzazioni per acque ruscellanti con caduta di pietrame e materiale terroso in zone ben evidenziate (all.4).

I fattori determinanti i fenomeni di instabilità anzidetta sono legati primariamente all'assetto strutturale della formazione stessa e, in particolare alla notevole continuità di alcune famiglie di fratture.

L'analisi morfologica eseguita sulla parete rocciosa ha evidenziato come questa sia caratterizzata da un reticolo di fratture dotate di persistenza ed apertura elevate, che determinano la suddivisione della stessa in blocchi anche di notevole dimensione

Nelle tavole fotografiche (all.4a-4b) sono evidenziati i rapporti reciproci tra la superficie di strato, le principali discontinuità e la superficie topografica, con l'individuazione di alcune tipologie di potenziale dissesto.

Di seguito verranno analizzati i principali cinematismi riscontrati nell'area, attraverso l'ausilio della classificazione proposta da Varnes (1977).

√ FRANE DA CROLLO: (*Rock-fall*), sono caratterizzate dallo spostamento dei materiali in caduta libera e dal successivo movimento a salti e rimbalzi dei frammenti isolati di roccia; il movimento si può sviluppare in materiali lapidei, incoerenti o semicoerenti che si distaccano improvvisamente dai versanti. Durante il movimento la massa rocciosa può essere totalmente

frantumata, generalmente si verificano in versanti interessati da preesistenti discontinuità strutturali (faglie e piani di stratificazione) lungo le quali avvengono i distacchi.
Tali fenomeni sono improvvisi e la velocità di spostamento del materiale è elevata, nella maggior parte dei casi non si registrano segni premonitori evidenti. Il movimento si compie, prevalentemente, lungo la componente verticale dello spostamento, quindi, sono indispensabili particolari condizioni morfologiche, quali elevata acclività dei versanti o sensibili rotture di pendenza.

√ FRANE DA RIBALTAMENTO: (*Rock-topples*), sono caratterizzate dal ribaltamento frontale del materiale, il quale ruota intorno ad un punto situato al di sotto del baricentro della massa, successivamente il fenomeno può evolvere in crollo o scorrimento.
La massa soggetta al movimento può essere isolata da fratture preesistenti o, più di rado, il movimento può realizzarsi attraverso superfici di neoformazione. Tali fenomeni sono più diffusi in corrispondenza di ammassi rocciosi che presentano elevata pendenza dei versanti, questo tipo di frane diventa frequente in relazione all'andamento delle discontinuità che possono limitare blocchi di roccia in equilibrio precario. Il cumulo di frana, rappresentato dal o dai blocchi precipitati per ribaltamento, può ulteriormente frammentarsi in blocchi di dimensioni minori che, di solito, raggiungono distanze diverse dal luogo di caduta o rotolano sul sottostante pendio.

√ FRANE DA SCORRIMENTO: si realizzano per superamento della resistenza di taglio dei materiali rocciosi lungo una o più superfici di neoformazione, o preesistenti, il corpo di frana può scomporsi in diversi blocchi limitati da fessure trasversali e longitudinali. Tali fenomeni, dopo una fase iniziale estremamente rapida, con spostamenti evidenti, possono portare al progressivo collasso del pendio. Tra gli scorrimenti si possono distinguere:

- frane da scivolamento planare: (Rock-slide), caratterizzate dallo scivolamento, su di un piano strutturale preesistente, di zolle che si muovono in massa, senza notevoli perturbazioni. Il piano di discontinuità sul quale si determina il movimento di massa può essere un giunto di stratificazione, un piano di faglia o di sovrascorrimento, un piano di laminazione o di scistosità. Condizione predisponente è una determinata giacitura o l'inclinazione della superficie di discontinuità (nello stesso senso del pendio a "franapoggio", ma con minore inclinazione del pendio). I complessi litologici dove si può riscontrare questo tipo di frane sono quelli lapidei, compatti, stratificati, caratterizzati da faglie molto inclinate. Le cause scatenanti: acque di infiltrazione da pioggia, fusione della neve; gelo; scosse sismiche o esplosioni; scavi e tagli operati dall'uomo, scalzamenti al piede da parte di acque incanalate, moto ondoso, ecc.
- frane da scivolamento a cuneo: in cui lo scorrimento avviene lungo due discontinuità non parallele al fronte. Se due piani di giunto si intersecano tra loro, nel caso che quest'ultimo sia limitato da altre due superfici libere costituite dal fronte e dalla superficie del versante, si avrà in tale caso la formazione di un cuneo roccioso.

Per riuscire ad avere un quadro dettagliato dei principali eventi franosi che si potrebbero verificare nell'area di indagine, e la loro effettiva collocazione, è stata realizzata una tabella nella quale, per ogni zona osservata, vengono decritti i principali parametri caratteristici, i meccanismi dei potenziali cinematismi di rottura ed il grado di pericolosità, ovvero la stima qualitativa che un evento di una determinata entità possa interessare l'elemento descritto (all.11).

Tale zonizzazione viene, inoltre, riportata in una fotografia panoramica del fronte, nella quale la parete è suddivisa in aree avente la stessa pericolosità (v. Tav.2, allegato esterno).

8.2. Analisi storica dei dissesti

Il paragrafo precedente, indicante i principali cinematismi in atto o potenziali, trova conferma in uno studio eseguito dal Geol. Amedeo Gaiezza, per conto dell'Amministrazione Provinciale di Savona, nel 2002. Si trattava di uno studio geologico e del rischio eseguito su tratte campione della rete stradale provinciale, come per esempio la S.P. 1 "Aurelia, dal km 590+500 al km 592+000 (Noli, Malpasso, Varigotti), mirato alla gestione programmata degli interventi di straordinaria manutenzione.

All'interno di tale lavoro è presente un'indagine storica volta alla documentazione dei numerosi eventi franosi verificatesi nella zona investigata e nelle aree limitrofe dalla realizzazione delle protezioni (anni '90), fino al 2002.

Lungo l'intero tratto in questione, con una frequenza da annuale a stagionale, si sono succedute evidenze franose caratterizzate da caduta pietrame e blocchi litoidi, per crollo e/o rotolamento e ribaltamento.

In corrispondenza delle progressive 590+680/590+700 e al Km 590+776, si sono verificati, rispettivamente, cadute di massi e pietrame sulla banchina stradale e danneggiamento dei rivestimenti.

Nel maggio del 2002, lungo la progressiva 591+700 la rete esistente ha subito uno sfondamento a causa di alcuni massi caduti lungo la strada, con l'interruzione della stessa per circa 9 giorni.

Come detto in precedenza anche le aree limitrofe risultano soggette a fenomeni di instabilità lungo la parete rocciosa, con l'inevitabile interruzione della strada per il tempo minimo corrispondente alla rimozione degli ostacoli, i rilievi sui possibili veicoli coinvolti, la ricognizione sul versante e gli eventuali interventi di disgaggio e messa in sicurezza.

Di seguito verranno elencati i principali eventi:

- 1992, maggio: all'imbocco della galleria di Capo Noli, lato Ponente, caduta pietrame su un veicolo che transitava lungo la carreggiata;
- 1994, luglio: presso l'Hotel Capo Noli, posta a Levante dell'area indagata, presenza di massi sulla carreggiata;
- 1997, novembre: all'imbocco a ponente della galleria Capo Noli, caduta massi e pietrame sulla strada provinciale;
- 2000, dicembre: all'imbocco della stessa galleria, due eventi con caduta di pietrisco e sassi su di una vettura che transitava.

Bisogna ricordare, inoltre, l'ultimo evento franoso avvenuto il 16 Gennaio 2008, lungo la parete verticale posta a monte della S.P. n°1 "Via Aurelia", nel tratto compreso tra il km 590+700 ed il km 590+800.

8.3. Condizioni di stabilità' in caso di scivolamento planare

Nel caso di cinematismi corrispondenti a scivolamenti planari, al fine di poter effettuare le analisi di stabilità per la determinazione delle opere di intervento, vengono descritte le principali condizioni statiche delle placche di roccia, riassunte nella tabella successiva.

La sollecitazione normale σ_n sul piano di potenziale scivolamento risulta pari a:

$$\sigma_n = \gamma\, t * \cos\, \psi$$

In cui si è indicato con γ il peso di volume della roccia (pari a 2.5 t/mc); con t e ψ, rispettivamente lo spessore della placca e l'inclinazione del giunto sul quale si verifica lo scivolamento, parametri variabili a seconda del caso preso in considerazione.

Di seguito verrà, inoltre, valutato l'angolo d'attrito totale delle placche considerate:

$$\varphi = \varphi_r + i_{eff}$$

In cui φ_r è l'angolo di attrito di base tra due superfici di roccia lisce (pari circa a 25°), e i_{eff} l'incremento dell'angolo di attrito per effetto delle ondulazioni ed asperità del giunto.

Tale contributo (Barton e Choubey, 1977; Barton et all., 1985) può essere espresso da una relazione del tipo:

$$i_{eff} = JRC * \log JCS/\sigma_n$$

dove JRC risulta essere un parametro adimensionale, rappresentativo delle caratteristiche di scabrezza del giunto, la cui valutazione come visto in precedenza è stata effettuata con il pettine di Barton, risultando pari circa a 2; il parametro JCS esprime la resistenza della superficie del giunto stesso, identificata attraverso l'utilizzo del martello di Smidht (JCS = 90 t/mq) (v. all.6).

Denominazione placche instabili	Spessore (m)	Inclinazione (°)	Sollecitazione normale (t/mq)	Incremento angolo d'attrito (°)	Angolo d'attrito (°)
5 b	**3**	**65-75 (75)**	1.9	2.1	**27.1**
7 C	**2**	**45-55 (50)**	3.2	2.9	**27.9**
8 A	**5**	**70-80 (75)**	3.2	3	**28**
8 a	**2**	**70-80 (75)**	1.3	3.8	**28.8**
8 B	**3**	**65-75 (70)**	2.6	3.2	**28.2**
9 A	**5**	**75**	3.2	3	**28**
9 a	**5**	**75-85 (80)**	2.2	3.3	**28.3**
9 C	**3**	**55-65 (60)**	3.2	2.9	**27.9**
9 b	**1.5**	**60-70 (65)**	1.6	3.1	**28.2**
10 A	**3**	**75-85 (80)**	1.3	3.8	**28.8**
10 B	**3**	**75-85 (80)**	1.3	3.7	**28.8**
10 C	**2**	**65**	2.1	3.3	**28.3**
11 D	**3**	**80-85 (85)**	0.65	4.4	**29.4**
S1	**1.5**	**80-85 (85)**	3.3	3	**28**

Nell'allegato 11, vengono indicate le principali masse litoidi che possono essere soggette a fenomeni di scivolamento planare, per ognuna di esse sono indicati i parametri caratteristici, la stima dello spessore ortogonale al fronte (t), l'inclinazione del giunto sul quale si potrebbe verificare lo scivolamento (ψ) e l'angolo d'attrito totale (φ).

9. OPERE ESISTENTI

Le protezioni presenti nell'area di indagine risultano costituite: nella parte alta del fronte da una rete metallica zincata a maglia doppia torsione, vincolata solo in testa con una fune di sostegno ancorata a fittoni infissi per una lunghezza stimata di 30 cm, tale rete inizia in prossimità del ciglio della parete, generalmente 1-2 metri sotto lo stesso (all.12), generalmente ossidata in superficie e talvolta arrugginita; nella parte bassa del fronte è presente una rete metallica zincata a maglia esagonale a doppia torsione, con reticolo di contenimento in fune, ancorata a barre cementate.

Lo studio commissionato dalla Provincia nel 2002, al Geologo Amedeo Gaiezza, ha evidenziato, attraverso un'indagine superficiale, la presenza di una rete generalmente priva di rinforzi e/o armature e, in numerosi tratti, non aderente alla scarpata, localmente lesionata.

Prendendo in considerazione, inoltre, lo stato di efficienza di tale manufatto rispetto al grado di pericolosità geologica e geomorfologica della zona, è stato evidenziato che la rete poteva essere ritenuta efficace in caso di caduta pietrame a pezzatura da centimetrica a decimetrica, ma inadeguata contro il distacco di volumi litoidi aventi dimensioni metriche, come nel caso in esame.

Tale lavoro suggeriva la manutenzione ordinaria e il rinforzo delle reti a carattere puntuale, da parte degli enti preposti, per una migliore aderenza del rivestimento alla scarpata stessa, con posa in opera di nuove chiodature e funi d'acciaio, e rivestimento nei tratti assenti.

Durante i rilevamenti eseguiti sulla parete rocciosa e attraverso le indagini svolte da geologi specializzati in tecniche alpinistiche, si può affermare che i lavori per la realizzazione del manufatto siano inadeguati e che le opere ordinarie, necessarie per il mantenimento dell'opera stessa, non siano state eseguite con accuratezza.

Dalla tavola fotografica, posta all'allegato 12, è possibile osservare quanto esposto in precedenza, si nota infatti la non adesione della rete paramassi alla scarpata, l'assenza della rete stessa in taluni casi; si vedono, inoltre, sono state osservate barre metalliche non tesate.

Alassio, gennaio 2009

geologo:

dott. Alessandro Scarpati

SOMMARIO

1. PREMESSA
2. RIFERIMENTI NORMATIVI
3. PERICOLOSITA' GEOLOGICA
    3.1. Pericolosità idrogeologica
    3.2. Pericolosità sismica
        3.2.1 Zonazione sismogenetica
        3.2.2 Mappa di pericolosità sismica
        3.2.3 Classificazione sismica comunale
        3.2.4 Valutazione dell'accelerazione di progetto
            3.2.4.1 Risposta sismica del sito
4. DESCRIZIONE DELL'EVENTO FRANOSO DEL 16.01.2008
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO
    5.1. Caratteristiche geomorfologiche
    5.2. Caratteristiche geologiche generali
        5.2.1 Dominio Brianzonese ligure
        5.2.2 Assetto tettonico
    5.3. Geologia dell'area di Capo Noli
        5.3.1 Caratteristiche litologiche
        5.3.2 Caratteristiche strutturali
6. RILIEVO GEOSTRUTTURALE LUNGO IL FRONTE ROCCIOSO
7. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL PANDIO
    7.1. Rock Mass Rating (RMR, Bieniawski)
    7.2. Geological Strenght Index (GSI, Hoek)
8. STABILITA' DEL PANDIO
    8.1. Esame delle principali tipologie di dissesto
    8.2. Analisi storica dei dissesti
    8.3. Condizioni di stabilità in caso di scivolamento planare
9. OPERE ESISTENTI

ELABORATI GRAFICI

- Stralcio della Carta Tecnica Regionale in scala 1:500 (all.1)
- Stralci Piani di Bacino (all.2a-2b)
- Carta Geologico-Geomorfologica in scala 1:2500 (all.3)
- Tavole fotografiche n. 1-2 (all.4a-4b)
- Rilievo geostrutturale lungo il fronte roccioso (proiezioni stereografiche, isodense percentuali e diagramma di rosa cumulativi) (all.5)
- Resistenza alla compressione uniassiale σc (all.6a-6b)
- Classificazioni dell'ammasso roccioso (all.7a-7b-7c-7d-7e)
- Riassunto classificazione dell'ammasso roccioso (all.8)
- Qualità dell'ammasso roccioso mediate RMR (Ross Mass Rating, Bieniawski) (all.9a-9b)
- Qualità dell'ammasso roccioso mediate GSI (Geological Strenght Index) (all.10a-10b)
- Tabella dei principali cinematismi (all.11a -11b)
- Opere di difesa esistenti (all.12)

ALLEGATI ESTERNI

- *Indagine geologica sulla parete sovrastante un tratto della S.P. 1 Aurelia in Località Capo Noli, in Comune di Noli (SV), eseguito dal Gruppo di Lavoro Geologia Verticale*.

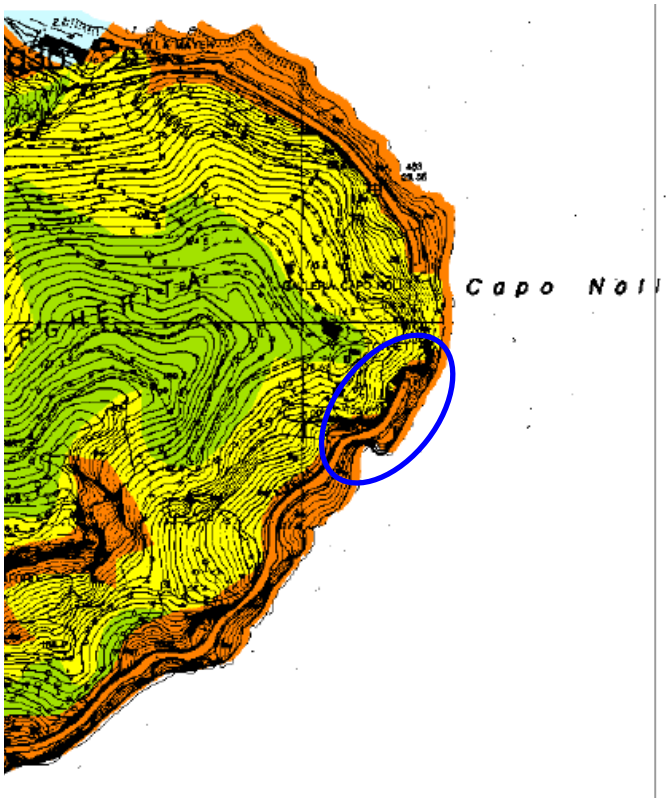
Area oggetto di studio



STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE

scala 1:5000

All.1



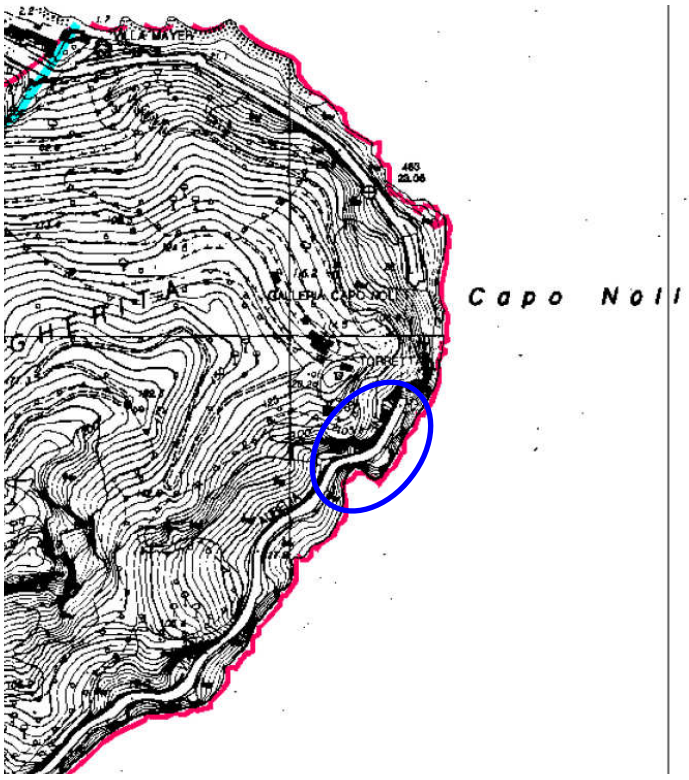
Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico
di cui all'art.1, comma 1 del D.L. 11/061998 n.180,
convertito in legge 03/081998 n.267 e s.m.

CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO DEI VERSANTI

- Aree a suscettivita' MOLTO BASSA
- Aree a suscettivita' BASSA
- Aree a suscettivita' MEDIA
- Pg3A / Pg3B — Aree a suscettivita' ALTA
  (Pg3A frane quiescenti)
  (Pg3B aree non di frana quiescente)
- Aree a suscettivita' MOLTO ALTA, aree in frana attiva
- Discariche in esercizio

Area in oggetto

Scala 1:10.000



Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico
di cui all'art.1, comma 1 del D.L. 11/061998 n.180,
convertito in legge 03/081998 n.267 e s.m.

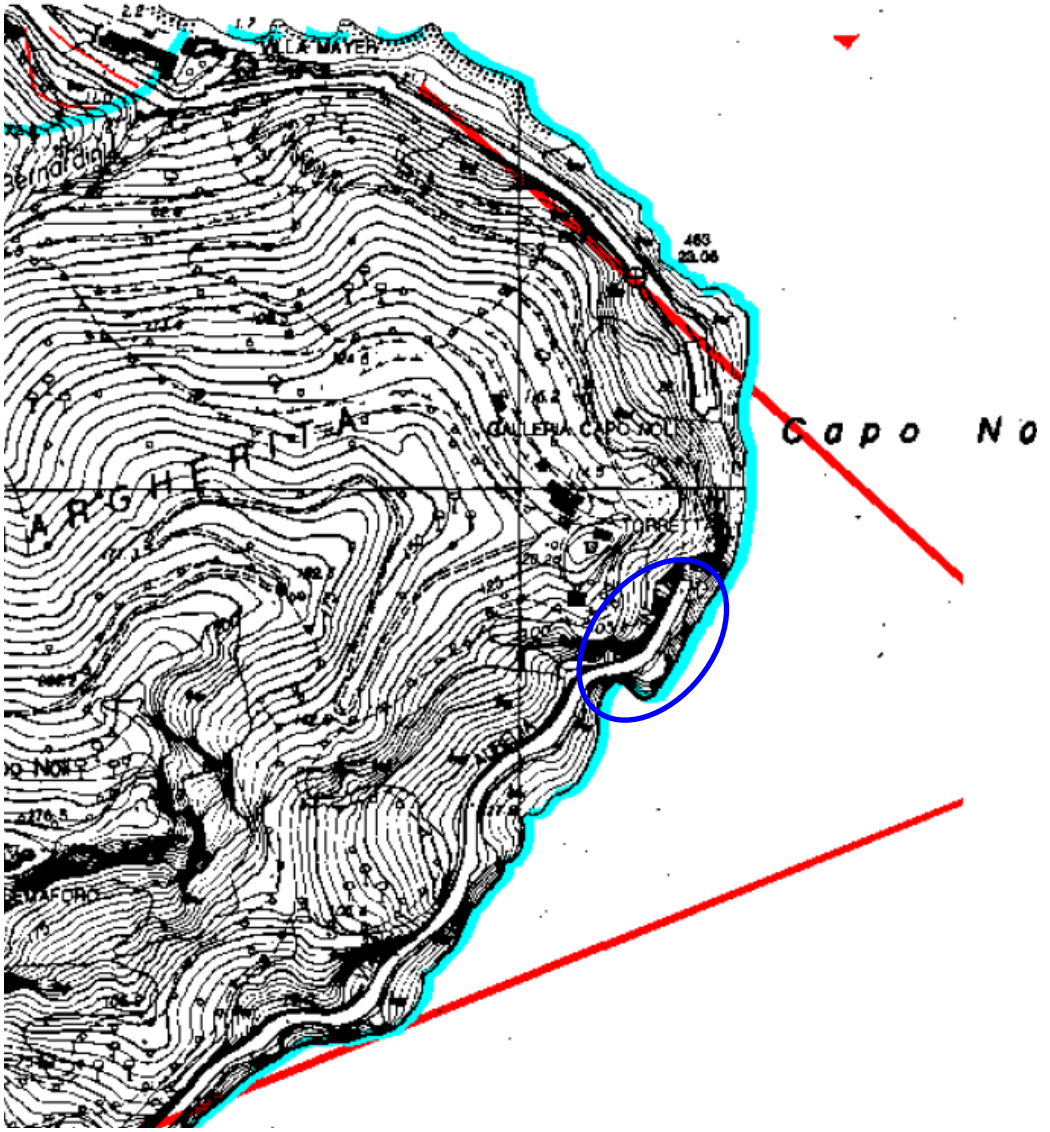
RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE

- Corso d'acqua iscritto nell'elenco delle acque pubbliche della Provincia di Savona (fonte: D.R. 11/07/1941 e D.P.R. 30/061954)
- 122 — Numerazione edenominazione corso d'acqua come da elenco del D.R. 11/07/1941 e del D.P.R. 30/061954

Il valore di ufficialita' puo' essere attribuito unicamente all'elenco delle acque pubbliche del territorio della Provincia di Savona pubblicato sulla G.U. n. 244 del 15/10/1941 ed integrato con D.P.R. del 30/061954

- Corsi d'acqua demaniali (fonte: Regione Liguria – Cartografia Catastale 1:5000)
- Perimetro dei laghi
- Limite di bacino

All.2a



Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico
di cui all'art.1, comma 1 del D.L. 11/06/1998 n.180,
convertito in legge 03/08/1998 n.267 e s.m.

CARTA DEGLI INTERVENTI

INTERVENTI STRUTTURALI

1 NUMERAZIONE E UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

CONSOLIDAMENTI

DISGAGGI, RETI ARMATE PARAMASSI

INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

OPERE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI

CONSOLIDAMENTI E INGEGNERIA NATURALISTICA

OPERE IDRAULICHE

INTERVENTI NON STRUTTURALI

MISURE SPECIALI DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

ALTRE SIMBOLOGIE

M MONITORAGGI

AREE INTERESSATE DA PROGETTI IN ITINERE OD IN ESECUZIONE

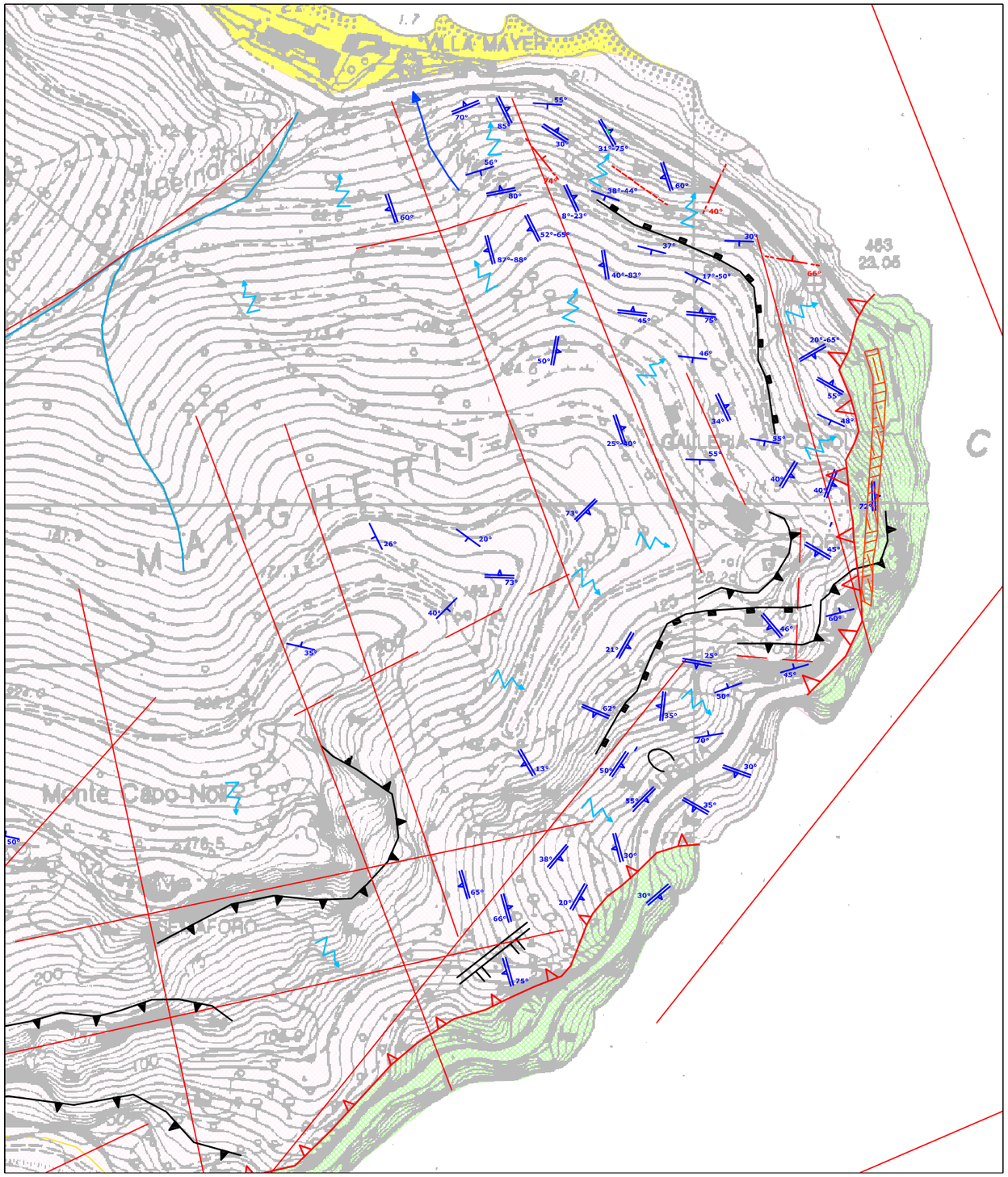
LIMITE DI BACINO

LIMITI COMUNALI

Area in oggetto

Scala 1:10.000

All.2b



CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA
scala 1:2500

LEGENDA

DATI LITOLOGICI

- Depositi di spiaggia (Olocene)
- Roccia affiorante e/o subaffiorante (Calcari della Val Tanarello)
- Roccia affiorante e/o subaffiorante (Dolomie di San Pietro dei Monti)

DATI GEOSTRUTTURALI

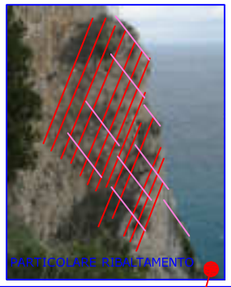
- 45° Giacitura strati rocciosi
- 88° Giacitura piani di fessurazione
- Faglie presunte
- Lineamenti tettonici certi (coincidenti con dati della neotettonica)
- Contatti di I ordine
- Lineamenti tettonici presunti
- Traccia galleria

DATI GEOMORFOLOGICI

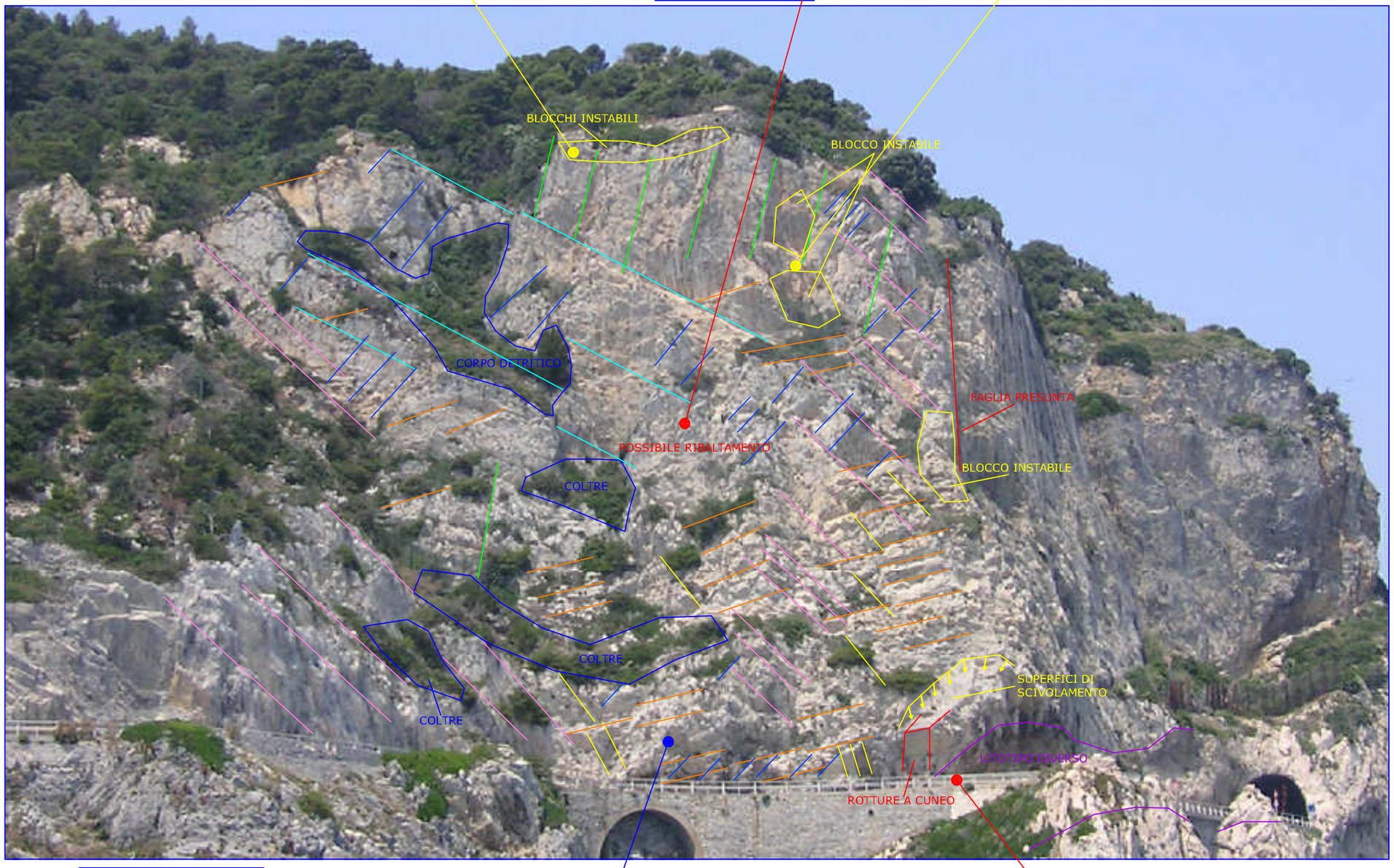
- Erosione intensa incanalata (solchi di erosione)
- Orlo terrazzo marino
- Versante coincidente con possibile piano di faglia
- Ruscellamento superficiale diffuso
- Falesie
- Processi carsici:nicchia, riparo sotto roccia

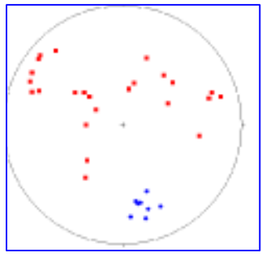
TAVOLA FOTOGRAFICA N.1



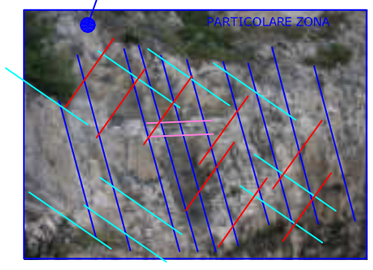


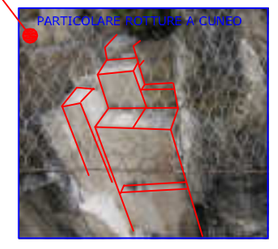






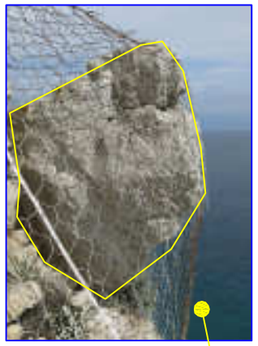
STAZIONE 1
Proiezioni stereografiche



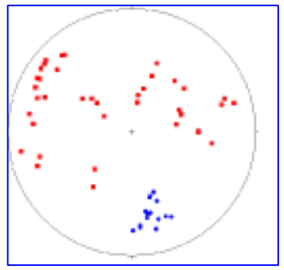


All.4a

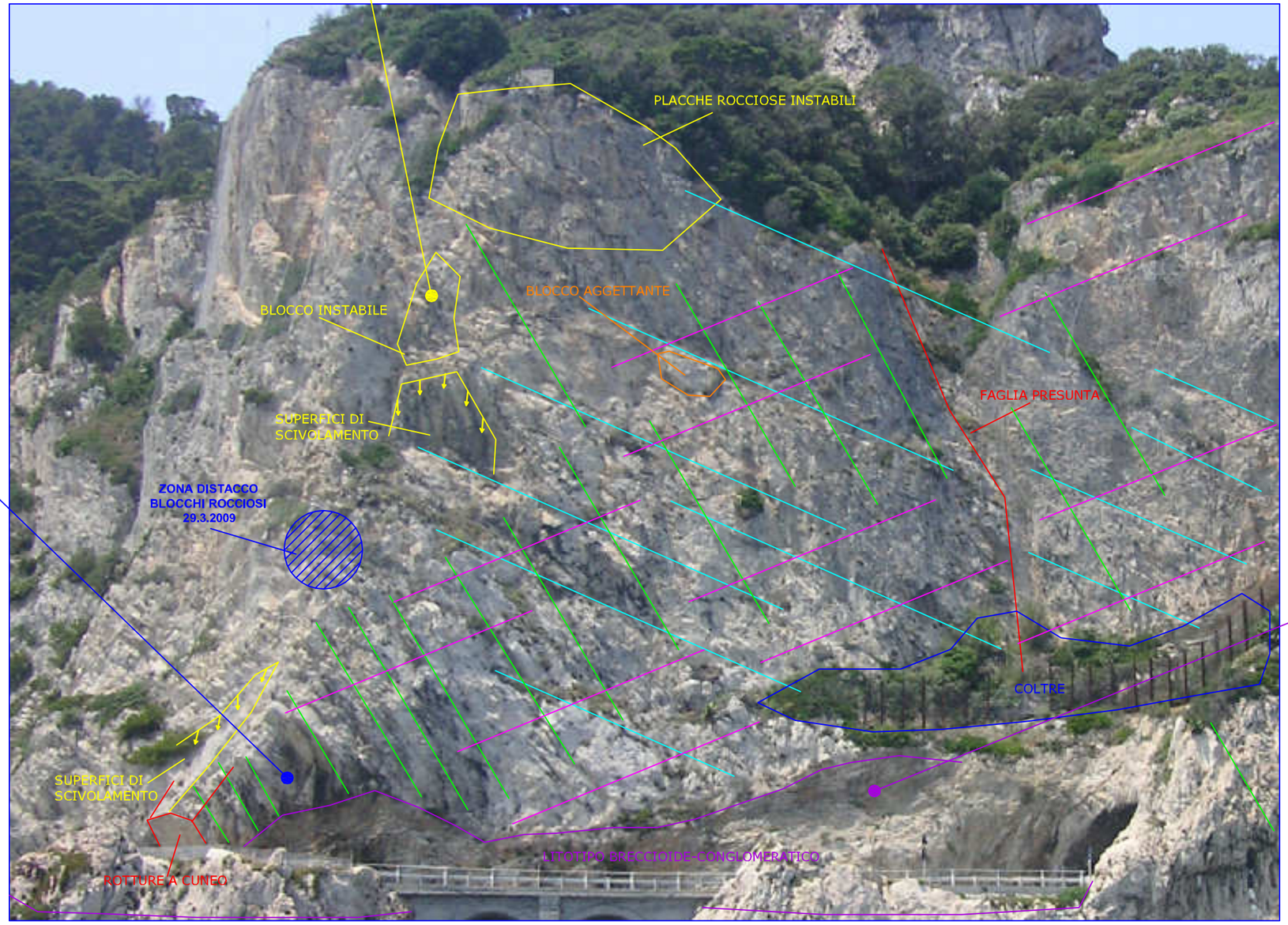
TAVOLA FOTOGRAFICA N.2

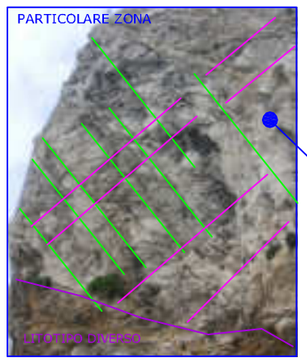


PARTICOLARE BLOCCO INSTABILE



STAZIONE 2
Proiezioni stereografiche

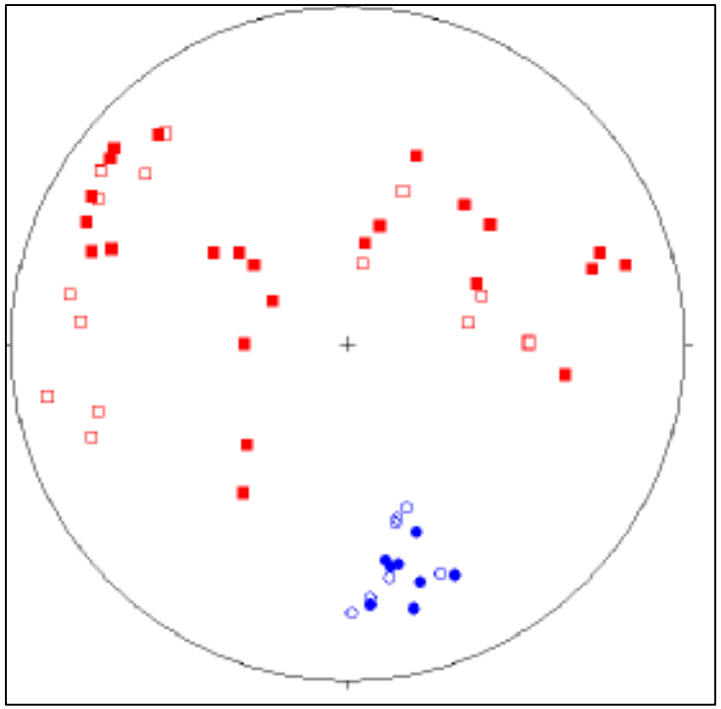






All.4b

RILIEVO GEOSTRUTTURALE LUNGO IL FRONTE ROCCIOSO



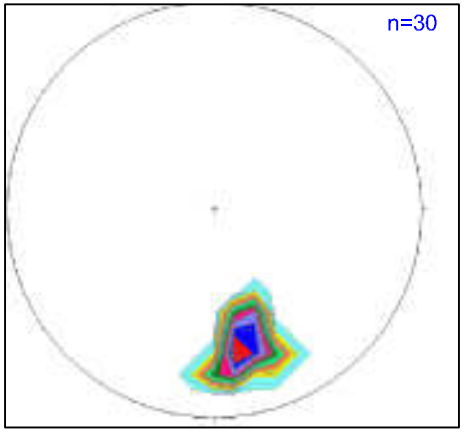
Proiezioni stereografiche (*stazioni n.1,2,3,4,5,6*)

STAZIONE	GIACITURA MEDIA DELLE FAMIGLIE		
	Superfici di strato	Giunti di frattura	
1	340-350/50-70	110-130/40-80	190-254/25-75
2	340-355/45-70	100-140/66-80 NE	190-270/20-45

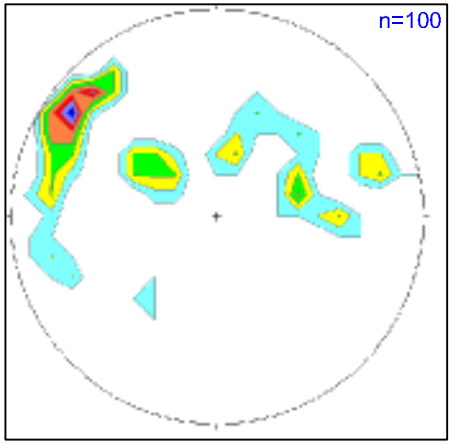
Legenda:

STAZIONI	Superfici di strato	Giunti di frattura
1	●	■
2	○	□

Isodense percentuali dei poli

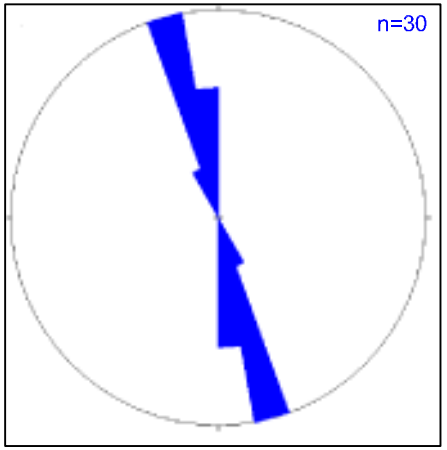


Superfici di strato

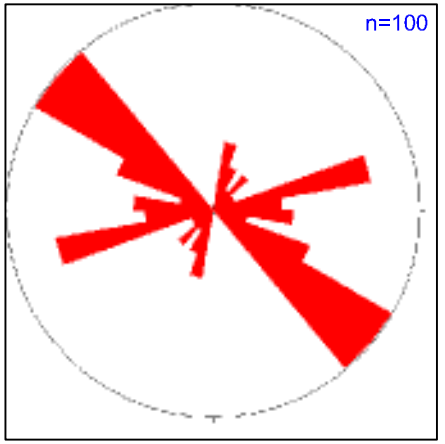


Giunti di frattura

Diagramma a rosa cumulativo



Superfici di strato



Giunti di frattura

All.5

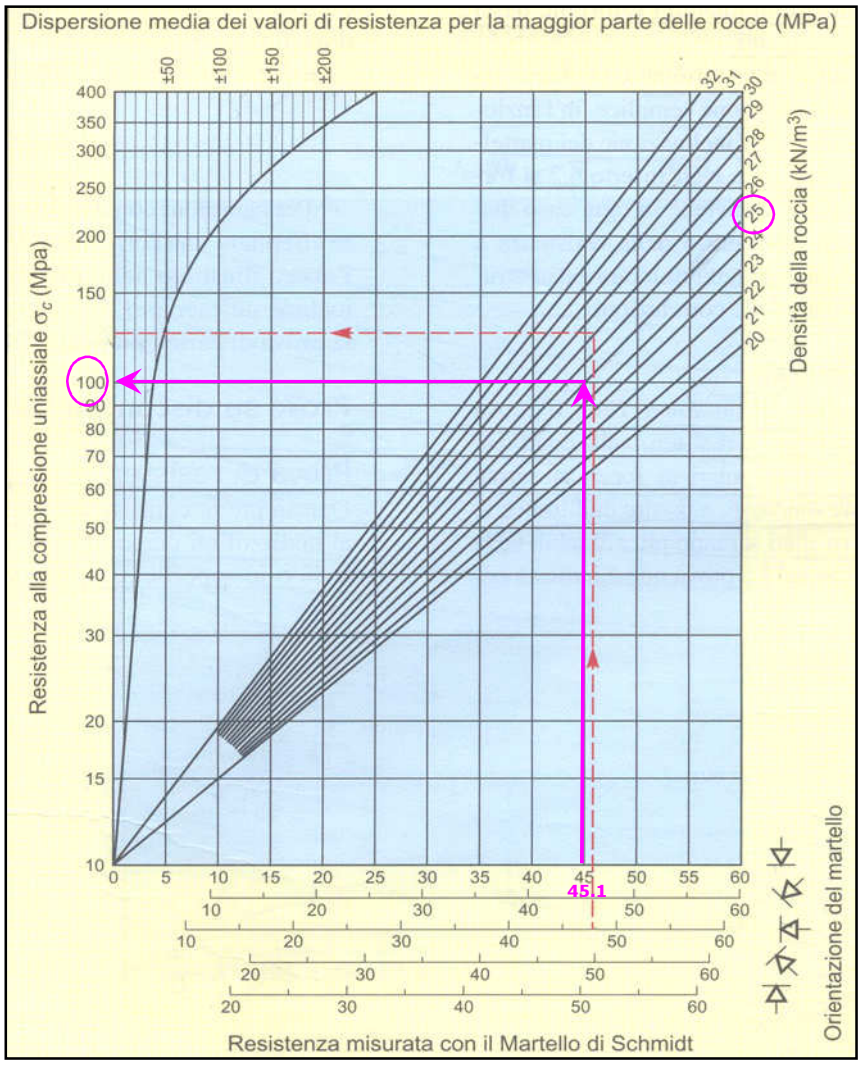
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE σc

LITOTIPO 1: Dolomie più o meno calcaree

R = 42; 42; 50; 45; 45; 50; 44; 45; 43; 45 = 45.1

γ = 25 KN/mc

σc = 100 Mpa = 1000 Kg/cmq



R = resistenza misurata con il Martello di Smith

γ = densità della roccia (KN/mc)

σc = resistenza alla compression uniassiale (Mpa)

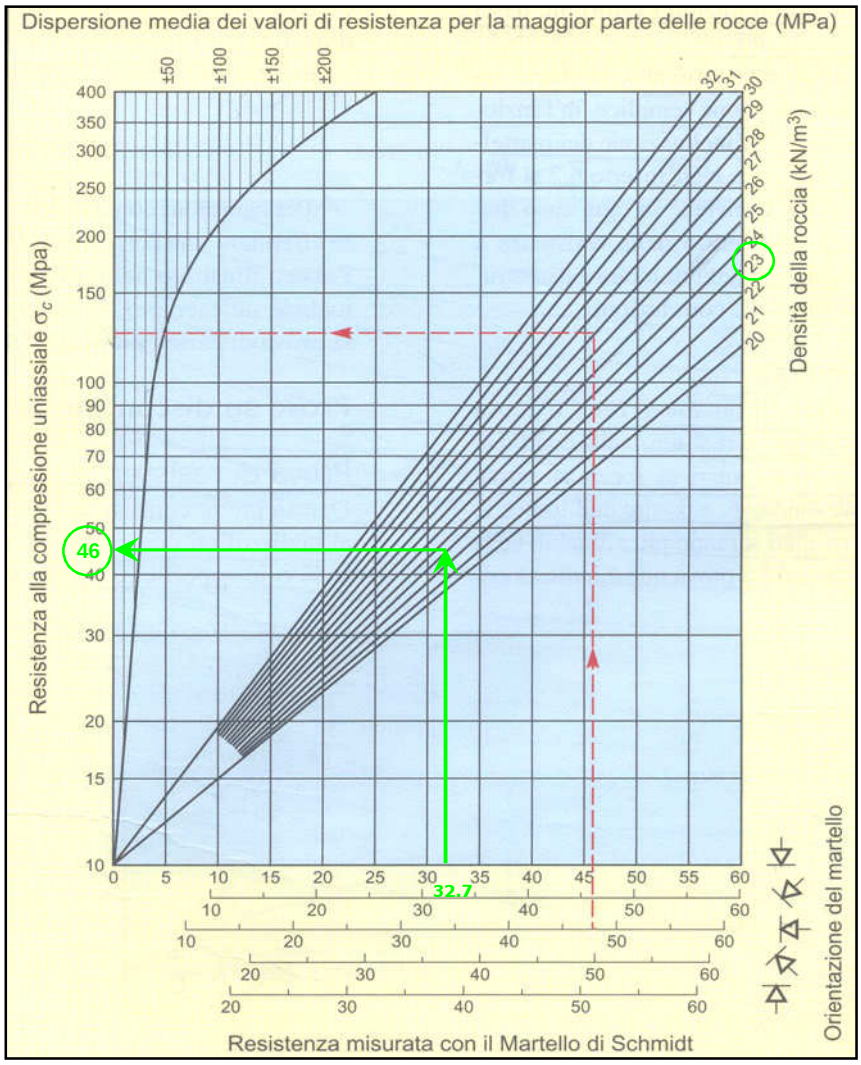
RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE UNIASSIALE σc

LITOTIPO 2: Brecce calcaree e dolomiche

R = 25; 29; 35; 30; 30; 50; 30; 23; 22; 20 = 32.7

γ = 23 KN/mc

σc = 46 Mpa = 460 Kg/cmq



R = resistenza misurata con il Martello di Smith

γ = densità della roccia (KN/mc)

σc = resistenza alla compression uniassiale (Mpa)

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Località Capo Noli
Stazione: 1
Ambito: C

Litotipo 1: Dolomie calcaree, in grosse bancate

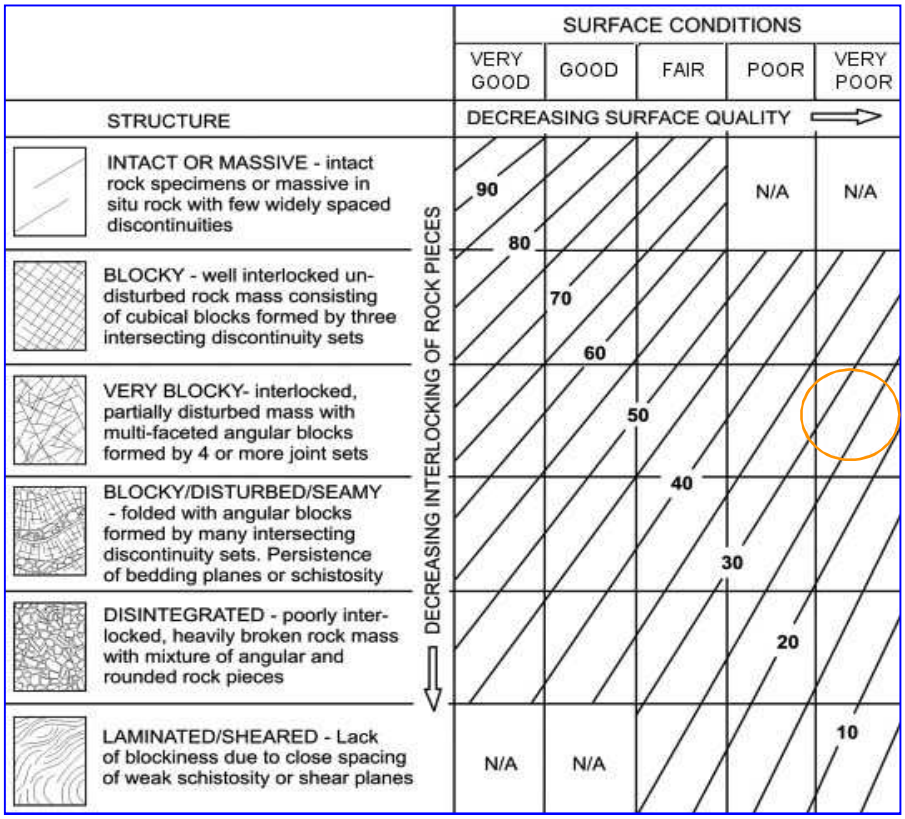
CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	**> 2500** *15*	**1000-2500** *12*	**500-1000** *7*	**250-500** *4*	**50-250** *2*	**10-50** *1*	**< 10** *0*
RQD (%)	**90-100** *20*	**75-90** *17*	**50-75** *13*	**25-50** *8*	**< 25** *3*		
Spaziatura discontinuità	**> 2 m.** *20*	**0.6-2 m.** *15*	**0.2-0.6 m.** *10*	**6-20 cm.** *8*	**< 6 cm.** *5*		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. *25*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. *20*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. *12*	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. *6*	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. *0*		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua *15*	Umidità *10*	Infiltrazioni *7*	Deboli venute d'acqua *4*	Problematiche idrauliche elevate *0*		

BRMR= 22 RMR Basic

BRMR	**0-25**	**25-50**			**50-70**	**70-90**	**90-100**
BRMR parziale	**/**	**25-33**	**33-41**	**41-50**	**/**	**/**	**/**
Classe	**V**	**IV a**	**IV b**	**IV c**	**III**	**II**	**I**
Qualità ammasso rocc.	**molto scadente**	**scadente**			**discreta**	**buona**	**ottima**
Coesione ammasso (di picco)	**<1 kg/cmq**	**1-1.5 kg/cmq**			**1.5-2 kg/cmq**	**2-3 kg/cmq**	**>3 kg/cmq**
Phi ammasso (di picco)	**< 30°**	**30°-35°**			**35°-40°**	**40°-45°**	**> 45°**

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)



GSI= 25-30 Indice GSI Classe D

All.7a

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Località Capo Noli
Stazione: 3
Ambito: A

Litotipo 1: Dolomie calcaree, in grosse bancate

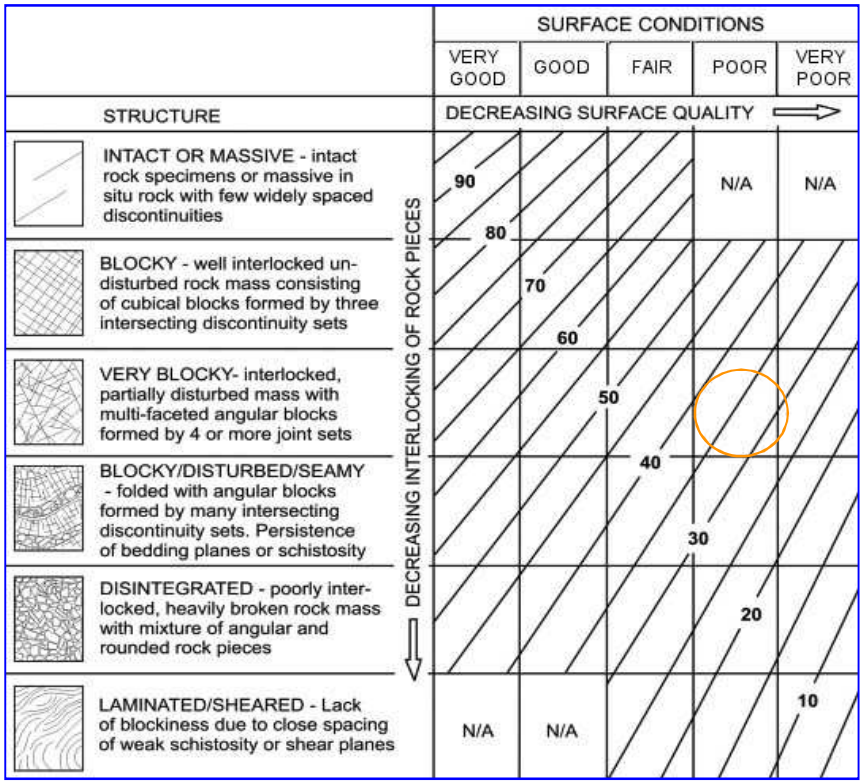
CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	**> 2500** *15*	**1000-2500** *12*	**500-1000** *7*	**250-500** *4*	**50-250** *2*	**10-50** *1*	**< 10** *0*
RQD (%)	**90-100** *20*	**75-90** *17*	**50-75** *13*	**25-50** *8*	**< 25** *3*		
Spaziatura discontinuità	**> 2 m.** *20*	**0.6-2 m.** *15*	**0.2-0.6 m.** *10*	**6-20 cm.** *8*	**< 6 cm.** *5*		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. *25*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. *20*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. *12*	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. *6*	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. *0*		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua *15*	Umidità *10*	Infiltrazioni *7*	Deboli venute d'acqua *4*	Problematiche idrauliche elevate *0*		

BRMR= 32 RMR Basic

BRMR	**0-25**	**25-50**			**50-70**	**70-90**	**90-100**
BRMR parziale	**/**	**25-33**	**33-41**	**41-50**	**/**	**/**	**/**
Classe	**V**	**IV a**	**IV b**	**IV c**	**III**	**II**	**I**
Qualità ammasso rocc.	**molto scadente**	**scadente**			**discreta**	**buona**	**ottima**
Coesione ammasso (di picco)	**<1 kg/cmq**	**1-1.5 kg/cmq**			**1.5-2 kg/cmq**	**2-3 kg/cmq**	**>3 kg/cmq**
Phi ammasso (di picco)	**< 30°**	**30°-35°**			**35°-40°**	**40°-45°**	**> 45°**

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)



GSI= 30-35 Indice GSI Classe C

All.7b

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Località Capo Noli
Stazione: 6
Ambito: A

Litotipo 1: Dolomie calcaree, in grosse bancate

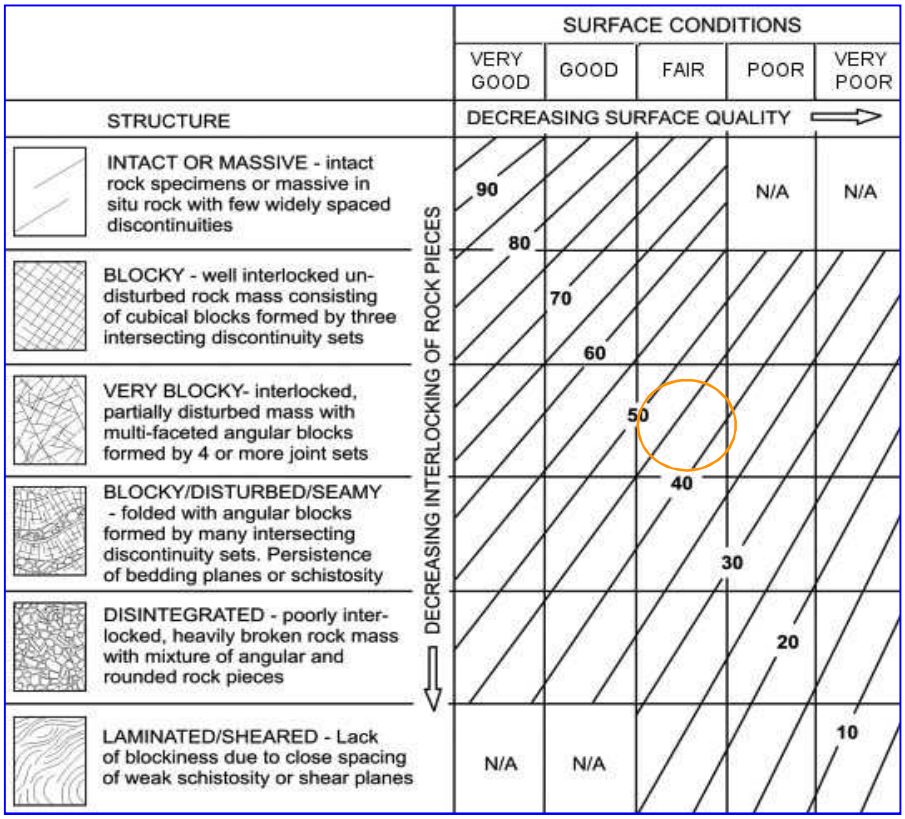
CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	**> 2500** *15*	**1000-2500** *12*	**500-1000** *7*	**250-500** *4*	**50-250** *2*	**10-50** *1*	**< 10** *0*
RQD (%)	**90-100** *20*	**75-90** *17*	**50-75** *13*	**25-50** *8*	**< 25** *3*		
Spaziatura discontinuità	**> 2 m.** *20*	**0.6-2 m.** *15*	**0.2-0.6 m.** *10*	**6-20 cm.** *8*	**< 6 cm.** *5*		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. *25*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. *20*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. *12*	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. *6*	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. *0*		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua *15*	Umidità *10*	Infiltrazioni *7*	Deboli venute d'acqua *4*	Problematiche idrauliche elevate *0*		

BRMR= 40 RMR Basic

BRMR	**0-25**	**25-50**			**50-70**	**70-90**	**90-100**
BRMR parziale	**/**	**25-33**	**33-41**	**41-50**	**/**	**/**	**/**
Classe	**V**	**IV a**	**IV b**	**IV c**	**III**	**II**	**I**
Qualità ammasso rocc.	**molto scadente**	**scadente**			**discreta**	**buona**	**ottima**
Coesione ammasso (di picco)	**<1 kg/cmq**	**1-1.5 kg/cmq**			**1.5-2 kg/cmq**	**2-3 kg/cmq**	**>3 kg/cmq**
Phi ammasso (di picco)	**< 30°**	**30°-35°**			**35°-40°**	**40°-45°**	**> 45°**

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)



GSI= 40-45 Indice GSI Classe B

All.7c

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Località Capo Noli
Stazione: 11
Ambito: A

Litotipo 1: Dolomie calcaree, in grosse bancate

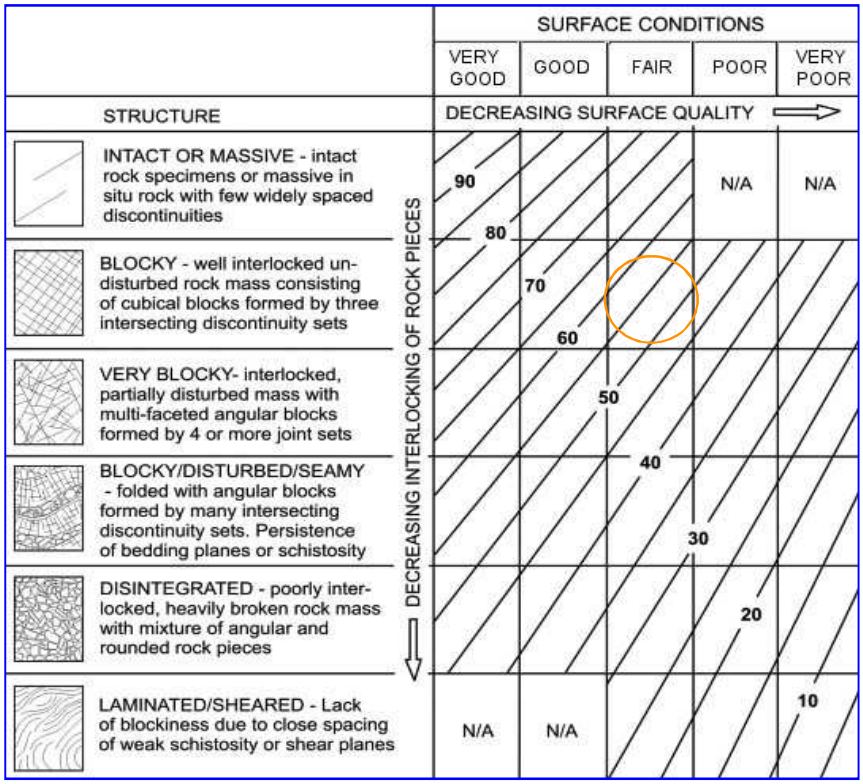
CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	**> 2500** *15*	**1000-2500** *12*	**500-1000** *7*	**250-500** *4*	**50-250** *2*	**10-50** *1*	**< 10** *0*
RQD (%)	**90-100** *20*	**75-90** *17*	**50-75** *13*	**25-50** *8*	**< 25** *3*		
Spaziatura discontinuità	**> 2 m.** *20*	**0.6-2 m.** *15*	**0.2-0.6 m.** *10*	**6-20 cm.** *8*	**< 6 cm.** *5*		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. *25*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. *20*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. *12*	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. *6*	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. *0*		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua *15*	Umidità *10*	Infiltrazioni *7*	Deboli venute d'acqua *4*	Problematiche idrauliche elevate *0*		

BRMR= 43 RMR Basic

BRMR	**0-25**	**25-50**			**50-70**	**70-90**	**90-100**
BRMR parziale	**/**	**25-33**	**33-41**	**41-50**	**/**	**/**	**/**
Classe	**V**	**IV a**	**IV b**	**IV c**	**III**	**II**	**I**
Qualità ammasso rocc.	**molto scadente**	**scadente**			**discreta**	**buona**	**ottima**
Coesione ammasso (di picco)	**<1 kg/cmq**	**1-1.5 kg/cmq**			**1.5-2 kg/cmq**	**2-3 kg/cmq**	**>3 kg/cmq**
Phi ammasso (di picco)	**< 30°**	**30°-35°**			**35°-40°**	**40°-45°**	**> 45°**

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)



GSI= 50-55 Indice GSI Classe A

All.7d

INDAGINI GEOMECCANICHE SULL'AMMASSO ROCCIOSO

Località Capo Noli
Stazione: 10
Ambito: D

Litotipo 2: Brecce calcaree e dolomiche

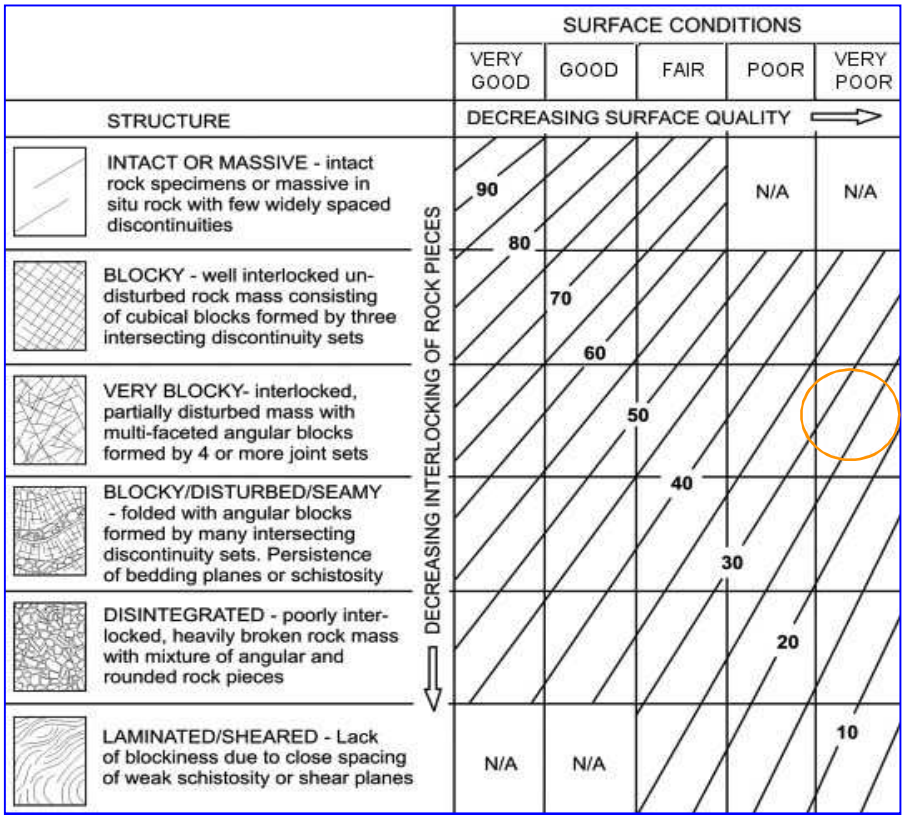
CLASSIFICAZIONE ROCK MASS RATING (BIENIAWSKI,1989)

Resist. compressione monoassiale (kg/cmq) (roccia intatta)	**> 2500** *15*	**1000-2500** *12*	**500-1000** *7*	**250-500** *4*	**50-250** *2*	**10-50** *1*	**< 10** *0*
RQD (%)	**90-100** *20*	**75-90** *17*	**50-75** *13*	**25-50** *8*	**< 25** *3*		
Spaziatura discontinuità	**> 2 m.** *20*	**0.6-2 m.** *15*	**0.2-0.6 m.** *10*	**6-20 cm.** *8*	**< 6 cm.** *5*		
Condizioni discontinuità	Superfici molto scabre, non continue. Discontinuità serrate. Pareti inalterate. *25*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti poco alterate. *20*	Superfici scabre. Apertura < 1 mm. Pareti molto alterate. *12*	Superfici lisce o riempimento < 5 mm. o apertura 1-5 mm. Giunti continui. *6*	Riempimento tenero di spessore > 5 mm. o apertura > 5 mm. Giunti continui. *0*		
Condizioni idrauliche	Assenza di acqua *15*	Umidità *10*	Infiltrazioni *7*	Deboli venute d'acqua *4*	Problematiche idrauliche elevate *0*		

BRMR= 22 RMR Basic

BRMR	**0-25**	**25-50**			**50-70**	**70-90**	**90-100**
BRMR parziale	**/**	**25-33**	**33-41**	**41-50**	**/**	**/**	**/**
Classe	**V**	**IV a**	**IV b**	**IV c**	**III**	**II**	**I**
Qualità ammasso rocc.	**molto scadente**	**scadente**			**discreta**	**buona**	**ottima**
Coesione ammasso (di picco)	**<1 kg/cmq**	**1-1.5 kg/cmq**			**1.5-2 kg/cmq**	**2-3 kg/cmq**	**>3 kg/cmq**
Phi ammasso (di picco)	**< 30°**	**30°-35°**			**35°-40°**	**40°-45°**	**> 45°**

GEOLOGICAL STRENGHT INDEX (GSI) (Hoek et All. 1995-2003)



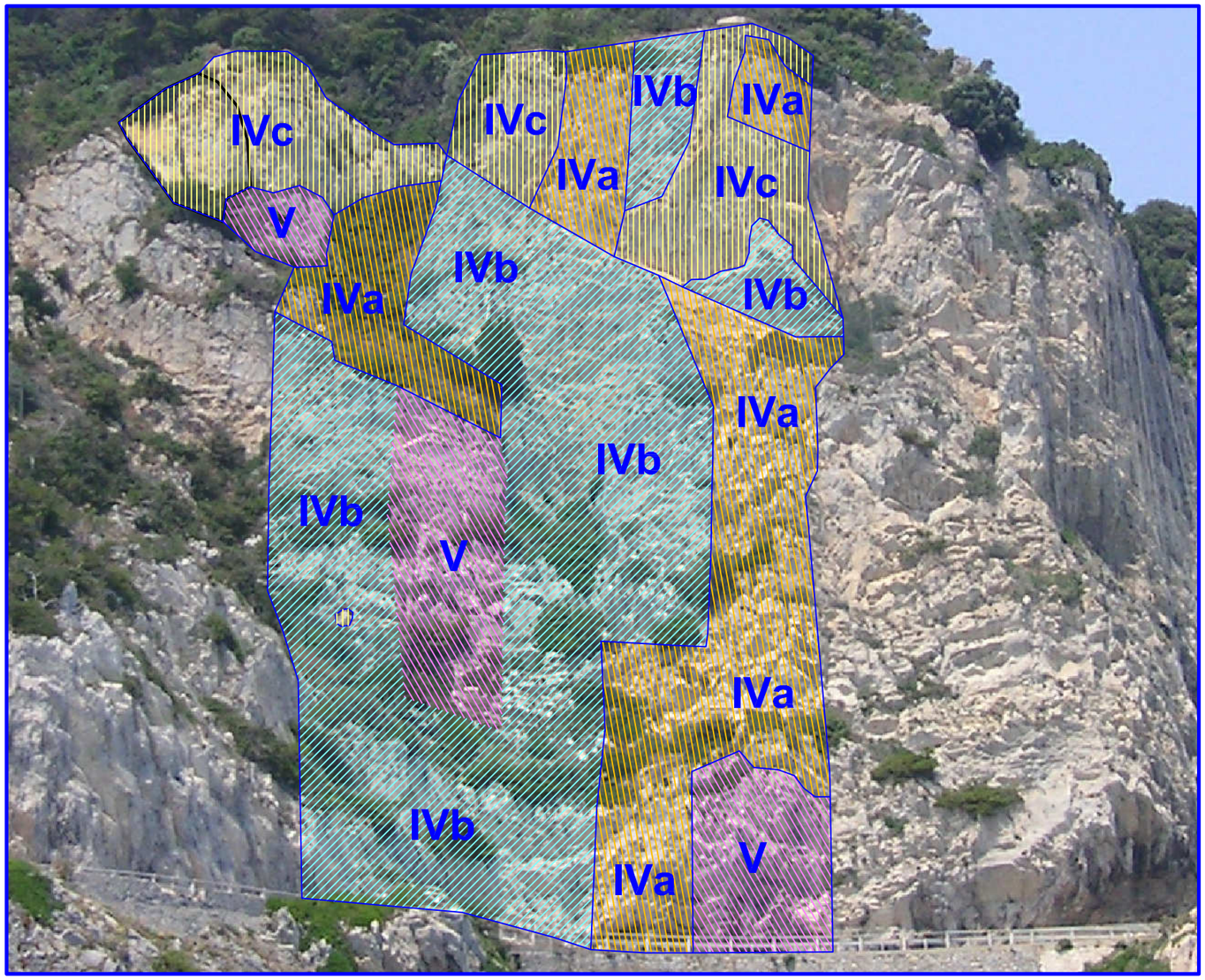
GSI= 25-30 Indice GSI Classe D

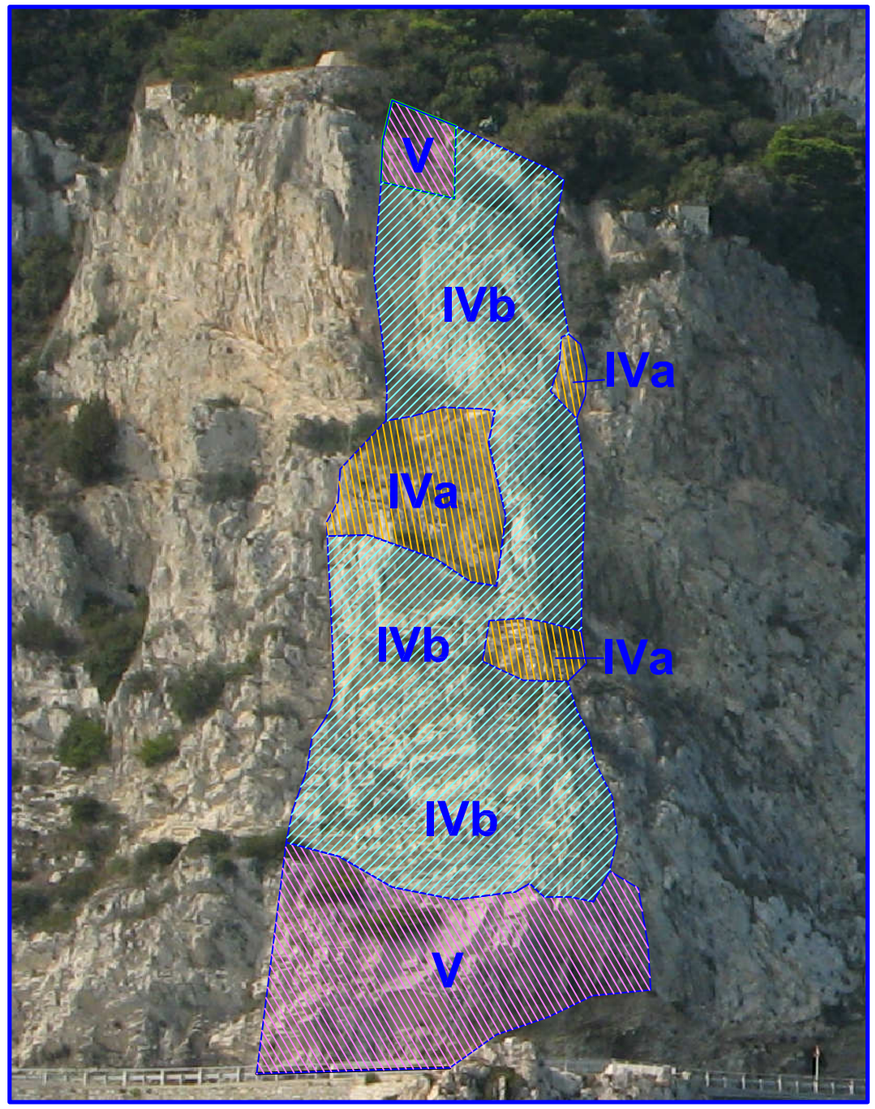
All.7e

RIASSUNTO CLASSIFICAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

DENOMINAZIONE			ROCK MASS RATING - BIENIAWSKI						GSI	
SETTORE	AMBITO	PARTICOLARE	Indice	BRMR	Classe	Qualità ammasso roccioso	Coesione di picco (Kg/cmq)	Angolo d'attrito (°)	Indice GSI	Classe
1	A		48	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
	B		42	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
	C		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
	D		31	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	E		35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	F		35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		a	43	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
2	A		43	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
	B		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	C		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
3	A		32	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	B		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	C		36	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	D		35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	E		38	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	F		38	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
4	A		35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	B		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
	C		31	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	D		28	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
	E		28	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
5	A		44	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		a	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	B		43	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
		b	44	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	C		38	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	D		30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
		c	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
	E		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
		d	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
6	A		40	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		a	22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
	B		30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
	C		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
7	A		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		a	40	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	B		40	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		b	37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
		c	35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
		d	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	C		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		e	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	D		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	E		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
8	A		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
		a	31	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	B		30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
	C		28	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
9	A		34	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
		a	30	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	B		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	C		37	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		b	34	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
10	A		27	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	25-30	D
	B		34	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
		a	40	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	30-35	C
		b	40	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B
	C		19	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
	D		22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
11	A		43	41-50	IV c	Scadente c	1-1.5	30°-35°	50-55	A
		a	22	0-25	V	Molto scadente	<1	< 30°	25-30	D
	B		27	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	C		27	25-33	IV a	Scadente a	1-1.5	30°-35°	30-35	C
	D		35	33-41	IV b	Scadente b	1-1.5	30°-35°	40-45	B

QUALITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO MEDIANTE RMR
(Rock Mass Rating- Bieniawski)





LEGENDA

Classe IVa: RMR 41-50
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE a

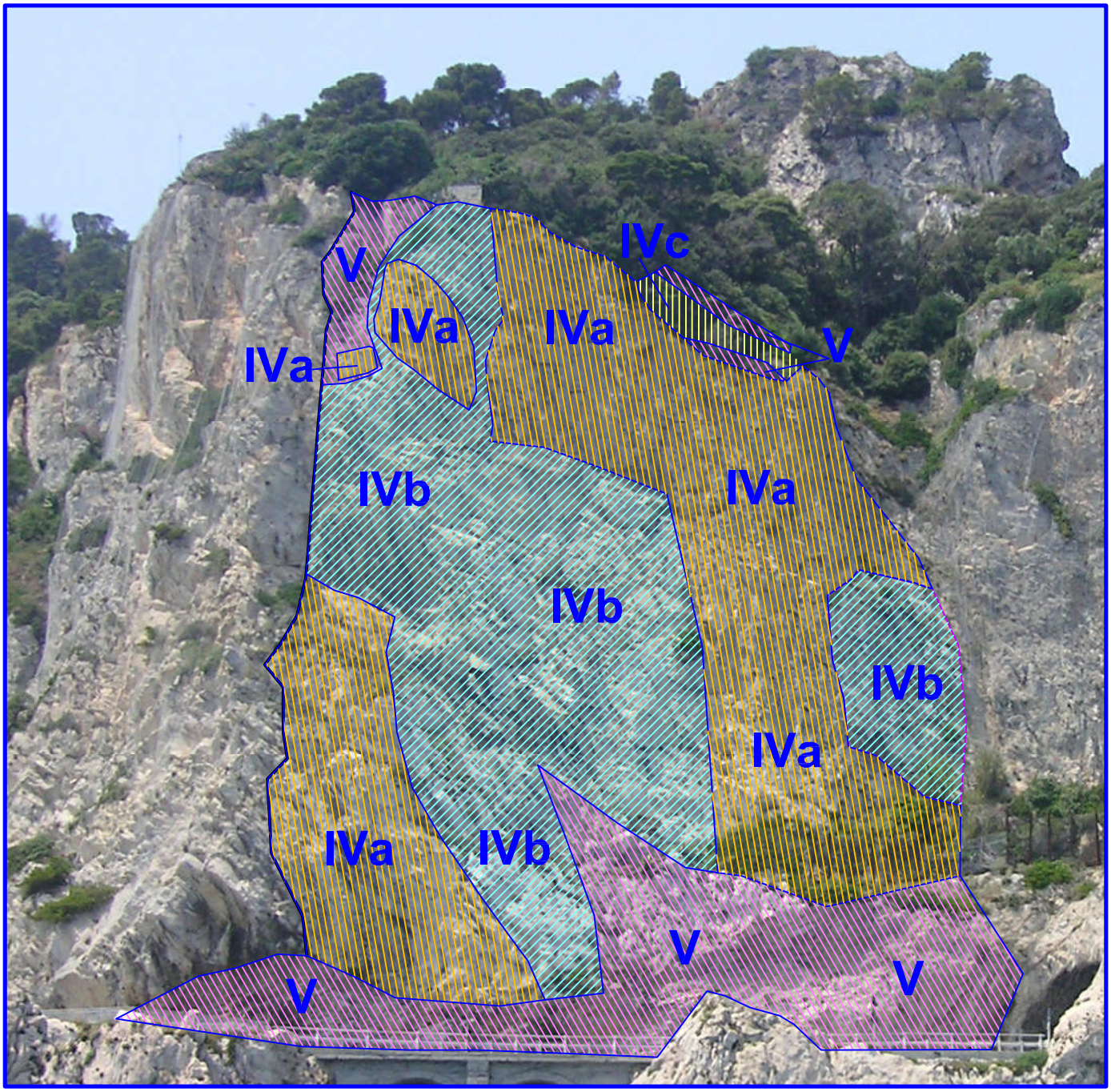
Classe IVb: RMR 33-41
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE b

Classe IVc: RMR 25-33
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE c

Classe V: RMR 0-25
Qualità dell'ammasso roccioso
MOLTO SCADENTE

All.9a

QUALITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO MEDIANTE RMR
(Rock Mass Rating- Bieniawski)



LEGENDA

Classe IVa: RMR 41-50
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE a

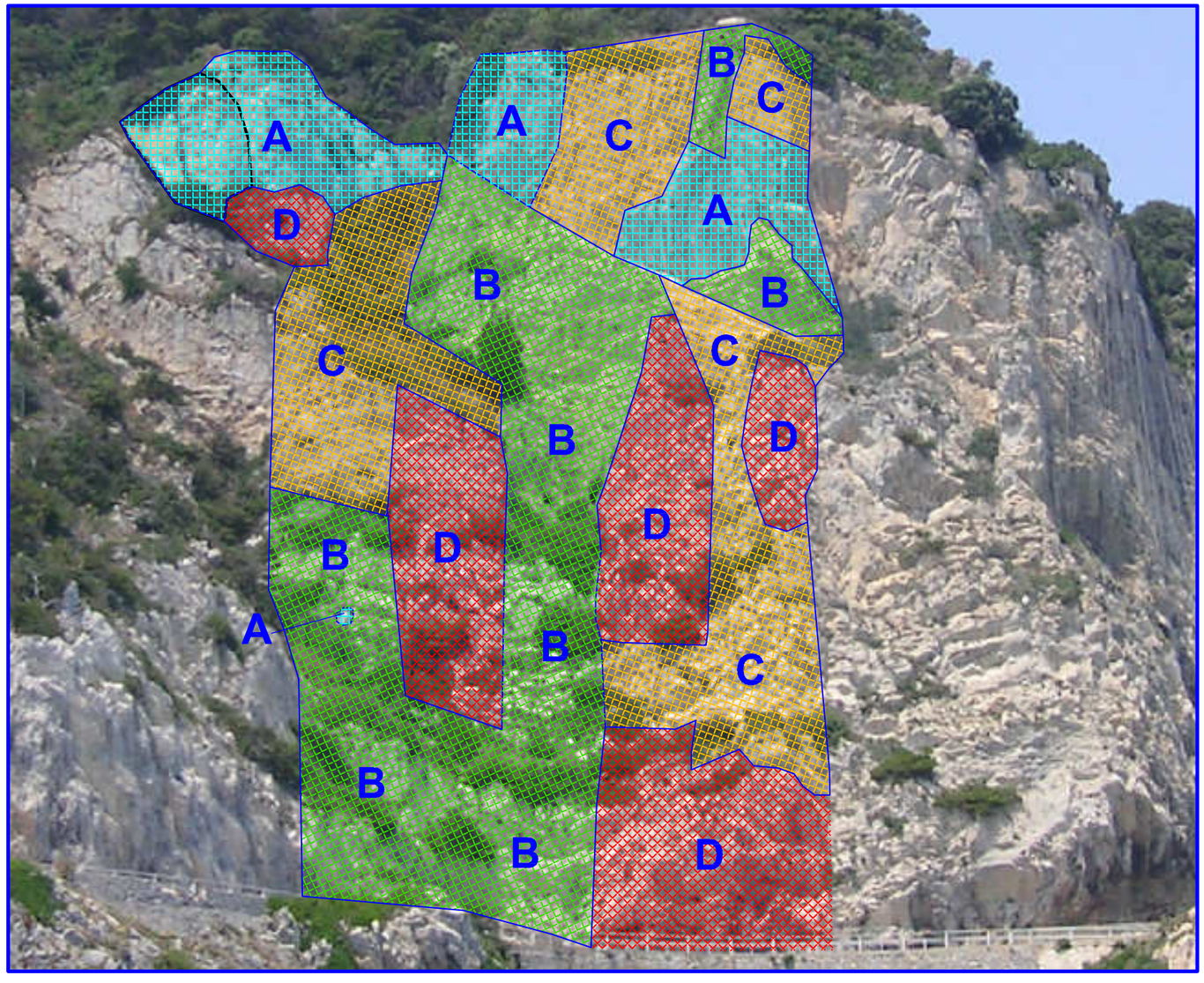
Classe IVc: RMR 25-33
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE c

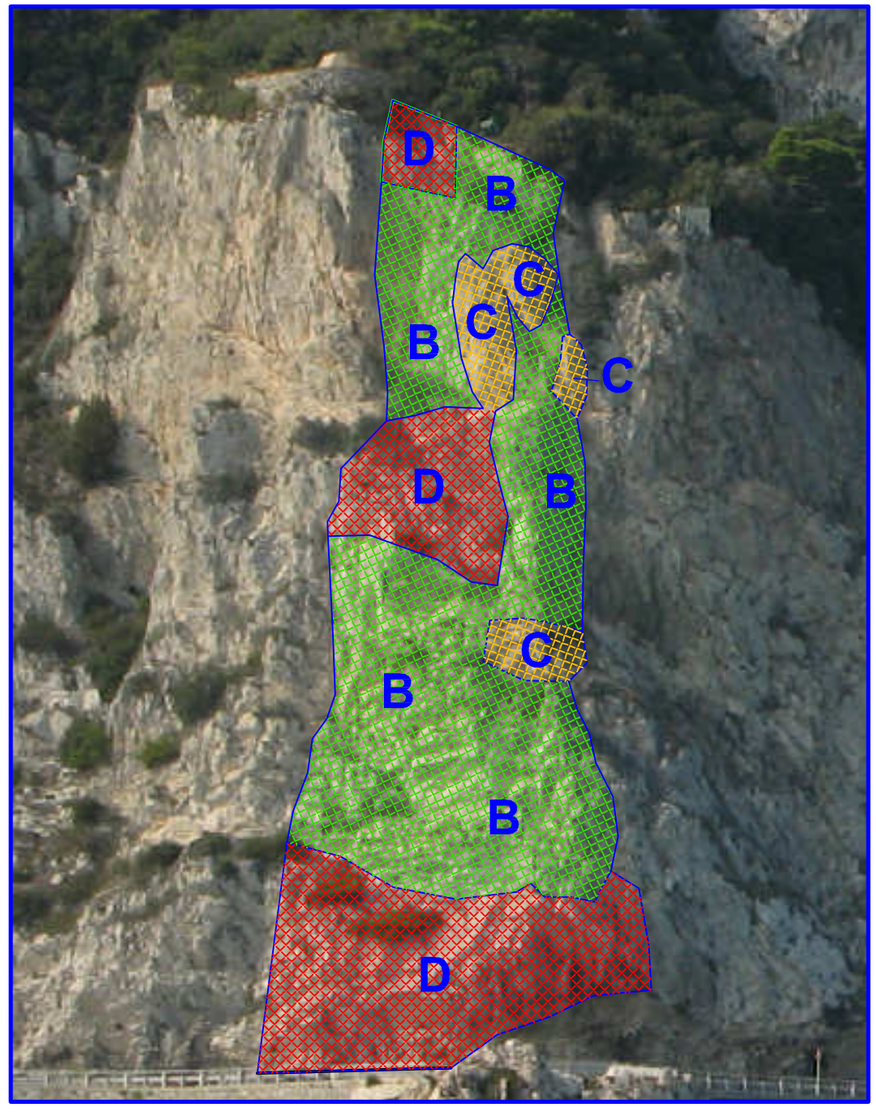
Classe IVb: RMR 33-41
Qualità dell'ammasso roccioso
SCADENTE b

Classe V: RMR 0-25
Qualità dell'ammasso roccioso
MOLTO SCADENTE

All.9b

QUALITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO MEDIANTE GSI
(Geological Strenght Index)



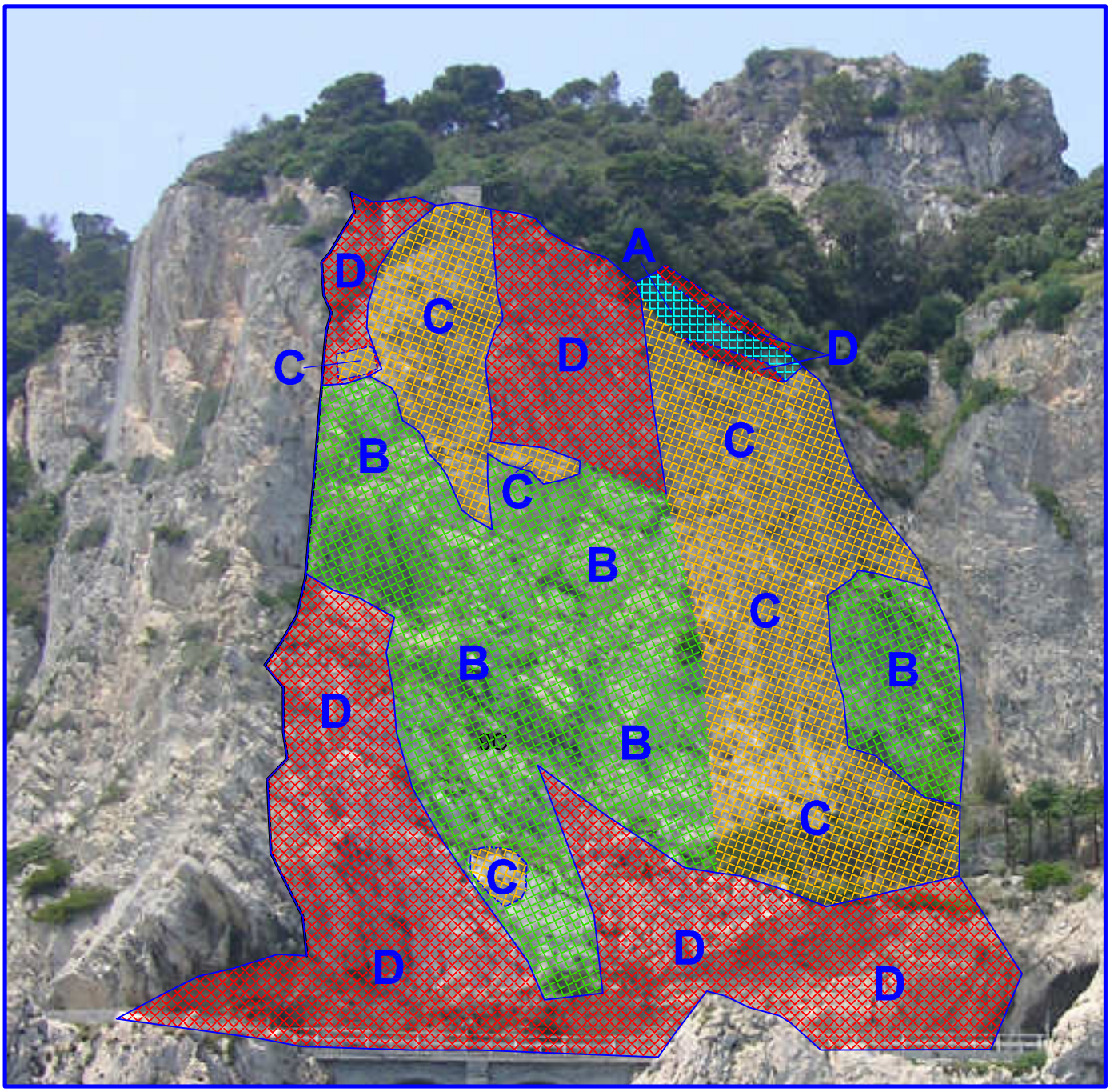


LEGENDA

- Classe A: GSI 50-55
- Classe B: GSI 40-45
- Classe C: GSI 30-35
- Classe D: GSI 25-30

All.10a

QUALITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO MEDIANTE GSI
(Geological Strenght Index)



LEGENDA

- Classe A: GSI 50-55
- Classe B: GSI 40-45
- Classe C: GSI 30-35
- Classe D: GSI 25-30

All.10b

TABELLA SEMPLIFICATA DEI PRINCIPALI CINEMATISMI

DENOMINAZIONE			DIMENSIONI SUPERFICIALI			SPESSORE/VOLUME		SITUAZIONE	GIACITURE RISPETTO AL FRONTE																INSTABILITA'										CONDIZIONI DI STABILITA'		ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA'															
			LATI		AREA				STRATIFICAZIONE					GIUNTI DEI CINEMATISMI GENERALI					GIUNTI DEI CINEMATISMI INTERNI					CINEMATISMI GENERALI					CINEMATISMI INTERNI						(SCIVOLAMENTO PLANARE)		CLASSE 1 (evento <3 mc)				CLASSE 2 (evento 3-30 mc)				CLASSE 3 (evento 30-300 mc)				CLASSE 4 (evento >300 mc)			
SETTORE	AMBITO	PARTICOLARE	Larghezza / lunghezza (m)	Altezza (m)	Valore (mq)	Spessore ortogonale al fronte (stimabile in) (m)	Volume (mc)	Apertura delle fratture di distacco (mm)	Franapoggio	Traversopoggio	Reggipoggio	Verticale parallela al fronte	Verticale perpend. al fronte	Franapoggio	Traversopoggio	Reggipoggio	Verticale parallela al fronte	Verticale perpend. al fronte	Franapoggio	Traversopoggio	Reggipoggio	Verticale parallela al fronte	Verticale perpend. al fronte	Crollo	Scivolamento planare	Scivolamento a cuneo	Ribaltamento	Meccanismo complesso	Detriz. cotica superficiale	Crollo singoli volumi	Sciame di blocchi	Scivolamento planare	Scivolamento a cuneo	Ribaltamento	Meccanismo complesso	Angolo d'attrito (°)	Inclinazione del giunto su cui si verifica lo scivolameto (°)	Dissesto improbabile	Dissesto possibile	Dissesto probabile	Dissesto molto probabile	Dissesto improbabile	Dissesto possibile	Dissesto probabile	Dissesto molto probabile	Dissesto improbabile	Dissesto possibile	Dissesto probabile	Dissesto molto probabile	Dissesto improbabile	Dissesto possibile	Dissesto probabile	Dissesto molto probabile
1	A		15	14	150	7	800				P					P		S			P		S			P			P			S																			
	B		10	9	80	5	350	80			P					P		S			P		S						P			S																			
	C		8	9	60	5	250				P							S			P		S						P																						
	D		15	25	300	1.5	400																					P		S																					
	E		15	12	150	5	700				P			S		P		S	S		P		S			P			P			S																			
	F		15	20	250	3	700				P								S		P		S						P			S																			
		a	1.5	2	2	pari 1.5	3	100								P								P																											
2	A		10	14	140	6	840	100			P			P		P				S	P	P	P	P			P	P			P	S				P																		
	B		10	16	160	4	640				P								S	P	P		P						P						P																		
	C		10	25	250	3	750				P								P		P		P						P						P																		
3	A		10	17	170	5	850				P			P		P		P	P	S	P		P			P			P	S				P																		
	B		15	25	375	4	1500				P								P	S	P		P						P	S				P																		
	C		10	8	80	3	240				P								P	S	P		P						P																						
	D		10	15	150	3	450				P								P	S	P		P						P	S				P																		
	E		10	5	50	3	150				P								P	S	P		P						P																						
	F		10	10	100	3	300				P								P	S	P		P						P						P																		
4	A		10	17	170	5	850				P			P		P		P	P	S	P		P			P			P	S				P																		
	B		15	17	255	7	1500				P					P		S	S		P		P						P	S				P																		
	C		15	11	160	3	450				P								P	S	P		P						P	S				P																		
	D		10	8	80	3	240				P								P	S	P		P						P																						
	E		10	9	90	3	270				P								P	S	P		P						P						P																		
5	A		10	10	100	3	300	8			P										P								P																						
		a	5	10	50	3	150	50			P				S	P	P	P			P	P	P		P				P	P				P																		
	B		10	10	100	/	/				P					P					P					P								P																		
		b	5	5	25	3	75	10			P				P	P	P				P	P	P		P	P						P		P			27.1	75														
	C		12	10	120	4	480	300			P				P	P					P	P							P					P																		
	D		12	45	500	3	1500				P										P	P	P						P	P				P																		
		c	6	10	60	5	300				P										P	P							P					P																		
	E		10	15	150	2	300				P										P								P					P																		
		d	5	3	15	2	30	100			P				P	P					P	P							P																						
6	A		10	18	180	8	1200	15			P	P		S	S	P		S	S	S	P		S				S	P		P																						
		a	10	7	70	3	200				P								S	S	P		S						P	P	S																					
	B		10	12	120	3	300				P								S	S	P		S						P																						
	C		15	40	600	5	2500				P	P		S	S	P		S	S	S	P		S			S	P		P																						
7	A		10	5	50	6	300			P	P	P							P	P	P	P							P	S																					
		a	5	5	25	2	50	30		P	P			P		P	P		P	P	P		P	P		P			P																						
	B		10	17	150	4	600			P	P	P							P	P	P	P							P																						
		b	8	12	100	4	350	100		P	P	P							P	P	P	P							P				L																		
		c	6	8	50	2	100	100		P	P			P		P	P		P	P	P	P		P			P			P			S																		
		d	3	7	20	2	40	50		P	P			P		P	P		P	P	P	P		P			P			P																						
	C		8	15	120	7	840	40		P	P					P			P	P	P		P	P	S		P			P						27.9	50														
		e	8	5	40	3	120			P	P	P							P	P	P	P							P																						
	D		6	28	170	3	500	60		P	P				P	P			P	P	P	P		P	P		P			P																						
	E		20	20	400	3	1200			P	P								P	P	P	P							P																						
8	A		10	17	170	5	750			P									S	P		P	P						P		P					28	75														
		a	2	2	4	2	8	60						P		P	S							P												28.8	75														
	B		10	15	150	3	450			P									S	P		P							P		P					28.2	70		X		X									
	C		10	12	120	3	360			P									S	P	P	P							P									X			X									
9	A		15	35	380	5	1500			P				P	P		P		P	P		P		P	P				P		P					28	75														
		a	10	8	80	5	300	50		P				P	P		P		P	P		P		P	P				P		P					28.3	80														
	B		15	32	300	8	2400	30		P	P			S	P	P	S		P	P	P	S		P			P			P			P																		
	C		20	35	600	3	1800			P									P	P		P							P		P					27.9	60		X		X		X						
		b	4	4	15	1.5	22	10		P	S			P	S		P		P	P		P			P				P		P					28.2	65		X		X		X						
10	A		20	20	400	3	1200			P									S	P		S	P						P		S					28.8	80				X				X					
	B		20	23	450	3	1200			P									S	P		P	P						P		P					28.8	80				X				X					
		a	5	3	15	1.5	20	50		P				P	S		P							P														X					X	X					
		b	6	4	24	1.5	30	50		P				P	S		P							P														X					X	X					
	C		20	23	450	2	900			P									S	P		P	P						P		S					28.3	65				X		X			X				
	D		50	8	300	/	/			P														P	P														X		X				X					
11	A		20	18	360	3	600			P									S	P	P								P										X		X				X					
		a	20	18	100	3	150																	P	P															X				X					
	B		20	7	140	3	300	100		P				S	P	P	P		P	P	P	P							P	P			P																		
	C		20	35	700	3	2100			P									S	P		P	P						P										X			X			X					
	D		10	15	150	3	450	10		P		P		S	P		P	P	S	P		P	P						P							29.4	85		X				X				X			
S1			90	30	2700	15	40000							P	P	S		S					P													28	85														

LEGENDA:
Nelle caselle vengono riportati i valori numerici, X, o i seguenti simboli: P, S, L = aspetto predominante, secondario, locale nell'elemento descritto, in relazione alla frequenza di reperimento della caratteristica considerata; non implica alcuna valutazione di stabilità e/o pericolosità.

OPERE DI DIFESA ESISTENTI

RETE NON ADERENTE ALLA SCARPATA

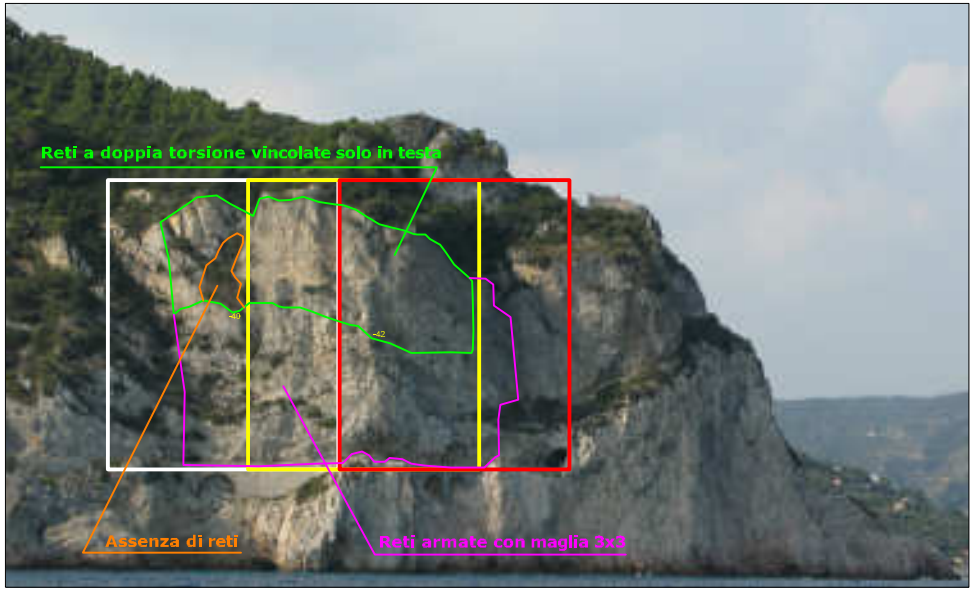


PARTICOLARE ASSENZA DI RETE





PARTICOLARE RETE PARAMASSI
NON ADERENTE



PARTICOLARE FUNI D'ACCIAIO NON TESATE

