COMUNE DI ZOAGLI

Città Metropolitana di Genova

OGGETTO: REALIZZAZIONE DI MOLO AD USO TURISTICO E DIFESA DELLA COSTA DEL FRONTE MARE ANTISTANTE LA STAZIONE FERROVIARIA E IN COLLEGAMENTO CON LA PASSEGGIATA A MARE DI LEVANTE

Studio di Geologia

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: *Comune di Zoagli*

Chiavari, 27 luglio 2023 **Geol. Marco Dasso**



Geologia - Geotecnica - Geofisica: indagini, consulenze, monitoraggi
Tel: 0185308965 - Cell: 347903814 - Email: m.dasso@libero.it
Iscritto Albo Geologi della Liguria n° 614 sez A
P.IVA: 02039740994 – C. F. DSSMRC83A09C621S

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

INDICE DEI CAPITOLI

1. PREMESSE ED INQUADRAMENTO GENERALE

- Premessa urbanistica ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO DEL SETTORE COSTIERO DEL PARCO

- Inquadramento da Piano di Bacino Ambito 15

- Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE - GEOMORFOLOGICHE GENERALI

4. STAZIONI DI RILEVAMENTO

5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

6. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

7. CONCLUSIONI

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

1. PREMESSE ED INQUADRAMENTO GENERALE

La redazione del presente documento riguarda, per quanto di competenza della figura professionale del geologo, la redazione della Relazione Geologica relativa alla sistemazione di un'area sottostante la stazione di Zoagli da adibire all'attracco per battelli con inserimento di un moletto e di un camminamento sulla scogliera.

Il presente elaborato viene redatto ai sensi della art. 89 del DPR 380/2001 ed in particolare in applicazione della circolare n° 4551 del 12/12/1989 e della DGR 714 del 2011 le quali sono parzialmente associabili all'intervento in epigrafe in quanto si tratta di un intervento puntuale e minimale non riferito ad un insediamento ma semplicemente, come vedremo meglio in seguito, di una modesta infrastruttura atta allo sbarco dei passeggeri su un modesto moletto in C.A.

Non trattandosi di un insediamento residenziale ai sensi del punto 3.3. della richiamata circolare si specifica che le indagini geologiche coincidono sostanzialmente con la totalità delle indagini prescritte dalle NTC 2018 ed ancora non appare necessario individuare norme tecniche di attuazione per l'intervento di che trattasi.

Il paraggio costiero di Zoagli si sviluppa per circa 2 km ed è delimitato a levante dalla Punta di San Pietro ed a ponente dal promontorio di Monte Grosso.

Si tratta di una serie di calette poco profonde in cui l'unica discontinuità morfologica è rappresentata dalla spiaggia di Zoagli che si inserisce al centro del paraggio in corrispondenza dell'unico corso d'acqua di un certo rilievo che sfocia nella zona, il rio Semorile.

Le uniche opere marittime presenti nel paraggio sono i due moletti che delimitano ai lati la baia di Zoagli e le scogliere radenti a protezione della linea ferroviaria in corrispondenza della stazione di Zoagli.

Sulla costa esistono diversi manufatti ed edificazioni che si spingono anche sull'orlo della falesia attiva o sono interessati direttamente dal moto ondoso come ad esempio la passeggiata a mare di Zoagli.

Il paraggio di Zoagli è esposto ai mari prevalenti di Libeccio, ed è interessato secondariamente dai mari provenienti dai settori di Mezzogiorno e di Scirocco.

Il tratto di costa in cui è previsto l'inserimento dell'attracco si inserisce nel tratto terminale della passeggiata pedonale del settore di Levante del Comune, raggiungibile anche tramite una

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

scalinata dalla soprastante stazione ferroviaria ed è caratterizzato da costa alta con falesie strapiombanti verso il mare con diverse inclinazioni, complessivamente a franapoggio, in cui si sviluppa una piccola insenatura protetta sul lato occidentale dal promontorio di Punta Stella (Fig. 1-2).

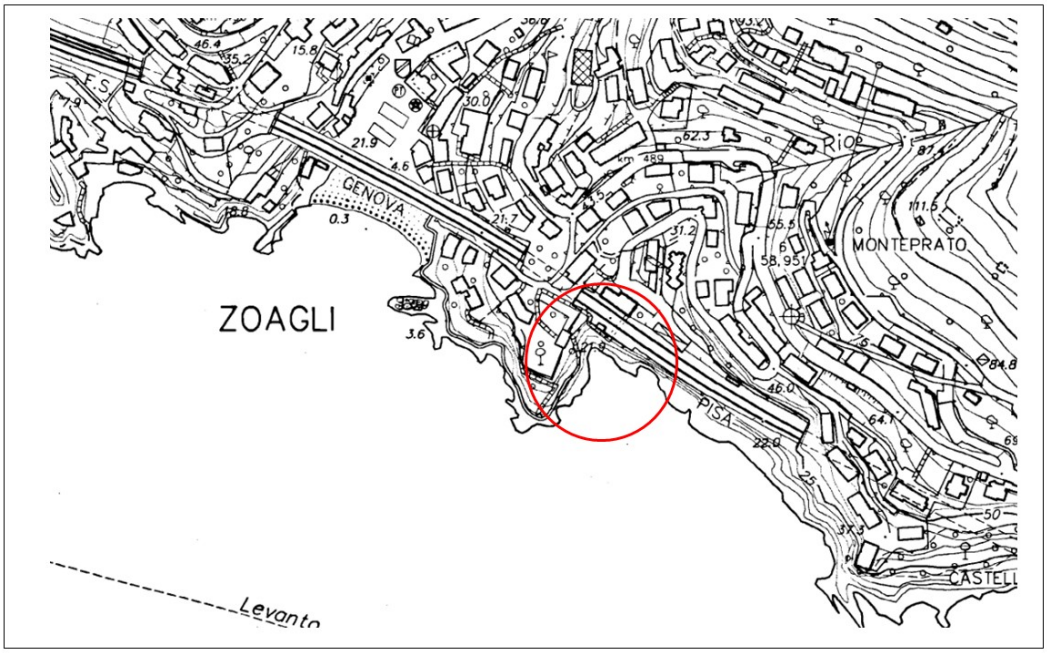


Fig.1 – Carta Tecnica Regionale



Fig.2 – Ortofoto satellitare

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

- Premessa urbanistica ai sensi dell'art. 89 del DPR 380/2001

Il progetto riguarda l'inserimento di un modesto moletto atto a consentire lo sbarco ai passeggeri da battelli turistici di linea nel golfo del Tigullio oltre a fungere da difesa della costa con il potenziamento e sistemazione dell'area circostante, in particolare migliora la protezione del manufatto retrostante che funge da contenimento della linea ferroviaria di proprietà RFI.

Inquadramento del PRG



ART. 32 – ZONE G - DESCRIZIONE

Queste zone individuano la fascia costiera, caratterizzata da alto valore paesaggistico, da riservare alle attività balneari e sportive, con esclusione di qualsiasi nuovo insediamento residenziale, commerciale o turistico.

In dette zone, ove previsto l'art. 55 del Codice di Navigazione, gli interventi devono ottenere il Nulla Osta delle competenti Autorità Demaniali.

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

NORME REGOLAMENTARI

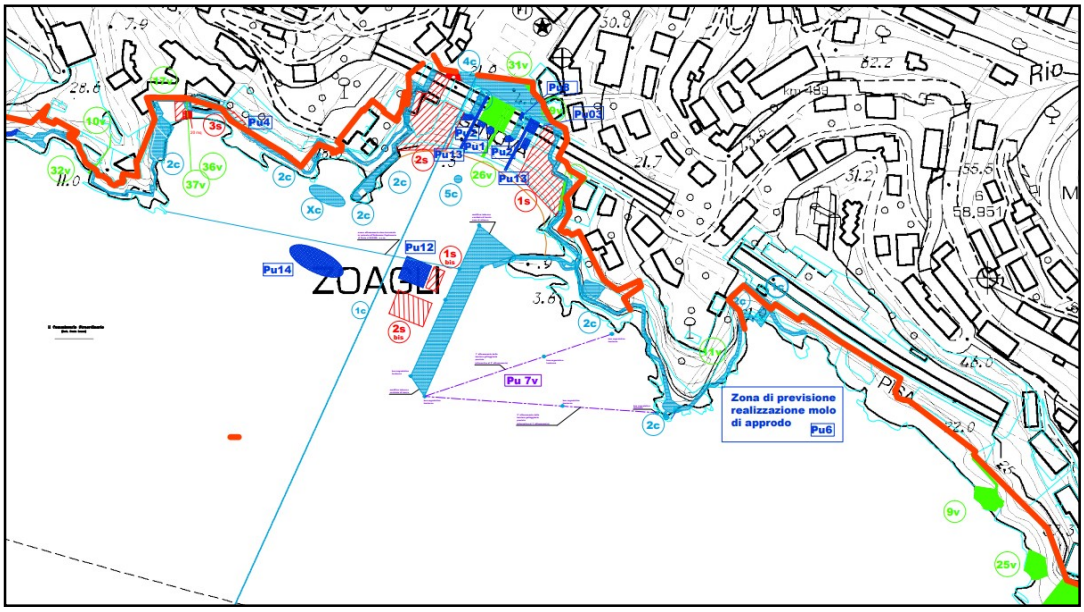
In dette zone costiere G il rilascio delle concessioni è subordinato alla formazione obbligatoria ed alla sua preventiva approvazione di uno Strumento Urbanistico Attrattivo S.U.A., esteso all'intera porzione di zona indicata nelle tavole di zonizzazione.

Detti S.U.A. devono prevedere una ristrutturazione organica delle zone stesse e l'insediamento di attrezzature destinate allo sport, al tempo libero ed alle attività balneari, tali però che le loro emergenze volumetriche non costituiscono diaframmi rispetto alle prospettive ed ai profili godibili dalla costa e dal mare. L 'indice di fabbricabilità territoriale è IT = 0,05 mc/mq e altezza massima consentita è di m 6,00.

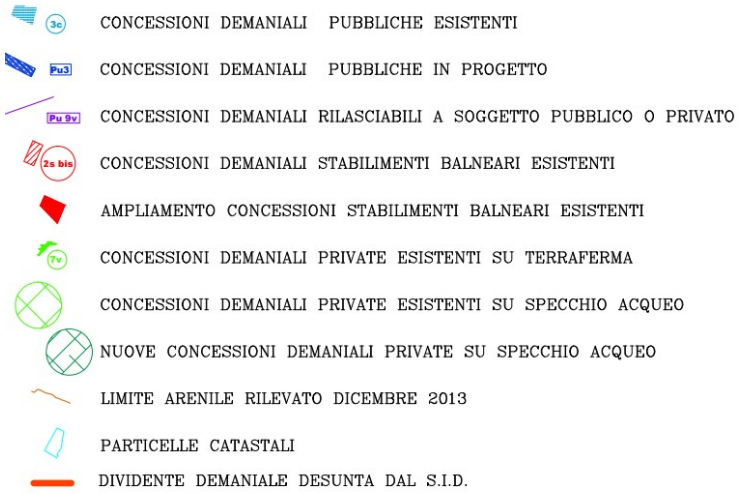
In assenza del S.U.A. ***sono consentite esclusivamente, oltre alle opere edilizie minori di cui all'art. 11, punto 1 lettere A e B, le opere di consolidamento e conservazione dei manufatti per la protezione della costa dall'azione del mare che non comportino la costruzione di nuovi o diversi punti di attracco per le imbarcazioni, piccole attrezzature puntuali per lo sport, la balneazione ed il rimessaggio delle barche aventi carattere di amovibilità rispetto al suolo, nonché limitati interventi per assicurare l'accessibilità al mare non carrabili"****....*

(ndr.) non dice che non si possono fare, ma demanda alla formazione di uno strumento Urbanistico Attuativo la loro realizzazione.

Il PUD riportava nell'ambito delle sue previsioni una proposta ben più ampia rispetto a quest'ultima che risulta di minore impatto, infatti non trattasi di approdo, ma di modesto moletto di attracco ad uso specifico dei battellieri.



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza



Si riporta lo stralcio del PUD, poi approvato con modifiche d'ufficio, <u>che ne stralciavano detta previsione mirata alla realizzazione di un approdo vero e proprio</u> *(non di un modesto molo di attracco battelli come quelli in uso nelle principali zone turistiche Cinque Terre, di cui si riportano alcune immagini, che di fatto corrispondono a quello che si vuole perseguire*).



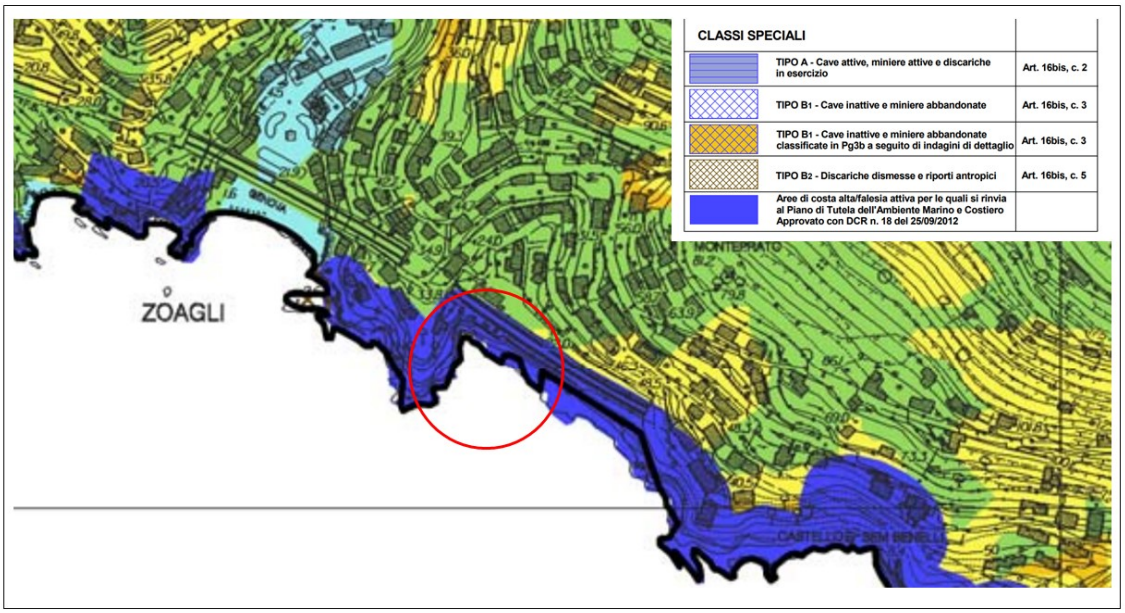


Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO DEL SETTORE COSTIERO DEL PARCO

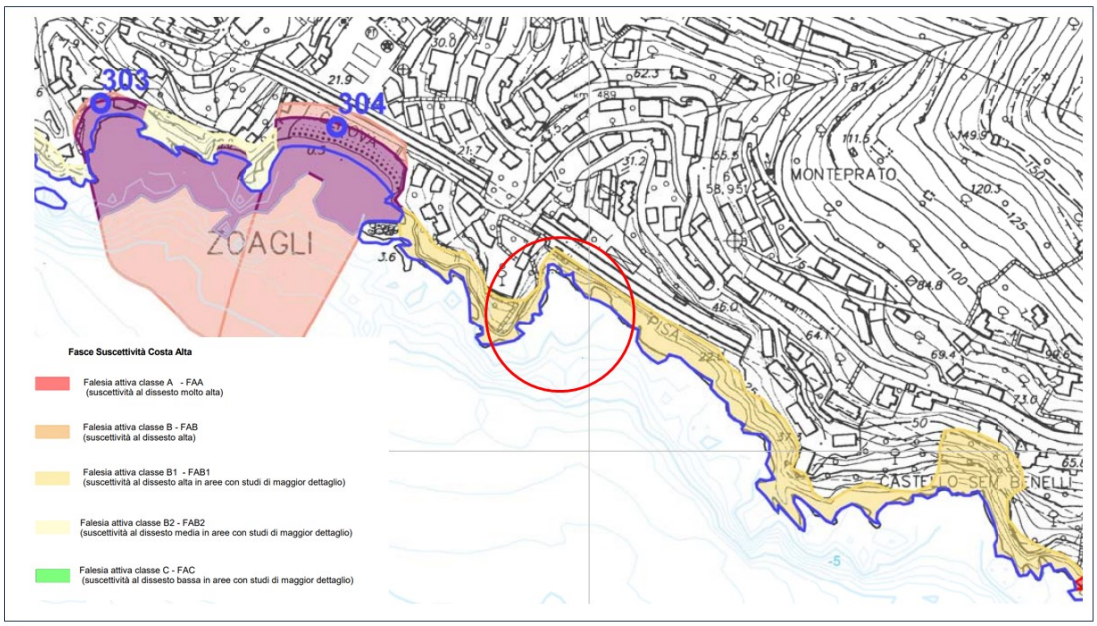
- Inquadramento da Piano di Bacino - Ambito 15 -

- Carta della suscettività al dissesto: nella zona oggetto degli studi vige il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC)



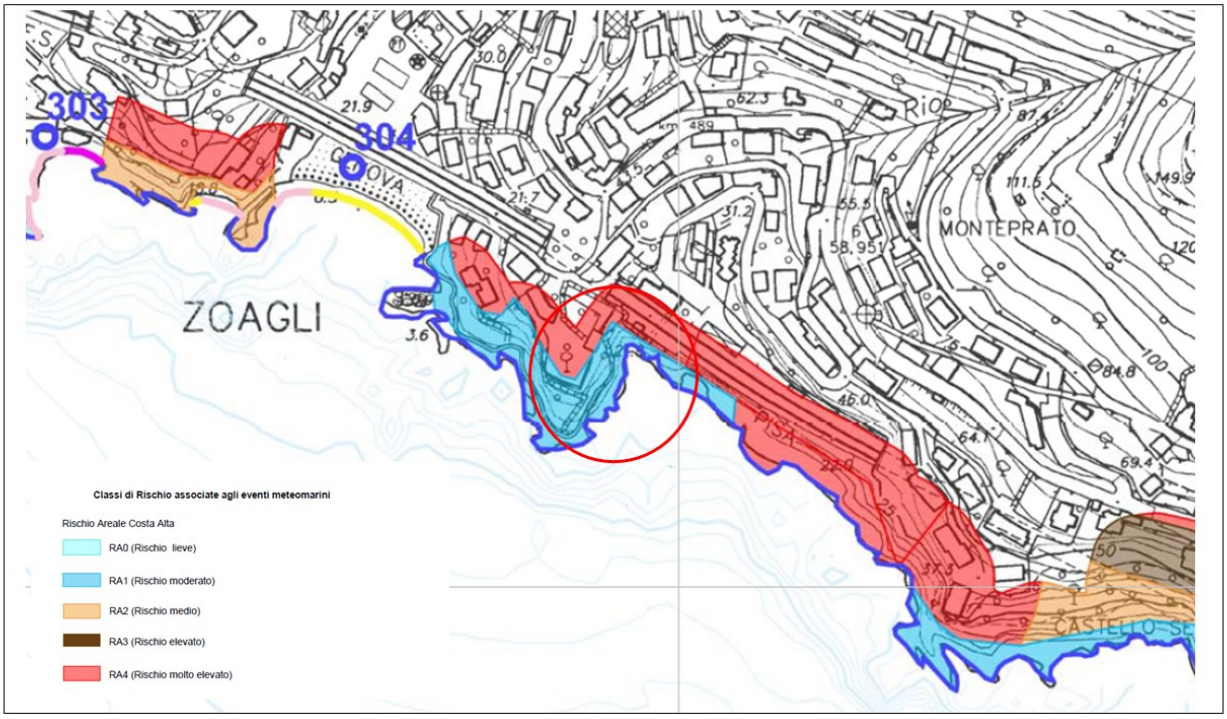
- Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero

- Carta delle fasce dinamiche della spiaggia e della costa alta: suscettività al dissesto alta (FAB1): comprende i tratti di falesia attiva in cui, a seguito di studi di maggior dettaglio, viene confermata l'alta probabilità di dissesto; si estende dal livello del mare al ciglio della stessa

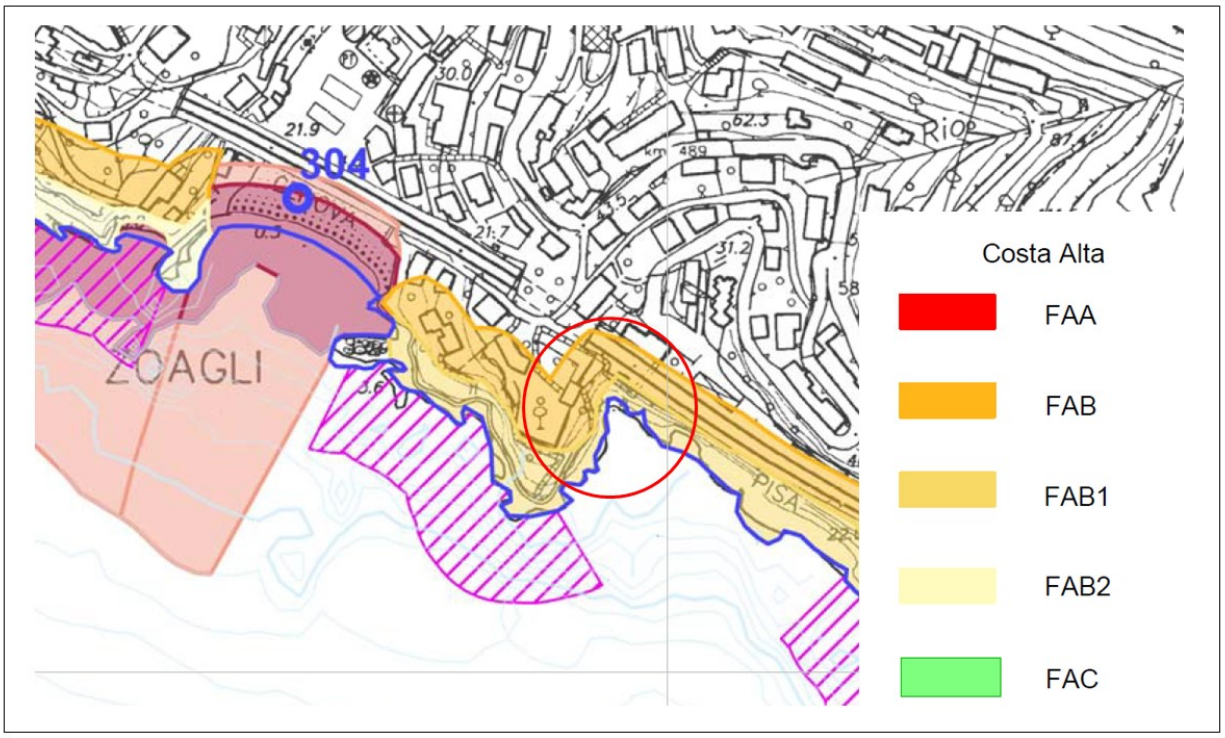


Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

-<u>Carta del rischio</u>: rischio moderato (RA1)



<u>-Carta dei regimi normativi:</u> nelle aree classificate, a seguito degli studi di maggior dettaglio di cui all'articolo 9, a suscettività al dissesto alta (FAB1) si applica la disciplina delle aree FAB.



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE – GEOMORFOLOGICHE GENERALI

Il tratto di costa in studio è caratterizzato da una falesia impostata sul substrato roccioso dei Calcari del M.te Antola, costituiti da alternanze di calcari marnosi compatti, marne di potenza variabile da pochi decimetri a diversi metri, di calcareniti e argilliti (Fig.3).

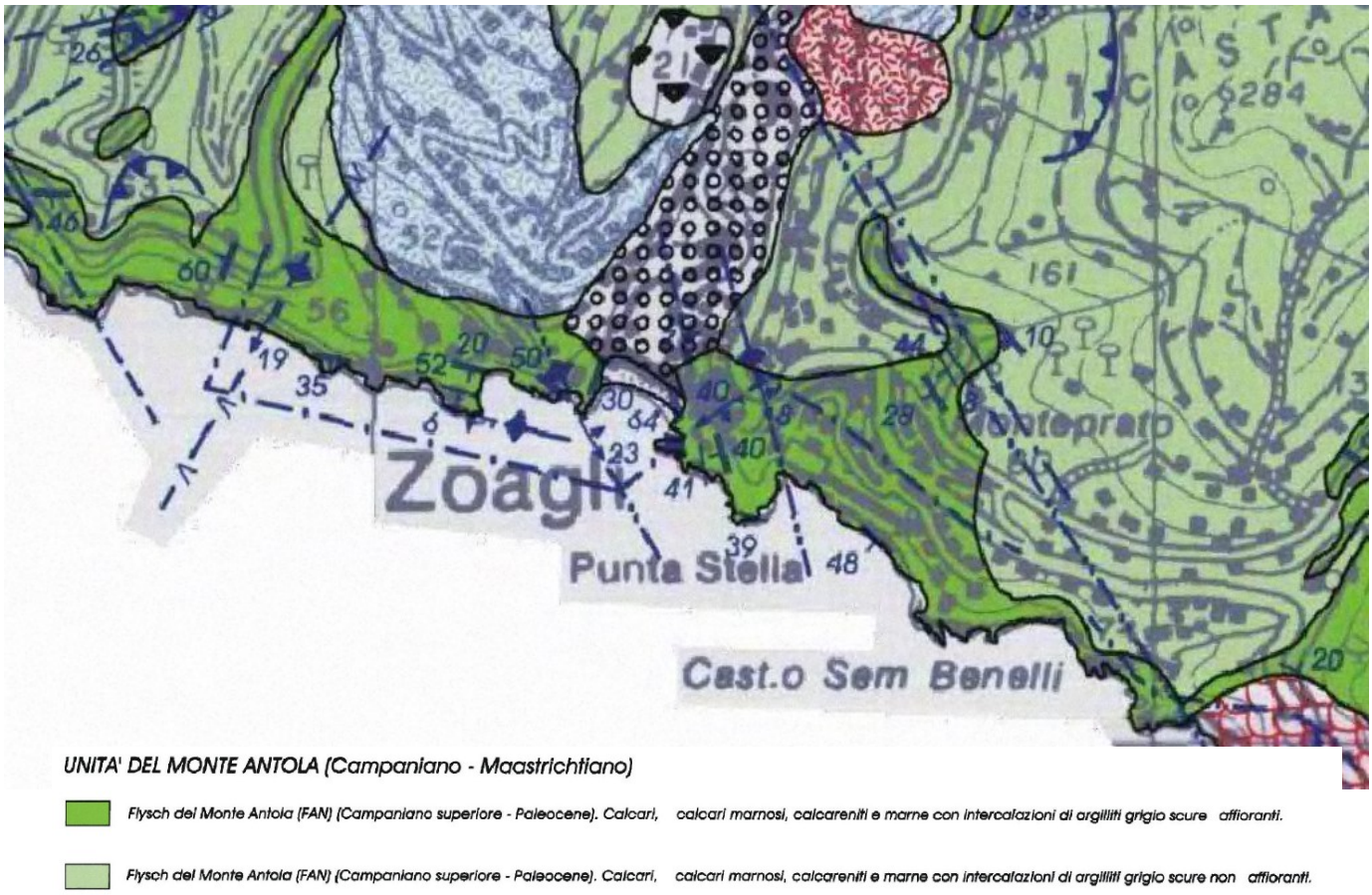


Fig. 3 – Carta Geologica Regionale

L'ossatura litologica è ascrivibile alla formazione dei Calcari di Monte Antola; tale formazione, a grande scala, giace stratigraficamente al di sopra della Ardesie (Unità Gottero), presentando al suo interno le seguenti alternanze litologiche (R. Terranova 1969):

- Calcare marnoso, talora marnoso - arenaceo di colore grigio al taglio, biancastro e giallognolo sulle superfici alterate, la frattura è generalmente morbida, nelle facies più compatte è concoide; forma strati di potenza variabile da pochi decimetri a diversi metri.

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

- Scisto argilloso grigio e grigio - nero, talora micaceo, lamellare e con fratturazione prismatica, divisibile per fitti piani di scistosità; forma strati di potenze assai variabili, di cui le più frequenti inferiori al metro;
- Arenaria a grana fine, a cemento argilloso e calcareo, interessata da spesse vene di calcite, colore grigio al taglio, bruno all'alterazione costituita spesso da banchetti di alcuni decimetri, talvolta potenti anche più di un metro;
- Scisto marnoso spesso convergente alla facies ardesiaca, ma a scistosità più grossolana, divisibile in scaglie, di colore grigio plumbeo al taglio e biancastro sulla superficie alterata; forma strati di potenza variabile da qualche decimetro a più di un metro;
- Argilloscisti arenacei, brillanti per le lamine di mica, a scistosità abbastanza accentuata, divisibili in forme prismatiche, formano generalmente strati sottili.

Lo stato di alterazione nell'ambito della Formazione è dovuto essenzialmente alle condizioni di esposizione, alla circolazione d'acqua e alla natura delle litofacies presenti all'interno.
Le bancate rocciose strettamente calcaree presentano un grado di alterazione minore, infatti anche a modeste profondità si riscontrano livelli in buono stato di conservazione, benché presentino zone di fratturazione.
Al contrario le caratteristiche medie dei livelli marnoso – arenacei ed argilloscistosi cambiano notevolmente; se sottoposti a processi di alterazione, possono presentarsi estremamente disturbati arrivando ad assumere le caratteristiche di un terreno.
A tali livelli sono quindi da imputare eventuali piani di debolezza al cui interno possono instaurarsi fenomeni di instabilità.
Le bancate rocciose rinvenute, anche ad una certa distanza l'una dall'altra, presentano una certa coerenza giaciturale che a grande scala assume immersioni circa S-SW determinanti, in rapporto alla morfologia del versante in esame, un orientamento circa a "franapoggio" (Foto 1).
Il tratto interessato dall'attracco battelli è caratterizzato da una marcata antropizzazione con la presenza del tratto terminale della passeggiata pedonale e del muraglione di sostegno alla rete ferroviaria.

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Inoltre sono state inserite diverse opere in c.a. su diversi livelli a protezione dal moto ondoso.
L'accesso alla scogliera ove verrà inserito l'attracco è possibile attraverso un percorso pedonale che termina con una terrazza soprastante lo specchio marino; in questo tratto la falesia presenta una bassa inclinazione che ha reso possibile l'inserimento della terrazza panoramica addossata sulla scogliera, sfruttando inoltre l'inclinazione e la composizione prevalente calcareo - marnosa che garantisce una buona resistenza all'incidenza del fronte d'onda in concomitanza con mareggiate.
Su di essa saranno inseriti i supporti necessari all'inserimento del camminamento nonché, nel tratto terminale, della piazzola attraverso la quale i battellieri approderanno a terra.
Lateralmente alla scogliera aggettante verso il mare sono stati inseriti diversi massi a protezione della parete rocciosa sottostante il muro di sostegno della stazione ferroviaria.



Foto 1

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

4. STAZIONI DI RILEVAMENTO

Con la finalità di ottenere informazioni da cui estrapolare i parametri necessari ad effettuare una caratterizzazione dell'ammasso roccioso, in corrispondenza della parete rocciosa sono state eseguite 3 stazioni di rilevamento geomeccanico, i cui esiti vengono riportati nel seguito.

Il procedimento utilizzato per l'esecuzione del rilievo è quello soggettivo secondo il quale vengono rilevate le discontinuità che hanno un ruolo importante nei riguardi delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Il rilevamento è principalmente funzionale alla caratterizzazione geomeccanica e conseguentemente alla progettazione delle opere.

Stazione 1

In riferimento al rilevamento effettuato presso questa postazione in corrispondenza della parete inglobata nella terrazza panoramica, l'ammasso roccioso presenta le seguenti caratteristiche:

- Indice di rimbalzo con sclerometro 40-50
- spaziatura dei giunti: bassa - moderata
- persistenza: media
- profilo di scabrezza che corrisponde a un JRC compreso tra 8 -10
- apertura: inferiore a 1 mm
- riempimento con calcite e mancanza di circolazione idrica

I giunti di stratificazione e presentano le seguenti giaciture medie:

- giunti di strato S1: 150/40 SW



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Stazione 2

In riferimento al rilevamento effettuato presso questa postazione, l'ammasso roccioso presenta le seguenti caratteristiche:

- Indice di rimbalzo con sclerometro 40-50
- spaziatura dei giunti: da bassa a moderata
- persistenza: media
- profilo di scabrezza che corrisponde a un JRC compreso tra 16 e 18
- apertura: inferiore a 1 mm
- riempimento calcitico e mancanza di circolazione idrica

Le discontinuità rilevate sono descritte da n° 1 famiglia oltre ai giunti di stratificazione e presentano le seguenti giaciture medie:

- giunti di strato S1: 120/20 SW
- famiglia frattura F1: 40/50 SE
  60/60 SE



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Stazione 3

In riferimento al rilevamento effettuato presso questa postazione, l'ammasso roccioso presenta le seguenti caratteristiche:

- Indice di rimbalzo con sclerometro 40-50
- spaziatura dei giunti: molto bassa
- persistenza: alta
- profilo di scabrezza che corrisponde a un JRC compreso tra 16 e 18
- apertura: inferiore a 1 mm
- riempimento calcitico e mancanza di circolazione idrica

Le discontinuità rilevate sono descritte da n° 1 famiglia oltre ai giunti di stratificazione e presentano le seguenti giaciture medie:

- giunti di strato S1: 160/20 SW
- famiglia frattura F1: 40/50 SE



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Le stazioni di rilevamento sono state utilizzate per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso di cui nel paragrafo successivo se ne riporta la trattazione in termini parametrici e numerici.

5. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

1.0 INTRODUZIONE

Nel campo della progettazione di infrastrutture di ingegneria civile, siano esse legate alla stabilità di un versante o alla stabilità di un'opera in sotterraneo, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso interessato alla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza o esperienza di una determinata area.

Le classificazioni di Beniawsky e Romana (la seconda è derivata dalla prima, che risultava troppo "conservativa") consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di Beniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri:

A1 = resistenza a compressione uniassiale;
A2 = Rock Quality Designation Index (Indice RQD);
A3 = spaziatura delle discontinuità;
A4 = condizioni delle discontinuità;
A5 = condizioni idrauliche;
A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava l'**Rock Mass Rating (RMR, Beniawsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$
$$\text{RMR corretto} = RMR_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

2.0 VALORE DI A1

A1 si può ricavare sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale S_u.

2.0.1 La prova Point Load Test

La prova Point Load ha il vantaggio di essere portatile; da essa si deriva l'indice di carico puntuale I_S che viene correlato alla resistenza alla compressione uniassiale S_u mediante la relazione:

$$S_u = K\, I_S$$

K è un coefficiente moltiplicativo per il quale l'ISRM consiglia il valore 24, ma nella pratica si è evidenziato come tale valore non è univoco ma largamente variabile. Palmström suggerisce di variare K in funzione di I_S secondo lo schema seguente:

I_S (MPa)	**K**
< 3,5	14
3,5 – 6,0	16
6,0 – 1,0	20
> 6,0	25

2.0.2 Le prove sclerometriche

Il martello di Schmidt, noto come sclerometro, è ampiamente utilizzato come prova non distruttiva e volta a misurare la "durezza di rimbalzo" della roccia. Dalla prova si ricava l'indice di rimbalzo R che è possibile correlare alla resistenza alla compressione uniassiale mediante la relazione di Irfan e Dearman (1978):

$$S_u = 0{,}775\, R + 21{,}3$$

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

2.0.3 Standard ISRM

In una fase preliminare delle indagini, mancando prove di campagna o di laboratorio, il valore di S_u può essere stimata osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello da geologo.

Dalla risposta della roccia si possono ricavare i seguenti valori:

La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	0,25 – 1 MPa
Si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	1 – 5 MPa
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	5 – 25 MPa
La roccia si frattura con un colpo	25 – 50 MPa
Si frattura dopo due-tre colpi	50 – 100 MPa
Si frattura solo dopo molti colpi	100 – 200 MPa
Si scheggia solamente	> 200 MPa

Definita la resistenza a compressione S_u è possibile ricavare il valore del primo parametro A1.

Se si utilizzano prove Point Load o prove sclerometriche risulta più agevole, rispetto alle tabelle e ai grafici proposte da Beniawsky, ricavare il valore di A1 trasformando i grafici in forma di equazioni:

VALORE DI S_u (MPa)	**EQUAZIONE**
<= 44,5	$A1 = \frac{4}{44,5} S_u + 1$
44,5 ÷ 93,75	$A1 = \frac{4}{49,25} S_u + 1,368$
93,75 ÷ 140	$A1 = \frac{3}{46,25} S_u + 2,919$
140 ÷ 180	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
180 ÷ 240	$A1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	A1 = 15

Qualora si utilizzi lo Standard ISRM si usa la tabella proposta da Beniawsky nell'ultima versione del sistema (1989):

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

S_u (MPa)	> 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	5 – 25	1 - 5	< 1
Coefficiente A1	15	12	7	4	2	1	0

3.0 VALORE DI A2

Se si effettuano sondaggi è possibile ricavare il valore di RQD, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm:

$$RQD = \frac{\sum L_c}{L_t} \cdot 100$$

dove:

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100 mm

L_t = lunghezza totale del tratto in cui si è misurata L_c.

In mancanza di carote di sondaggio, RQD si ricava dal numero di famiglie di discontinuità caratterizzanti l'ammasso roccioso e dalla misura della loro spaziatura. Dalla relazione di Palmström (1982) si ha:

$$RQD = 115 - 3{,}3\ Jv$$

dove Jv è il numero di fratture per metro cubo di roccia.

In forma alternativa RQD si può ricavare dalla formula di Priest e Hudson (1981):

$$RQD = 100\ e^{(0{,}1\ n)}\ (0{,}1\ n + 1)$$

con n numero medio di giunti per metro.

Calcolato RQD con uno di questi metodi, si ricava il coefficiente A2 mediante le equazioni, che derivano sempre dai grafici di Beniawsky:

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

VALORE DI RQD %	EQUAZIONE
<= 26,5	$A2 = \frac{3}{26,6} RQD + 3$
26,5 ÷ 39	$A2 = \frac{2}{12,4} RQD + 1,71$
39 ÷ 76,6	$A2 = \frac{7}{37,6} RQD + 0,739$
> 76,6	$A2 = \frac{5}{23,4} RQD - 1,367$

4.0 VALORE DI A3

Una volta calcolata la spaziatura media, cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti, è possibile ricavare il valore del coefficiente A3, mediante le seguenti relazioni:

SPAZIATURA (m)	EQUAZIONE
<= 0,2	$A3 = 15\,s + 5$
0,2 ÷ 0,4	$A3 = 10\,s + 6$
0,4 ÷ 0,66	$A3 = 7,752\,s + 5,9$
0,66 ÷ 0,94	$A3 = 7,067\,s + 7,35$
0,94 ÷ 1,6	$A3 = 6,07\,s + 8,288$
1,6 ÷ 2,0	$A3 = 5\,s + 10$
> 2,0	A3 = 20

5.0 VALORE DI A4

Determinare dalle tavole di classificazione di Beniawsky il valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità, invece, risulta molto soggettivo.

Perciò per valutare correttamente A4 conviene procedere sommando alcuni parametri numerici attribuibili alla persistenza del giunto, all'apertura del giunto, alla rugosità dello stesso, all'alterazione delle pareti, e al materiale di riempimento:

$$A4 = v1 + v2 + v3 + v4 + v5$$

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

I valori da assegnare sono:

v1 – Persistenza del giunto

PERSISTENZA (m)	v1
< 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

v2 – Apertura del giunto

APERTURA (mm)	v2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

v3 – Rugosità del giunto

RUGOSITA'	v3
Molto Rugosa	6
Rugosa	5
Leggermente rugosa	3
Liscia	1
Levigata	0

v4 – Alterazione delle pareti

ALTERAZIONE	v4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

v5 – Riempimento delle discontinuità

RIEMPIMENTO (mm)	RIEMPIMENTO	v5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

6.0 VALORE DI A5

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m. Dalle tabelle fornite da Beniawsky si ottiene:

Venute d'acqua su 10 m di lunghezza	Nessuna	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umida	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
Coefficiente A5	15	10	7	4	0

7.0 VALORE DI A6

Per l'orientamento delle discontinuità si applica un coefficiente di correzione A6, a seconda che si tratti di gallerie o fondazioni.

APPLICAZIONE	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25

Per quanto riguarda i versanti il coefficiente A6 proposto da Beniawsky risulta troppo "conservativo" e pertanto nel calcolo di RMR si utilizza la metodologia proposta da Romana.

8.0 VALORE DI RMR (ROCK MASS RATING) E PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Attribuiti tutti i coefficienti, sulla base del valore RMR_C calcolato si identificano 5 intervalli a cui corrispondono 5 classi di ammasso roccioso e altrettante valutazioni di qualità della roccia:

RMR_C	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<= 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buono	Buono	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Dal valore di RMR_b si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Beniawsky assumono il valore:

coesione di picco c_p (kPA) = 5 RMR_b

angolo di attrito di picco f_p = 0,5 RMR_b + 5

modulo di deformazione E (GPa) = 2 RMR_b – 100

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$RMR_b = RMR_b(originario) – [0,2 ´ RMR_b(originario)]$ (Priest, 1983)

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di Serafim e Pereira (1983):

$$E\ (GPa) = 10^{(RMR_b - 10\ /\ 40)}$$

Il valore di GSI (Geological Strength Index) viene ricavato dalla:

GSI = RMR – 5

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte (A_5 = 15). Tale relazione è da ritenersi valida per RMR > 23.

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

9.0 CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI DELL'AMMASSO

Input dati per il calcolo di Rock Mass Rating (RMR)

Indice di rimbalzo (R)=40-50

Numero di fratture per mc di roccia (Jv)=3

Spaziatura delle discontinuità (s)=0.66 – 0.94 m

Persistenza (continuità) del giunto = medi a 3-10

Apertura del giunto < 1 mm

Rugosità Giunto leggermente rugoso

Alterazione mediamente alterate

Riempimento compatto < 5 mm

Roccia asciutta

Risultati relativi a Rock Mass Rating (RMR)

Resistenza a compressione Su (MPa)	Rock Quality Designation (RQD)
50	16

V1	V2	V3	V4	V5
4	5	5	3	2

V1 è un parametro che dipende dalla persistenza (continuità) del giunto

V2 è un parametro che dipende dall'apertura del giunto

V3 è un parametro che dipende dalla rugosità del giunto

V4 è un parametro che dipende dal grado di alterazione delle pareti

V5 è un parametro che dipende dal materiale di riempimento presente

A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**
5	16	10	14	15.0000	-15

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

A1 è un valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta

A2 è un valore numerico derivato dall'indice RQD

A3 è un valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

A4 è un valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

A5 è un valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

A6 è un indice di correzione per la giacitura delle discontinuità

Classificazione dell'ammasso roccioso

RMRbase	RMRcorretto	Classe	Descrizione
60	45	3	MEDIOCRE

Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

Modulo di deformazione (GPa)	**Geological Strenght Index (GSI)**	**Coesione di picco (kPa)**	**Angolo di attrito di picco (°)**
6,3	**40**	**225**	**28**

6. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

La normativa sismica italiana prevede che l'azione sismica di riferimento sia determinata per ogni sito sulla base delle sue coordinate, a partire dalla mappa di pericolosità sismica calcolata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

La pericolosità sismica varia in base all'accelerazione orizzontale attesa espressa in termini di probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari ad un periodo di ritorno di 475 anni.

La zonazione sismica del territorio nazionale, intesa come suddivisione in zone a pericolosità sismica differente, assume significato solamente da un punto di vista amministrativo.

Da questo punto di vista il territorio del Comune di Zoagli è classificato in zona sismica 3 (Pga=0,15g).

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Per la definizione dell'azione sismica in superficie si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di suolo di fondazione, qualora i terreni siano chiaramente riconducibili ad esse (Fig.4)

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Fig.4

Sulla base della Normativa vigente, considerando l'esito dei rilevamenti eseguiti, l'areale di interesse è riferibile alla seguente categoria di suolo di fondazione: ***Categoria di suolo di fondazione A*** *relativa a "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

Salvo diverse indicazioni del progettista strutturale, si può indicare una Vita Nominale Vn (numero d'anni d'uso della struttura) uguale a 50, Classe d'uso (Cu) pari a IV a cui coefficiente d'uso pari a 2.

I parametri sismici dedotti per le fondazioni ottenuti con il programma di Calcolo Geostru PS sono i seguenti:

Sito in esame

latitudine:	44,3220982369223	Classe:	2
latitudine:	44,3220982369223	Vita nominale:	50

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 17144 Lat: 44,3582 Lon: 9,2251 Distanza: 4368,509

Sito 2 ID: 17145 Lat: 44,3607 Lon: 9,2949 Distanza: 3371,685

Sito 3 ID: 17367 Lat: 44,3107 Lon: 9,2982 Distanza: 3573,093

Sito 4 ID: 17366 Lat: 44,3082 Lon: 9,2285 Distanza: 4535,480

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 2

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Stato limite Operatività (SLO)	Stato limite di Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal collasso (SLC)
P_{Vr}: 81 %	P_{Vr}: 63 %	P_{Vr}: 10 %	P_{Vr}: 5 %
Tr: 30[anni]	Tr: 50[anni]	Tr: 475 [anni]	Tr: 975 [anni]
a_g: 0,031 g	a_g: 0,038g	a_g: 0,091g	a_g: 0,121 g
Fo: 2,508	Fo: 2,554	Fo: 2,518	Fo: 2,451
Tc*: 0,202 [s]	Tc*: 0,221 [s]	Tc*: 0,285[s]	Tc*: 0,292 [s]

7. CONCLUSIONI

Il progetto prevede la realizzazione di un attracco battelli in una piccola insenatura del litorale di Levante di Zoagli attraverso la sistemazione dell'area sottostante la stazione ferroviaria.

Gli studi compiuti hanno permesso di caratterizzare la falesia in corrispondenza della quale sarà ammorsata la struttura del camminamento attraverso cui sarà possibile accedere al moletto su cui i battellieri raggiungeranno o abbandoneranno la terraferma.

La falesia presenta un'inclinazione e caratteristiche geomeccaniche tali da essere funzionali all'inserimento dell'attracco.

Dovranno essere previsti tuttavia alcuni accorgimenti necessari a dissipare l'energia del moto ondoso; dovranno essere inserite strutture o massi che minimizzino l'azione erosiva alla base della scogliera naturale ed in corrispondenza degli scogli posizionati a difesa del litorale creando strutture uniformi e senza possibilità di movimentazione.

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

In corrispondenza della stazione di rilevamento 3, alla testa della terrazza che potrà essere utilizzata come piazzola di sosta dei fruitori dell'attracco battelli, è stato riscontrato un ammasso roccioso maggiormente alterato e disarticolato da superfici di fratturazione con riempimento terroso, a scarsa coesione, pertanto sono da prevedere opere di stabilizzazione che inglobino il "naso" calcareo presente con rete metallica e ancoraggi.

Sarà necessaria un'ulteriore ispezione da parte di ditta specializzata della parte soprastante la stazione di rilevamento 3 in corrispondenza di alcune alberature presenti alla base del muro di sostegno della stazione ferroviaria per verificare l'eventuale presenza di parti di parete rocciosa potenzialmente instabile.

Tali fattispecie sono inoltre funzionali alla riduzione della vulnerabilità del sito anche in relazione della classificazione in area FAB secondo il PTAMC.

Tutte le opere dovranno essere dimensionate sulla base dei parametri geotecnici desunti nell'ambito del presente studio.

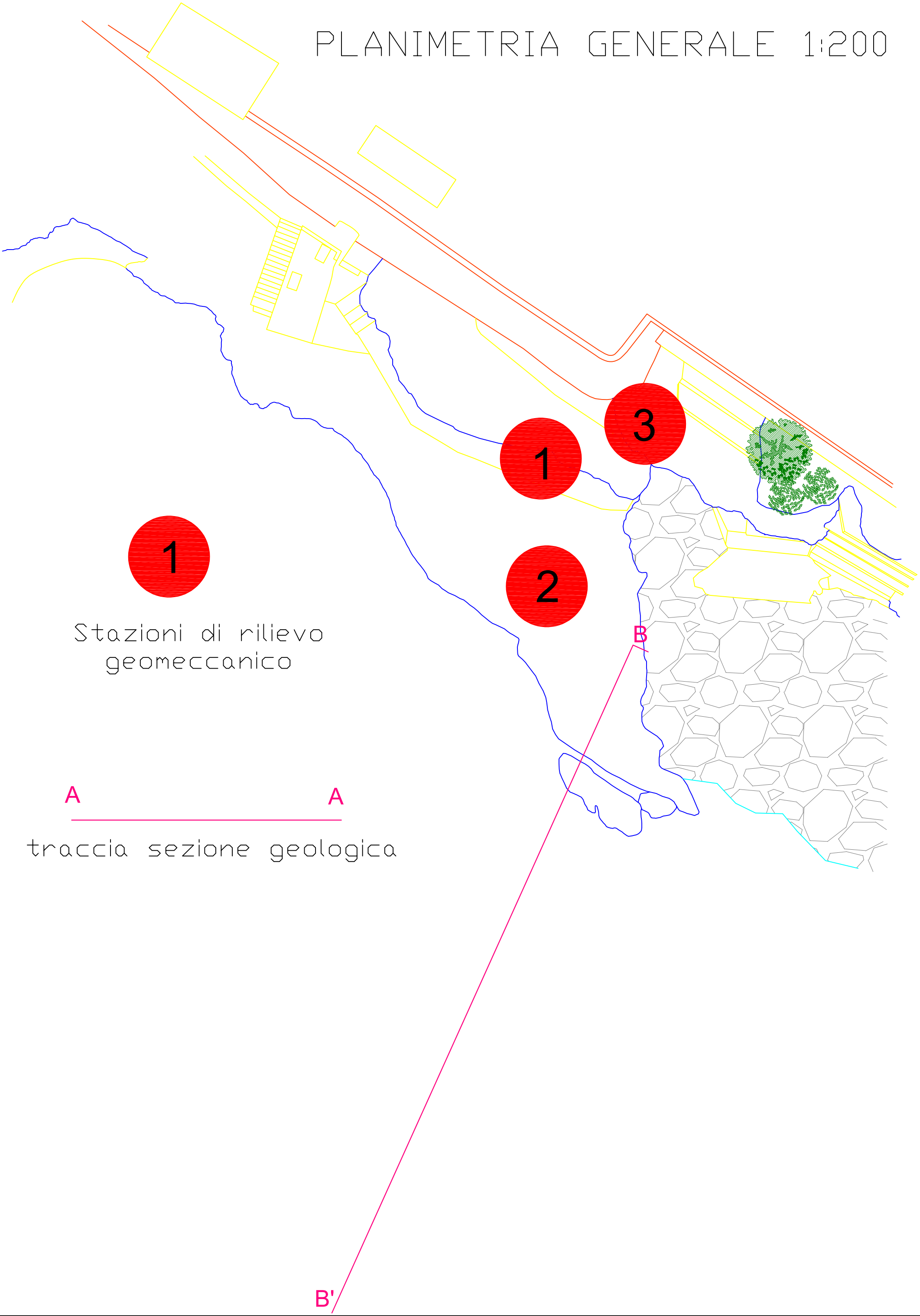
In conclusione l'insieme degli studi effettuati ha permesso di perseguire gli obiettivi fissati e di fornire un'adeguata modellazione geologica del sito e a formulare i suggerimenti necessari per la progettazione delle opere, anche attraverso la definizione dei parametri geotecnici necessari al dimensionamento di quanto a progetto.

Chiavari, 27 luglio 2023 **Geol. Marco Dasso**



Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

PLANIMETRIA GENERALE 1:200



1

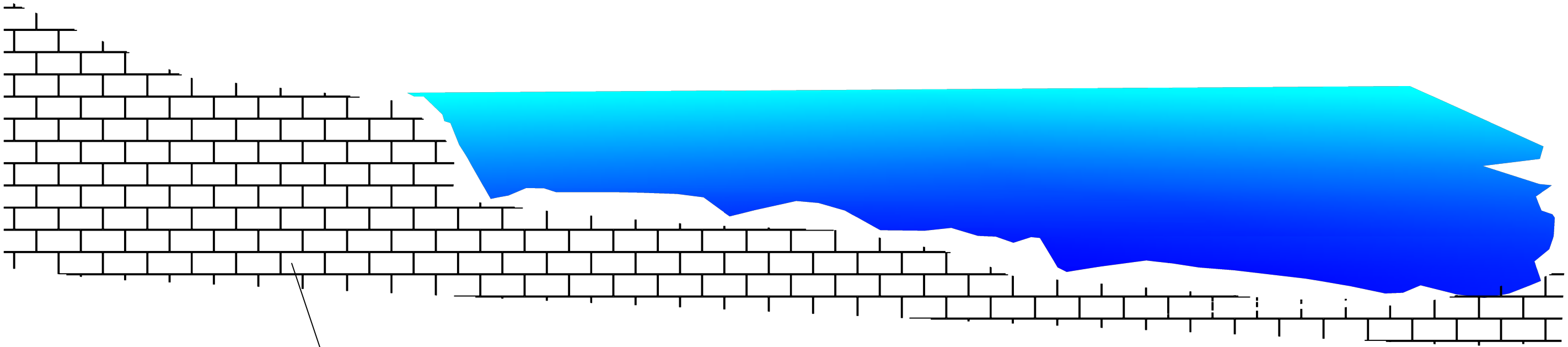
Stazioni di rilievo geomeccanico

A A

traccia sezione geologica

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza

SEZIONE GEOLOGICA b-b SCALA 1:200



Calcari dell'Antola

Comune di Zoagli Prot. n. 0009994 del 07-08-2023 partenza