



Via Verizzo n.1030 - Pieve di Soligo (TV)

Diga di Leda (n. arch. SND 652)

Preliminari interventi di miglioramento della sicurezza
idraulica dello sbarramento

PROGETTO ESECUTIVO

(Rif. Nota DG Div. 5 - n. 0021766 del 06.09.2019)

(Rif. Nota UTD Venezia - n. 0021823 del 16.10.2020)

Tecnico: Dr Dario Barazzuol

Edizione	Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
01	0	19.09.2022	Prima Emissione	D.B.	D.B.	D.B.



ALPIGEO - SOCIETA' COOPERATIVA DI GEOLOGIA APPLICATA

Via Barozzi, 45 - 32100 Belluno

tel. 0437 34995

e-mail: info@alpigeo.it

Iscrizione presso l'Albo Cooperative: A178313

C.F. e P.I. 02417840341

TITOLO DOCUMENTO:

**PASSERELLA PEDONALE DI ACCESSO ALLA DIGA
RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA DELLA PARETE DI
APPOGGIO E SOSTEGNO DELLA PASSERELLA**

PRATICA:

ELABORATO:

H

ANNO:

2022

SCALA: --- UM: ----- FILE: ---

Indice

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	2
2.1	Aspetti litologici	3
2.2	Aspetti idrogeologici	4
3	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA	4
3.1	Considerazioni generali	4
4	PROPENSIONE AL DISSESTO DELLE PARETI ROCCIOSE	6
4.1	Cause geologico-strutturali.....	6
4.2	Cause ambientali	6
4.3	Cause antropiche	7
5	stato di pericolo	7
6	interventi di messa in sicurezza	7
7	ASPETTI SISMICI	8
8	CONCLUSIONI.....	10

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta su incarico della ditta ASCO EG di Pieve di Soligo (TV), al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico-geotecnico e geomeccanico l'ammasso roccioso affiorante sulla sponda in destra idrografica del fiume Astico, nel tratto dove è previsto il consolidamento di una passerella pedonale che permette l'accesso alla diga di Leda ed alle sue strutture.

Le considerazioni qui esposte attingono per gli aspetti generali e geomeccanici da due precedenti relazioni sempre a firma del sottoscritto:

1. Relazione geologica geotecnica e geomeccanica relativa al progetto delle opere di rilascio del DMV dalla diga di Leda (2015)
2. Relazione geologica geotecnica e strutturale: Diga di Leda nel comune di Piovene Rocchette (VI - n. arch. SND 652): Preliminari interventi di miglioramento della sicurezza dello sbarramento ai sensi delle NTD2014 (2020)

commissionate dall'allora gestore EUSEBIO ENERGIA S.p.A.

Quindi sulla base dei rilievi esistenti (eseguiti anche con tecniche alpinistiche), per questo lavoro non sono state eseguite particolari indagini oltre il rilievo di dettaglio.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici si è tenuto conto che con DGR 244 del 09/03/2021, il comune di Piovene Rocchette è stato inserito in zona sismica 2 mentre in precedenza era nella zona 3.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

La diga idroelettrica di Leda, che alimenta la centrale di Bessè, sbarra la caratteristica forra naturale del fiume Astico circa 1,5 km a monte di Ponte Pilo. A valle del Ponte Pilo l'Astico scorre per quasi 2 km fino alla località di Bessè, dove si trova lo scarico della omonima centrale idroelettrica alimentata dalla diga di Leda. La porzione in forra rocciosa incide quasi al piede il rilievo del M. Summano, e le pareti della stessa, prossime alla verticalità con zone aggettanti, sono alte 50-60 m. Le pareti rocciose sono intervallate da ripidi ed articolati versanti con salti e paretine rocciose. A valle di ponte Sant'Agata l'alveo si allarga notevolmente essendo scavato in depositi fluvio-glaciali in parte sciolti, in parte cementati.

Il percorso di accesso alla diga è ubicato quasi alla base delle pareti rocciose che formano la caratteristica forra naturale del fiume Astico nel tratto tra Meda e Piovene, in destra idrografica (foto 1).

Il percorso iniziale è costituito da una stradina sterrata/cementata che dalla SP 79 si abbassa a tornanti fino quasi al fondovalle. Da qui si diparte una stretta pista pedonale in cemento a mezzacosta sospesa sul fiume Astico interdotta al pubblico che adduce agli impianti della diga. La passerella in oggetto permette di bypassare una profonda frattura/faglia nella roccia, una cinquantina di metri prima del

profondo canalone in roccia (vedi in foto 1), che riceve le acque del rio che scende dalla val Brentagnan. La frattura/faglia segna una profonda discontinuità nella stratificazione ed ha permesso il formarsi di una modesta vallecola in parte riempita di detriti. La passerella permette di passare la frattura cavernosa alla base.

2.1 Aspetti litologici

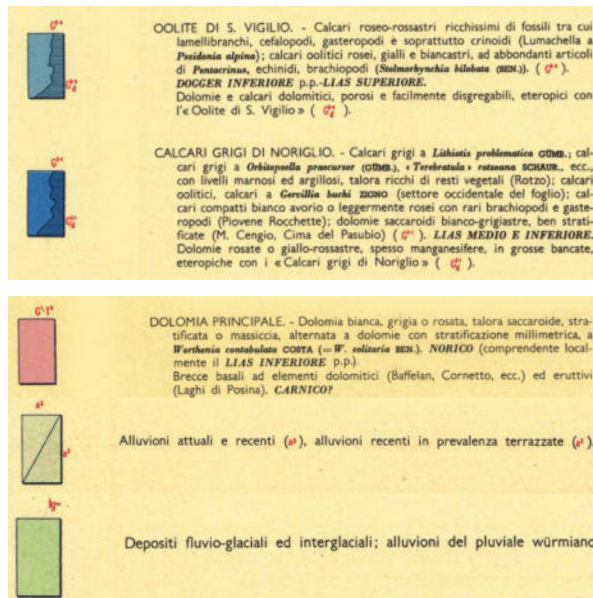
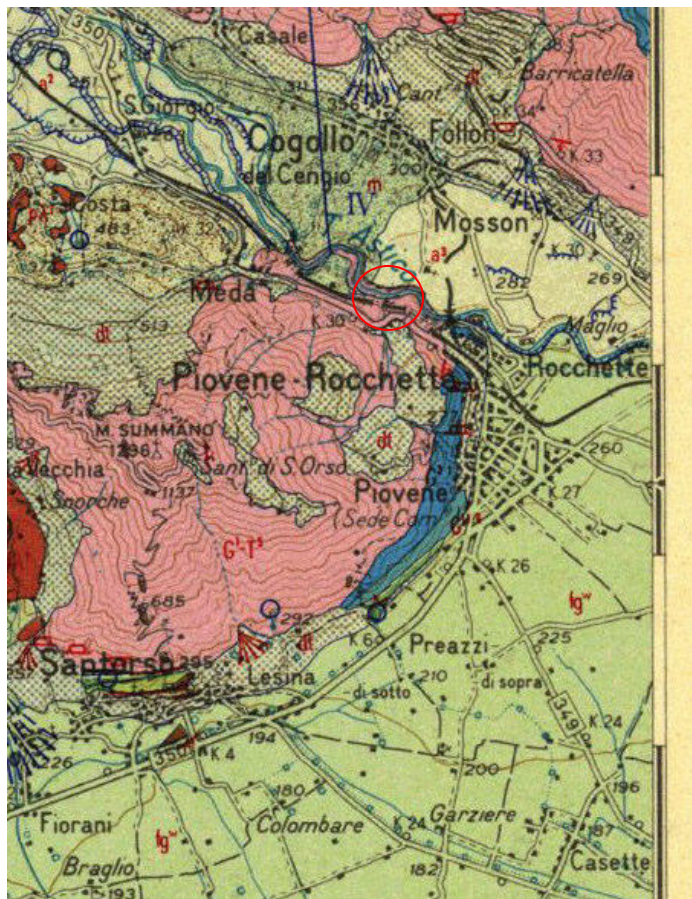


Fig. 1: estratto della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 36 Schio

Sia i versanti afferenti al bacino della diga che quelli lungo i quali è incisa la forra dell'Astico, per almeno 800-900 m a valle dello sbarramento (ovvero fino ad un centinaio di metri a valle del ponte S. Agata), sono incisi interamente in litotipi dolomitici di colore da biancastro a grigio chiaro, stratificati in banchi ma più spesso massicci, appartenenti alla formazione della "Dolomia Principale" di età triassica.

Sulle pareti della forra la stratificazione piano parallela risulta solo localmente ben evidente con strati di spessore compreso tra 1 e 1,5 m; la direzione di immersione media degli strati è dispersa tra WSW e SW (dip-direction $110 \div 145^\circ$), con inclinazione media (dip $30-40^\circ$), quindi rispetto alla stratificazione la forra è circa trasversale (vedi foto 1).

Lungo la porzione della forra scavata in roccia la copertura, di natura prevalentemente detritica ed eluviale, è assai scarsa, in genere di qualche decimetro.

2.2 Aspetti idrogeologici

La frattura attraversata dalla passerella presenta sgocciolii verso l'interno ma non è sede di scorrimenti idrici degni di nota, salvo durante le piogge intense dove può presentare scorrimenti occasionali. L'incisione che scende dalla località "Lugiare", prende vita poco a monte dei versanti della forra. Il rio che scende dalla val Brentegnan dai versanti del m. Summano sbocca qualche decina di metri a valle della diga ad una cinquantina di metri di distanza dalla passerella (foto 1). Per buona parte dell'anno è asciutto, mentre durante i periodi di intensa e/o prolungata piovosità, presenta portate molto consistenti, come si può dedurre dalla elevata capacità erosiva, con consistente trasporto solido.



Foto 1: percorso di accesso alla centrale idroelettrica. La freccia indica il tratto in passerella sospesa da consolidare. La linea l'andamento della stratificazione. In verde il canale della confluenza del rio Brentegnan con l'Astico

3 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

3.1 Considerazioni generali

Come descritto nelle precedenti relazioni le spalle della passerella poggiano sulla dolomia principale. Questo litotipo presenta un peso per unità di volume $\gamma = 26-27 \text{ kN/m}^3$, ed una buona resistenza a compressione ($\sigma_c = 60-100 \text{ MPa}$). Assumendo che la resistenza alla compressione monoassiale delle superfici (si ricorda che sono state misurate col martello di Schmidt che risulta generalmente

sovrastimata rispetto a quella reale, per i calcoli della resistenza delle discontinuità si assume il valore minimo $JCS = 50 \text{ MPa}^1$.

Quello che governa l'ammasso sono però le discontinuità presenti: stratificazione, fratture, fagliezioni, ecc.

L'ammasso presenta, oltre alla stratificazione che ha inclinazione/immersione azimutale media 36/123, presenta altre 3 famiglie di discontinuità principali orientate (valore medio): 69/248; 66/346 e 82/199.

Come già riportato nelle precedenti relazioni geomeccaniche sono riconoscibili altre discontinuità riconducibili ad altri sistemi di secondaria importanza, che tendono comunque a sovrapporsi e confondersi con i precedenti, risultato della profonda tettonica fragile che interessa l'area.

Sulla base delle caratteristiche geomeccaniche l'ammasso (classificato con Bieniawski, 1989), considerando un RQD = 70% ed un JRC = 5, è stato classificato come "discreto" (vedi tabella in fig. 2)

Indice	Parametro	Descrizione	Valore		Punteggio	
1	Resistenza del litotipo intatto	Point Load Test	0	MPa	-	
		Compressione uniax.	50	MPa	5,7	
2	RQD		70,00	%	14,0	
3	Spaziatura dei giunti		1,00	m	14,3	
4	Condizione dei giunti	3-A) Lunghezza (persistenza)	5	m	2,7	
		3-B) Separazione (apertura)	1	mm	2,6	
		3-C) Rugosità	5	JRC	1,0	
		3-D) Riempimento (tipo - spessore mm)	Duro		1	5,6
		3-E) Alterazione (filtrazione- F1 ---> F6)	F3			3,0
5	Condizione idraulica	Afflusso in 10 metri di galleria	0	l/min	15,0	
		Rapporto Press. Acqua/ Stress principale				
		Condizioni generali			-	
6	Correzione per direzione giunti	Azimet tra direzione scavo e immersione giunto	contrario			
		Azimet tra asse e dip-dir (0°= drive;180°=agains)	110	°	-2,2	
		Inclinazione dip (0° - 90°)	-70	°	-1,4	
		Tunnel e miniere			-3,7	
		Fondazioni			-	
		Pendii			-	
RMRbasic (1+2+3+4+5)				RMRbasic	63,8	
RMR (1+2+3+4+5+6)				RMR	60,2	
CLASSE DI QUALITA'				CLASSE	DISCRETA	
GSI (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995) Geological Strength Index				GSI	58,8	

Figura 2: Classificazione ammasso roccioso della forra lungo cui corre la passerella in esame.

Per quanto riguarda i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso, considerando che l'ammasso roccioso è moderatamente fratturato, con tre o più famiglie di giunti a formare blocchi angolari, è stato adottato un valore di GSI pari a 55-65 ($GSI = 55$); per il litotipo sono stati adottati $m_i = 10$ e $\sigma_c = 50 \text{ MPa}$ (si veda la Tabella 1). I valori si riferiscono non alla parte corticale dell'ammasso, quella maggiormente detensionata, ma ad una certa profondità, dove il valore del GSI aumenta rapidamente. Il

¹ In letteratura tecnica tale riduzione è generalmente compresa nell'intervallo $JCS \approx (0.5 \div 0.33)UCS$.

criterio è stato valutato in condizioni di ammasso “indisturbato” (D=0) e nella condizione di applicazione “Tunnel”.

<i>Parametro</i>	<i>valore</i>	<i>UDM</i>	<i>variabile</i>	<i>note</i>
DATI D'INGRESSO				
GSI =	55.0		GSI	Geologica Strength Index
σ_{ci} =	50.0	Mpa	sigci	Resistenza alla compressione monoassiale del campione
mi =	10.0		mi	Parametro m del campione (stimato)
CRITERIO DI ROTTURA DI HOEK GENERALIZZATO (HOEK, KAISER, BAWDEN)				
mb =	2.005		mb	Parametro m ammasso criterio rottura Hoek
mb/mi =	0.200			Rapporto tra m ammasso e m campione
s =	0.0067		s	Parametro s ammasso criterio rottura Hoek
a =	0.504		a	Parametro a ammasso criterio rottura Hoek generalizzato
σ_{cm} =	9.738	Mpa	sigcm	Resistenza globale
σ_c =	4.022	Mpa	sigc	Resistenza alla compressione monoassiale
σ_{tm} =	-0.168	MPa	sigtm	Resistenza alla trazione dell'ammasso criterio rottura Hoek
Em =	4 899	MPa		Mod. di deformazione in situ secondo Serafim e Pereira (1983) / Hoek (1997)
CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR COULOMB (SU REGRESSIONE LINEARE)				
ϕ =	55.38	°	phi	Angolo d'attrito - Criterio Mohr Coulomb - da regr. lineare sull'inviluppo
c =	0.589	MPa	coh	Coesione - Criterio Mohr Coulomb - da regressione lineare sull'inviluppo

Tabella 1 – parametri relativi all’ammasso roccioso

4 PROPENSIONE AL DISSESTO DELLE PARETI ROCCIOSE

Durante le calate in corda lungo le pareti per la redazione delle precedenti relazioni, sono state messe in evidenza diverse situazioni di dissesto, principalmente dovute alla presenza di massi in equilibrio precario o a zone di particolare fatturazione. Una di queste masse interessa proprio il piano di appoggio della spalla orientale della passerella (foto 2 e 3 in documentazione fotografica allegata).

Le principali cause predisponenti al dissesto che interessano l’ammasso possono essere così riassunte:

4.1 Cause geologico-strutturali

A queste sono da imputare le varie famiglie di discontinuità presenti, compresa la stratificazione.

4.2 Cause ambientali

Vengono di seguito schematizzate le condizioni climatiche ed idrogeologiche che contribuiscono ad accelerare e/o ad amplificare i fenomeni di dissesto originatesi per le cause strutturali (stratificazione, fratture, faglie, ecc.) visti sopra:

- flusso d’acqua nelle discontinuità: la circolazione idrica superficiale, ipodermica e profonda nelle fessure preesistenti, soprattutto durante periodi di intensa piovosità, favorisce la mobilitazione dell’ammasso roccioso fratturato;
- pressioni indotte nelle discontinuità dalle pressioni idrauliche e quelle causate dal susseguirsi di periodi di gelo-disgelo che determinano ampie variazioni di pressione nelle discontinuità; ne deriva che questo tipo di dissesto diviene maggiormente probabile al termine del periodo invernale. I distacchi sono più facili in corrispondenza della parte alta della parete, lungo gli affioramenti

rocciosi fratturati posti sul ciglio superiore. Oltre al periodo critico rappresentato dalla stagione tardo-invernale, in generale le variabilità meteorologiche (es. lunghi periodi di siccità con alte temperature) possono influenzare la stabilità dell'ammasso;

- azione divaricatrice degli apparati radicali delle piante e dell'edera: interessa in particolare la vallecchia sovrastante la passerella, dovuta al riempimento della profonda frattura/faglia da questa bypassata.

4.3 Cause antropiche

Nel nostro caso non si può escludere che la creazione del piano di appoggio della spalla della passerella possa aver contribuito alla situazione di attuale dissesto, anche se questa causa appare marginale rispetto a quelle precedenti.

L'insieme delle cause sopra esaminate ha portato alla formazione di dissesti, in genere localizzati, come quello dell'instabilità di alcune ridotte porzioni di ammasso, compresa quella che sostiene una spalla della passerella.

5 STATO DI PERICOLO

I parametri geomeccanici rilevati dall'accurata ispezione della scarpata, in particolare sulle zone di appoggio delle spalle della passerella, indicano un ammasso roccioso di qualità buona, con localizzate aree di instabilità di tipo superficiale, e una serie di instabilità puntuali coinvolgente modesti volumi rocciosi.

In particolare l'attenzione di questo studio va ad un masso che sostiene una delle spalle della passerella, intensamente fratturato, con fratture parietali che minacciano di farlo collassare (foto 3).

6 INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Dato il dissesto che interessa una delle spalle di appoggio della passerella, è stato deciso di rimuovere il manufatto esistente e sostituirlo con uno nuovo in struttura di acciaio. La lunghezza di progetto è stata maggiorata rispetto all'attuale (lunga circa 6 m), in modo da "saltare" il masso dissestato e fondare le nuove spalle d'appoggio su roccia di qualità migliore. Per evitare il ripetersi, nel lungo periodo, della situazione attuale l'ammasso roccioso sottostante le nuove spalle verrà consolidato per un intorno ragionevole con chiodature e calcestruzzo spruzzato fibrorinforzato.

Parametri geotecnici (caratteristici)	Dolomia Principale
Peso di volume secco $\gamma(t/m^3)$	2.6-2.7
Angolo d'attrito ($^\circ$)	50-55
Coesione c' (kPa)	450-500
Tensione d'aderenza malta d'iniezione-terreno nel caso IGU - τ (MPa)	0.35 (cautelativo)

Tabella 1 – riassunto dei parametri relativi all'ammasso roccioso

Date le caratteristiche geomeccaniche della roccia dolomitica sana riassunte nella tab. 2 sopra, l'intervento è verificato (vedi report), con ancoraggi in barra d'acciaio B450C diametro 24 mm a filettatura continua (diametro di perforazione 50 mm), e lunghezza 3.0 m, disposti a interasse di 1.0 m e con piastra in acciaio S355 di dimensione 200x200 mm, spessore 10 mm, zincata a caldo (ISO 1461) e dado zincato a caldo (ISO 1461).

7 ASPETTI SISMICI

La sismicità storica dell'area in esame è stata analizzata consultando i seguenti cataloghi:

- Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15;
- Il Database Macrosismico Italiano DBMI15 (versione 4.0);
- La banca dati DISS (“Database of Individual Seismogenetic Sources” versione 3.2.1), INGV;

Dalla consultazione del database DBMI15 risultano per Piovene Rocchette gli eventi sotto riportati:

Comune	Massima Intensità risentita	Numero di terremoti risentiti
Piovene Rocchette	5 (Prealpi Vicentine 1989)	6

Pericolosità sismica di base

In base alla zonazione attualmente adottata dall'INGV (ZS9), il territorio di Piovene Rocchette è sulla cintura esterna della zona sismotettonica ZS905 (Friuli – Veneto Orientale) che presenta una M_{wmax} (magnitudo momento massima che, nell'ambito degli studi di liquefazione, è una grandezza legata al processo fisico del terremoto –durata- e al numero di cicli di carico e scarico dei depositi investiti della onde sismiche), di 6,6. Dal grafico di disaggregazione si deduce invece che la M_w media attesa è di 5.01, per un sisma relativamente vicino (10,0 km). Sempre l'INGV, nella sua ‘Mappa della pericolosità sismica’, elaborata con modello probabilistico sismotettonico, comprendeva il comune di Piovene Rocchette in una delle zone d'Italia con accelerazione orizzontale attesa medio bassa (zona 3). Con la nuova DGR 244 del 03/2021 “aggiornamento delle zone sismiche del Veneto”, il comune è passato in zona 2. Per il nostro sito, per un sisma con un periodo di ritorno di 475 anni e 10% di probabilità di superamento, su suolo rigido, pianeggiante e free field, questo valore è generalmente compreso nell'intervallo 0.150-0.175 Ag/g (accelerazione PGA su bedrock).

Pericolosità sismica locale

Si valuta attraverso la stima di questi elementi:

1. Categoria di sottosuolo (amplificazioni stratigrafiche)
2. Categoria topografica (amplificazioni topografiche)

Amplificazioni stratigrafiche (Tab. 3.2.II delle NTC18)

Categoria: **A**. La passerella è attaccata alla roccia (dolomia).

Amplificazioni topografiche (Tab. 3.2.III delle NTC18)

Categoria topografica: **T1**: pur trovandosi in parete la passerella è praticamente al piede della parete

rocciosa.

Instabilità per azione sismica

La presenza o meno di faglie attive e capaci in vicinanza del sito è stata analizzata consultando il catalogo ITHACA ((ITaly HAZard from CAPable faults sviluppato da ISPRA). In vicinanza del sito il catalogo posiziona la faglia di Arsiero. Data l'incertezza della sua esatta posizione (nel catalogo risulta tratteggiata), non è stimabile quale sia la sua influenza sulla sismicità locale

Suscettibilità alla liquefazione

Esclusa perché siamo in roccia.

• **Valutazione dell'azione sismica secondo le nuove NTC18**

Per quanto riguarda le regole generali di progettazione in zona sismica le nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC18) richiedono preliminarmente:

- la valutazione della risposta sismica locale del sito (vedi sopra);
- la valutazione della sicurezza del sito nei confronti della liquefazione e della stabilità dei pendii.

Il sito è sicuro per quanto riguarda la stabilità geotecnica:

- Non vi sono le condizioni perché avvenga liquefazione dei terreni per il fuso granulometrico improprio ed il notevole addensamento dei terreni;
- Il sito giace su area stabile, non soggetta a frane.

Per la determinazione delle azioni sismiche mediante metodi pseudostatici si è fatto riferimento NTC 2018, dove l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v sono stati valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m * a_{max}/g \quad e \quad k_v = \pm 0.5 * k_h$$

dove:

a_{max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g : accelerazione di gravità.

Per il coefficiente β_m è stato assunto un valore 1.0, ipotizzando l'assenza di spostamenti relativi rispetto al terreno. In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la seguente relazione:

$$a_{max} = S * a_g = S_S * S_T * a_g$$

dove:

S : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al 3.2.3.2 delle NTC 2018

a_g : accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Nel caso di tempo di vita nominale di 50 anni, per una costruzione in classe IV (con funzioni pubbliche o strategiche importanti) i dati di ingresso ed i risultati per la valutazione dell'azione sismica secondo le

nuove NTC18, considerando il solo stato limite vitale (SLV) sono i seguenti (software GeostruPS):

Latitudine e Longitudine sito (coordinate ED50)	N 45,7745° E 11,4194°
Tipo terreno	A
Categoria Topografica S_t	T1
a_g	0,199 g
Amplificazione stratigrafica S_S	1,00
Amplificazione topografica S_T	1,00
Coeff. Sismico pseudostatico orizzontale $k_h = \beta_m$	0,199
Coeff. Sismico pseudostatico verticale $k_v = \beta_m * a_{max}/g$	0,100

Tab. 1: dati per la valutazione dell'azione sismica del sito

I suddetti parametri di sismicità non sono vincolanti, e dovranno essere valutati dal progettista tenendo conto dei parametri progettuali qui ipotizzati (coefficiente d'uso, stato limite, vita nominale, coefficiente di duttilità β_m , ecc.).

8 CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono analizzati gli aspetti geologici e geomeccanici della parete rocciosa in prossimità della diga di Leda, dove insiste una passerella da consolidare lungo il percorso pedonale che permette l'accesso alla diga e relativi impianti.

In particolare il progetto prevede di sostituire l'attuale passerella, il cui appoggio orientale è alquanto dissestato, con una nuova passerella in acciaio allungata rispetto all'attuale. L'area sottostante gli appoggi delle due spalle verrà consolidata con una maglia di chiodi e spritz beton rinforzato con doppia rete elettrosaldata.

Pieve di Soligo, 19 settembre 2022

Il geologo

Dario Barazzuol



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: tratto di passerella da consolidare



Foto 2: tratto da consolidare. La freccia indica il masso detensionato della foto successiva



Foto 3: masso fratturato che sostiene la spalla orientale della passerella

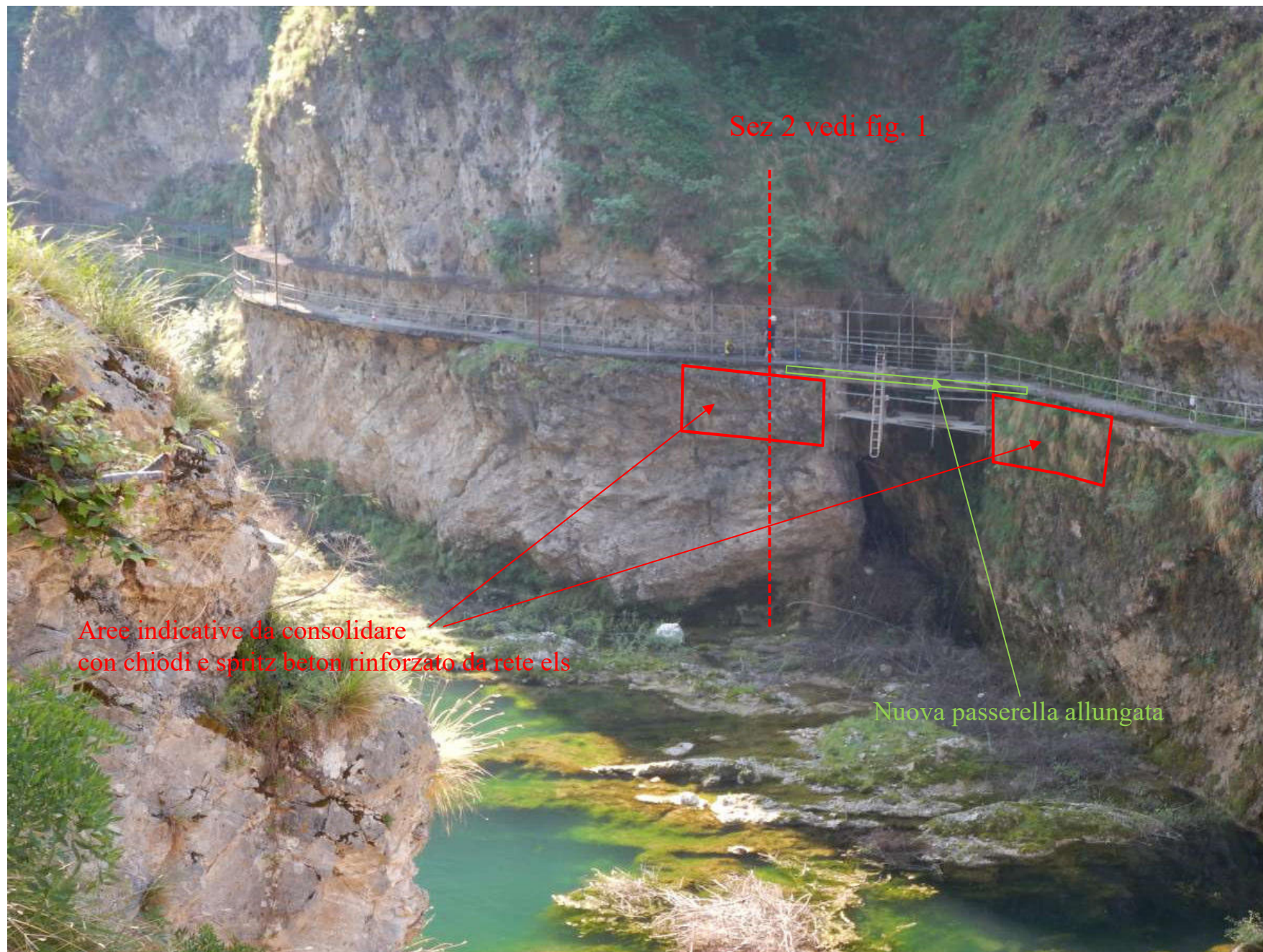


Foto 4: schematizzazione interventi su foto

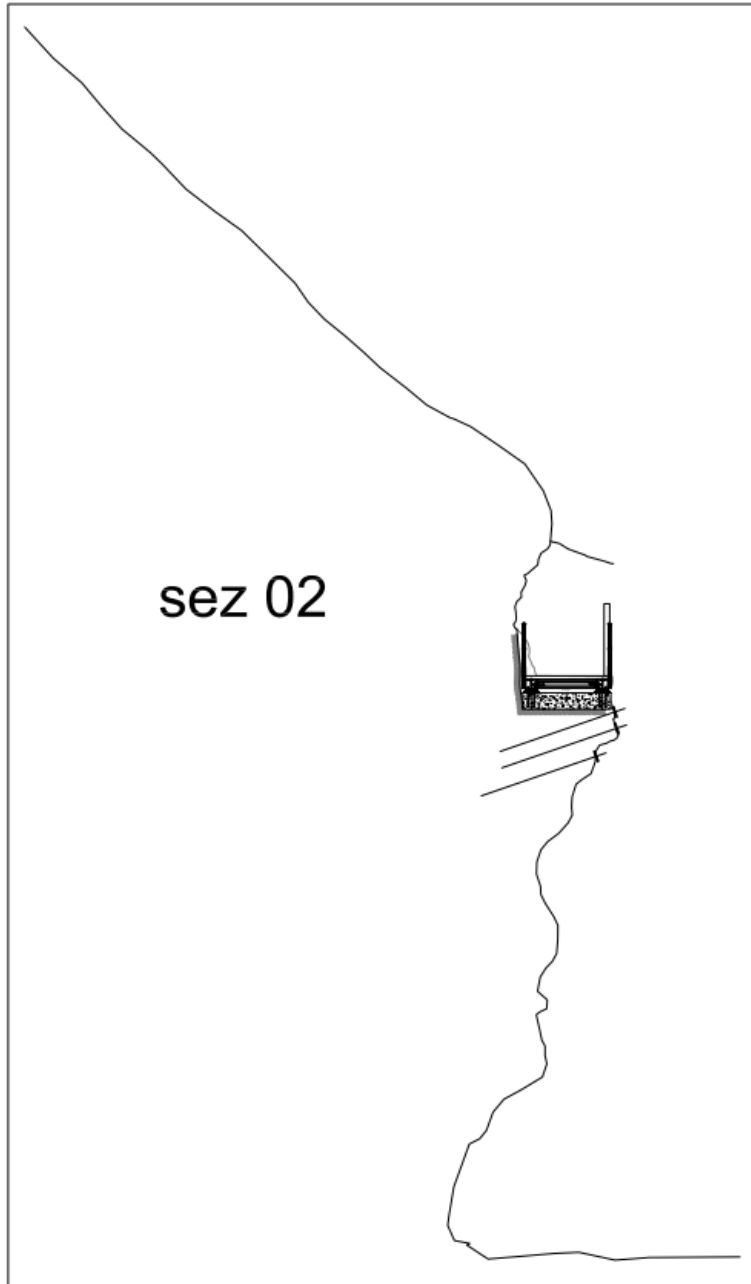


Fig. 1: schema intervento (vedi foto 4)

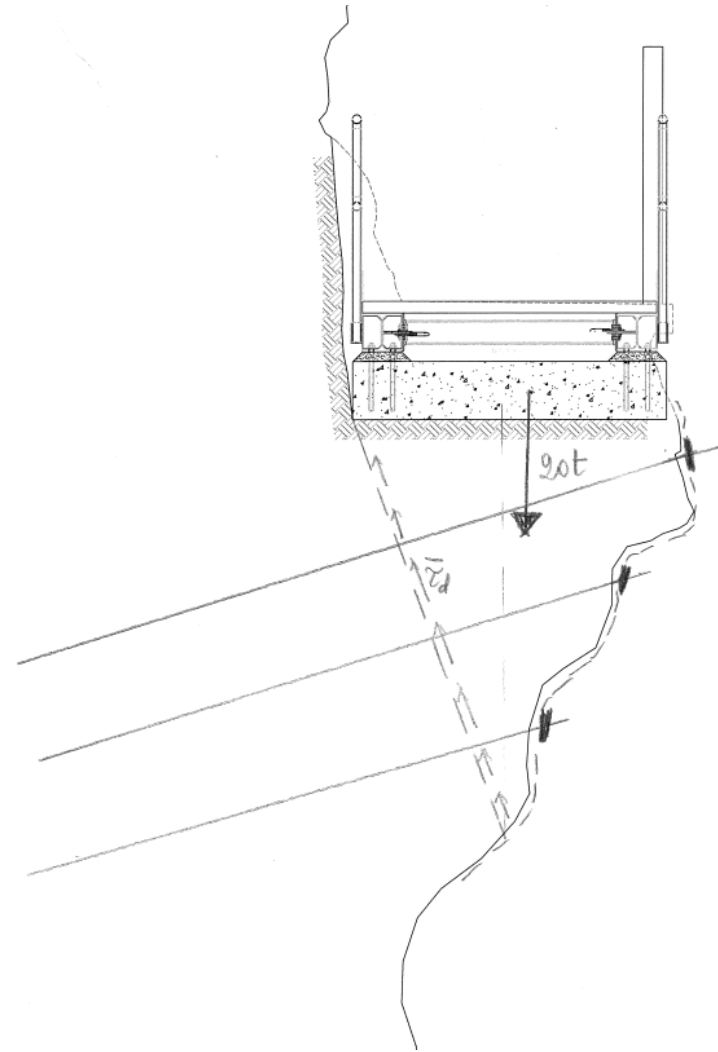


Foto 2: particolare fig. 1