



<b>PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO</b> <b>COMUNE DI PIEVE TESINO</b>					
Committente:  <b>Costabrunella srl</b>					
Opera:  <b>"Progetto definitivo per la realizzazione della centrale idroelettrica sul Torrente Grigno - Tratto intermedio – C/13749":</b>					
Fase:  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Titolo:  <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> <b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>					
Fase progetto:	Elaborato – tema	N° PROG.:	Revisione:	<b>Settembre</b> <b>2021</b>	Scala:
			<b>0</b>		
IL DIRETTORE DELL'UFFICIO:		IL PROGETTISTA <b>Ing. Vittorino Betti</b>		IL GEOLOGO <b>Dallavalle Daniele</b>  	

DOTT. GEOL. DALLAVALLE DANIELE  
VIA SALAR, 5 38020 CUSIANO (TN)  
C.F. DLLDNL83B15C794Z

E MAIL D.DANI@LIVE.IT  
CELL. 3396983528  
P.IVA 02334790223

---

# Indice

<b>1</b>	<b>Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (contiene la relazione sulla modellazione sismica)</b>	<b>1</b>
1.1	Premessa . . . . .	1
1.2	Area di studio . . . . .	2
1.2.1	Inquadramento geologico e strutturale . . . . .	2
1.2.2	Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico . . . . .	4
1.3	Modello geologico di riferimento . . . . .	6
1.4	Classificazione del suolo di fondazione - Modellazione sismica -	13
1.5	Gestione terre e rocce da scavo . . . . .	16
1.6	Criticità di ordine idrogeologico . . . . .	20
1.7	Conclusioni . . . . .	22
<b>2</b>	<b>Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito (contiene le verifiche della sicurezza e delle prestazioni).</b>	<b>23</b>
2.1	Premessa . . . . .	23
2.2	Normativa di riferimento . . . . .	24
2.3	Indagini eseguite . . . . .	25
2.4	Modello geotecnico di riferimento e parametrizzazione geotecnica	25
2.5	Verifiche geotecniche dei fronti di scavo . . . . .	27
2.6	Edificio centrale . . . . .	29
2.6.1	Verifica della stabilità globale opera di presa e centrale- pendio . . . . .	30
2.7	Condotta forzata . . . . .	31
2.8	Realizzazione dei nuovi rilevati stradali . . . . .	33
2.9	Pressione limite sul terreno di fondazione dell'edificio . . . . .	36
2.10	Conclusioni . . . . .	38

DOTT. GEOL. DALLAVALLE DANIELE  
VIA SALAR, 5 38020 CUSIANO (TN)  
C.F. DLLDNL83B15C794Z

E MAIL D.DANI@LIVE.IT  
CELL. 3396983528  
P.IVA 02334790223

---



# Elenco delle figure

1.1	Estratto della Carta geologica, fonte ISPRA Scala 1:100000 . . .	5
1.2	Estratto della Carta delle Risorse Idriche della PAT. . . . .	7
1.3	Modello geologico di riferimento immediatamente a valle dell'opera di presa (Sez.4) . . . . .	8
1.4	Sezione numero 68 rappresentativa del versante ad alta pendenza; la sezione numero 84 illustra la rettifica del tracciato stradale e la posizione e profondità della tubazione. .	10
1.5	Scogliera di valle a sostegno della sede stradale. . . . .	11
1.6	Asporto di materiale in corrispondenza della rettifica del tracciato stradale. . . . .	12
1.7	In alcune sezioni, come la n° 200 i depositi alluvionali si interdigitano con il materiale morenico e di versante. In alcune sezioni dove la profondità di posa del tubo è maggiore potrebbe essere intercettato il deposito alluvionale. . . . .	14
1.9	Localizzazione dell'edificio centrale e parametri sismici da utilizzare per le verifiche NTC 17/01/2018. . . . .	17
1.10	Localizzazione dell'opera di presa e parametri sismici da utilizzare per le verifiche NTC 17/01/2018. . . . .	18
1.11	In corrispondenza delle sezioni 52 e 61 avviene l'attraversamento di 2 rivi tributari del Torrente Grigno. Il passaggio delle tubazioni avverrà tramite ancoraggio ai ponti esistenti. .	21
2.1	Abaco di Hoek Brown con gli angoli di scarpa da applicare su materiale alluvionale (edificio centrale). . . . .	28
2.2	Angolo di inclinazione del fronte da applicare per $H = 5$ m (edificio centrale). . . . .	30
2.3	Condotta forzata con $D=1000$ mm. . . . .	31
2.4	Esempio di trincea armata. . . . .	32
2.5	Sezione n° 189 con indicazione dell'inclinazione del fronte di scavo in caso di filtrazione d'acqua. . . . .	33

2.6	Tratti in cui sono previsti lavori di rettifica stradale con la realizzazione di 2 nuovi rilevati stradali. . . . .	35
2.7	a) Schema tipo fondazione di progetto di larghezza 4.7 m e piano d'incastro 1 m. La pressione normale di progetto risulta essere di 278.94 kN/mq (da verificare sulla base dei carichi di esercizio). b) Variazioni di $Q_{lim}$ con l'incremento dei valori di B (larghezza) e D (profondità) della fondazione. . . . .	37

# Capitolo 1

## Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito (contiene la relazione sulla modellazione sismica)

### 1.1 Premessa

Su incarico dello Studio di Ingegneria Betti e Viali e per conto di Costabrunella srl viene di seguito redatta la relazione geologica di supporto al progetto per la realizzazione di una centrale idroelettrica nel Comune di Castello Tesino, finalizzata alla individuazione delle problematiche di carattere geologico-geotecnico afferenti l'interazione terreno-struttura, delle opere previste nell'ambito della progettazione di carattere definitivo.

Lo studio geologico definisce, con preciso riferimento al progetto ed ai vincoli definiti dalla Carta di Sintesi della Pericolosità, i lineamenti geomorfologici della zona nonché i

processi morfologici e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di

alterazione e fratturazione e della loro degradabilità ed illustra, infatti, lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea. Il presente documento analizza inoltre la

pericolosità sismica di base e la definizione delle categorie sismiche di sottosuolo e costituisce quindi anche la relazione sulla modellazione sismica

prevista dalle NTC 2018. Vengono infine inquadrate le problematiche ambientali legate al riutilizzo delle terre e rocce da scavo ai sensi delle normative vigenti.

Il progetto prevede il prelievo direttamente dal Torrente Grigno alla quota di 1040,83 m s.l.m. e le restituirà nel Torrente Grigno immediatamente a monte dell'opera di presa Tesino 1, alla quota di 876,35 m s.l.m.

Lo schema di funzionamento dell'impianto prevede:

1. la derivazione delle acque dal corso d'acqua ed il loro trasferimento alla vasca di carico;
2. il trasferimento delle acque verso la turbina ricorrendo all'utilizzo di una condotta forzata in PRFV (diametro 1.000 mm e sviluppo di circa 2210 m);
3. la realizzazione, in destra orografica al torrente Grigno subito a monte dell'impianto Tesino 1, dell'edificio centrale che sarà completamente interrato e del canale di restituzione della portata derivata verso il corso d'acqua.

La presente relazione redatta secondo quanto previsto dalla normativa vigente, D.M. del 17 gennaio 2018.

## 1.2 Area di studio

Il torrente Grigno, nel tratto di interesse, e le opere previste nel progetto preliminare sono raggiungibili a partire da Trento percorrendo dapprima la SS47 della Valsugana, in direzione Padova, successivamente la SP78, direzione Castello Tesino ed infine la strada comunale Val Malene.

L'area interessata dall'intervento, che ricade completamente nel comune amministrativo e catastale di Pieve Tesino, è localizzata in destra orografica rispetto al torrente Grigno nel tratto compreso fra Pian di Malene e Val della Sega, all'altezza dell'opera di presa esistente dell'impianto idroelettrico Tesino 1.

Il bacino idrografico di riferimento, chiuso nei pressi della sezione di presa, risulta avere una superficie complessiva pari a 38,20 kmq.

### 1.2.1 Inquadramento geologico e strutturale

L'intervento è ubicato nella porzione settentrionale del Tesino, zona posta in posizione sopraelevata rispetto alla Valsugana. Geologicamente la zona è caratterizzata dalla presenza della Linea della Valsugana. La faglia porta all'affiorare di diverse formazioni dei calcari del Giurassico e del Cretacico, i graniti di Cima d'Asta e gli affioramenti del complesso metamorfico sudalpino. La presenza della Linea della Valsugana determina un'estrema

variabilità nella giacitura degli strati; tale assetto porta ad un'elevata fratturazione della roccia.

L'inquadramento geologico dell'area in esame presenta una situazione schematizzabile nel modo seguente:

1) roccia in posto costituente il substrato litoide, che risulta affiorante alle quote più elevate del versante a ovest, ove maggiore risulta l'acclività, ed in corrispondenza dei vicini dossi che chiudono la valle del Tesino; talora la copertura è costituita da materiale detritico in frammenti e scaglie anche di dimensioni consistenti;

2) depositi quaternari costituiti da materiale morenico rimaneggiato, talora misto a detrito, che sono posti a copertura di buona parte della superficie circostante. Sono individuabili le seguenti formazioni, per quanto si riferisce ai terreni costituenti la copertura del substrato:

Sono individuabili le seguenti formazioni, per quanto si riferisce ai terreni costituenti la copertura del substrato:

- I depositi glaciali di tipo morenico (QUATERNARIO): si rinvencono essenzialmente sulle aree subpianeggianti poco acclivi dei terrazzi, ma possono estendersi lungo il versante per un tratto significativo verso l'alto; possono raggiungere spessori significativi. La granulometria è solitamente abbastanza eterogenea, riferibile a sabbie e ghiaie limose, con struttura talora caotica e con locali intercalazioni di sedimenti più fini. I ciottoli presenti nel deposito hanno forme da angolose a subarrotondate e natura litologica riferibile alle rocce presenti nel bacino circostante cioè essenzialmente granitica e calcarea e secondariamente metamorfica. A tratti, in special modo presso le parti più acclivi del versante, si riscontra un mescolamento con materiale detritico derivante dal disfacimento delle rocce che costituiscono il substrato;

- I depositi alluvionali che costituiscono una porzione limitata del fondovalle e vanno a caratterizzare le zone di esondazione del Torrente Grigno. Sono presenti anche numerosi terrazzamenti alluvionali, testimonianza di successivi approfondimenti del livello di base del torrente.

Le formazioni litoidi sono invece rappresentate da:

- Scaglia Rossa (CRETACEO SUP): calcari marnoso - argillosi, leggermente siltosi, con colore rosso mattone carico, con fratturazione a scaglie; letti o lenti di selce rossa con frattura concoide caratterizzano la formazione;

- Biancone (CRET. SUP. - MALM): calcari micritici di colore grigio o bianco, a frattura concoide, con intercalazioni argillose e presenza di selce nera o grigia in lenti o letti in genere sottili;

- Rosso ammonitico (MALM - DOGGER): calcari marnosi rosei o rossi, talvolta anche biancastri, in stratificazioni ben distinte, anche lastriformi, con presenza di ammoniti.

- Oolite di S.Vigilio: calcari roseo rossastri, oolitici, con abbondante fauna fossile tra cui principalmente crinoidi;

- Calcari grigi di Noriglio (LIAS MED. - INF.): calcari microcristallini grigi a stratificazione ben distinta, con intercalazioni di argilliti o livelli marnosi; localmente si trovano calcari oolitici o calcari dolomitici.

Il substrato roccioso verrà intercettato sicuramente nella posa della condotta e durante le operazioni di rettifica della viabilità. Le caratteristiche dei litotipi carbonatici sono mediamente rappresentate dalla seguente serie di valori:

peso di volume	$\gamma$	$22 \text{ kN/m}^3$
angolo d'attrito	$\varphi$	$35^\circ$ , di picco $45^\circ$ (lungo le discontinuità)
coesione	$c$	$20 \text{ kPa}$

### 1.2.2 Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico

Dato il notevole sviluppo lineare del progetto i litotipi di riferimento saranno vari. Il principale, che verrà riscontrato nella posa della tubazione e nella rettifica del tracciato della viabilità sarà il detrito morenico fluvio-glaciale. Nelle operazioni verrà inoltre intercettato il substrato roccioso. La realizzazione dell'opera di presa, la relativa vasca di carico ed il locale turbina verranno realizzati in detrito alluvionale con trovanti di grossa dimensione.

- DM-detrito morenico fluvio-glaciale: deriva dall'azione del ghiacciaio che attraversava la valle in epoca Wurmiana. E' rappresentato da sabbie limose con presenza di trovanti sia di origine carbonatica (provenienti dalle pendici del monte Agaro) che intrusiva (provenienti dal massiccio di Cima d'Asta).

peso di volume	$\gamma$	$19 \text{ kN/m}^3$
angolo d'attrito	$\varphi'$	$35^\circ$
coesione	$c'$	$5 \text{ kPa}$

- DA-deposito alluvionale-colluviale: deriva principalmente dall'azione di trasporto di detrito da parte del torrente Grigno, data la posizione a ridosso di un versante risulta inoltre presente del detrito di origine colluviale. E' costituito da sabbie ghiaiose con presenza di clasti sia di origine carbonatica (provenienti dalle pendici del monte Agaro) che intrusiva (provenienti dal massiccio di Cima d'Asta).

peso di volume	$\gamma$	$19 \text{ kN/m}^3$
angolo d'attrito	$\varphi'$	$32^\circ$
coesione	$c'$	$3 \text{ kPa}$

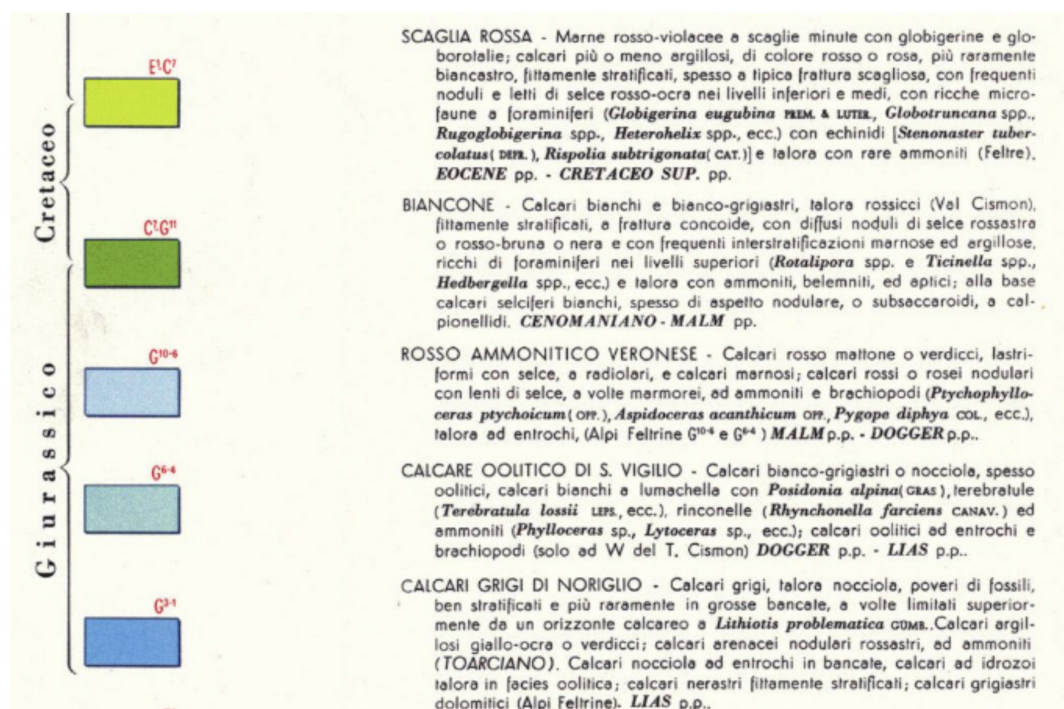
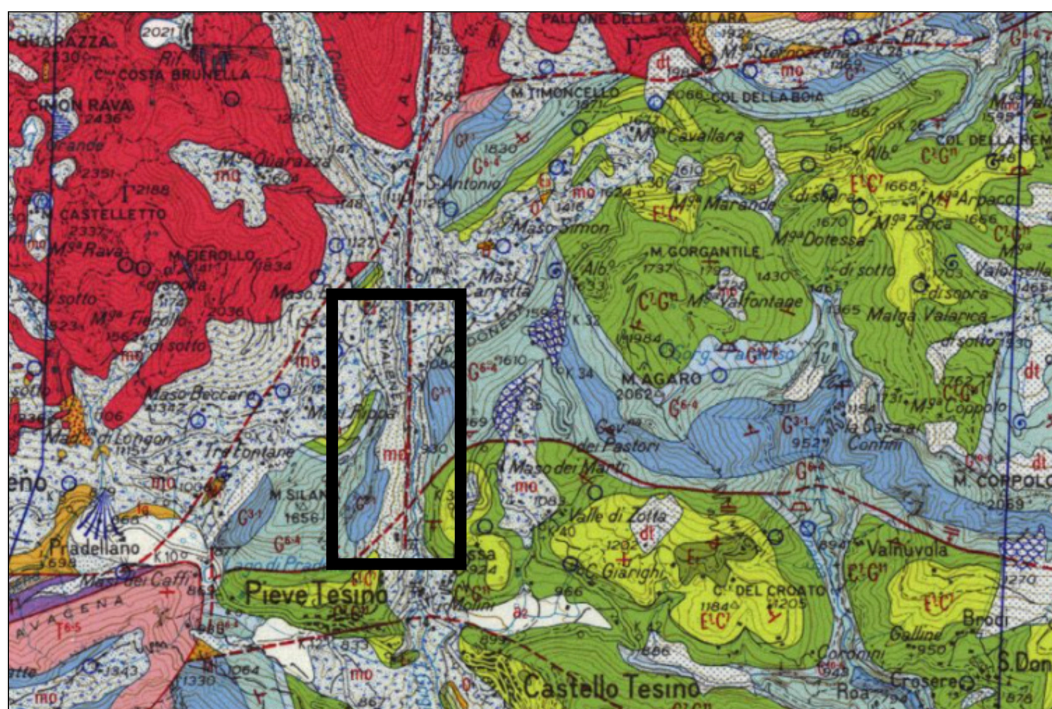


Figura 1.1: Estratto della Carta geologica, fonte ISPRA Scala 1:100000

## Vincoli sulle risorse idriche

Numerose emergenze idriche sono documentate nella Carta delle Risorse Idriche soprattutto in destra idrografica del Torrente Grigno, e nella porzione nord della zona di interesse. Soltanto un paio di sorgenti interessano direttamente il solco vallivo oggetto di studio con le relative acque che vanno a confluire nel torrente.

Queste emergenze idriche non risultano soggette ad alcuna concessione ed attualmente non sono oggetto di captazione e sfruttamento ad uso idropotabile; le portate misurate risultano mediamente comprese tra 0 e 0.1 litri al secondo, cosa che le rende poco appetibili per qualunque captazione significativa

In ragione della tipologia e dell'entità dell'intervento e delle opere ad esso relative, non si ritiene che la realizzazione del progetto possa interferire in alcun modo con la situazione idrogeologica locale. In relazione agli interventi previsti, agli scavi previsti per l'intervento, alla natura dello stesso che non vede ampie superfici impermeabilizzate, ed alle caratteristiche e posizione delle sorgenti suddette, non si ritiene che possa svilupparsi interazione tra le opere previste e le sorgenti indicate.

## 1.3 Modello geologico di riferimento

L'inquadramento dell'assetto stratigrafico riguarda la zona di derivazione, la struttura in linea della condotta interrata e l'edificio della centralina. Per quanto riguarda la struttura in linea, i limiti tra le diverse unità, deducibili dalla carta geologica, vanno intesi come indicativi, ma suscettibili di possibili contenute variazioni in funzione del rapporto di interdigitazione tra i depositi esistenti.

Appena uscita dall'opera di presa la condotta corre parallela alla strada comunale per i primi 100 m circa, dove, per problemi di quota, verrà posata con limitato scavo della superficie pianeggiante posta a valle della strada comunale e successivamente tombata con un adeguato strato di terreno, in modo da realizzare, a quota del piano stradale, un'area di sosta/parcheggio. Le nuove tubazioni verranno ubicate generalmente su pendio o a lato di viabilità. La profondità varia da 2 a 5 m. Dall'opera di presa sul torrente Grigno la tubazione inizialmente seguirà una pista sterrata per poi immettersi sulla viabilità principale asfaltata della val Malene. Lo scavo in tale tratto avverrà in detrito morenico fluvio-glaciale con grossi blocchi, nella porzione inferiore dello scavo potrà essere riscontrata roccia in posto.

Il tracciato proseguirà lungo la viabilità asfaltata. Lo scavo interesserà



### Carta delle Risorse Idriche

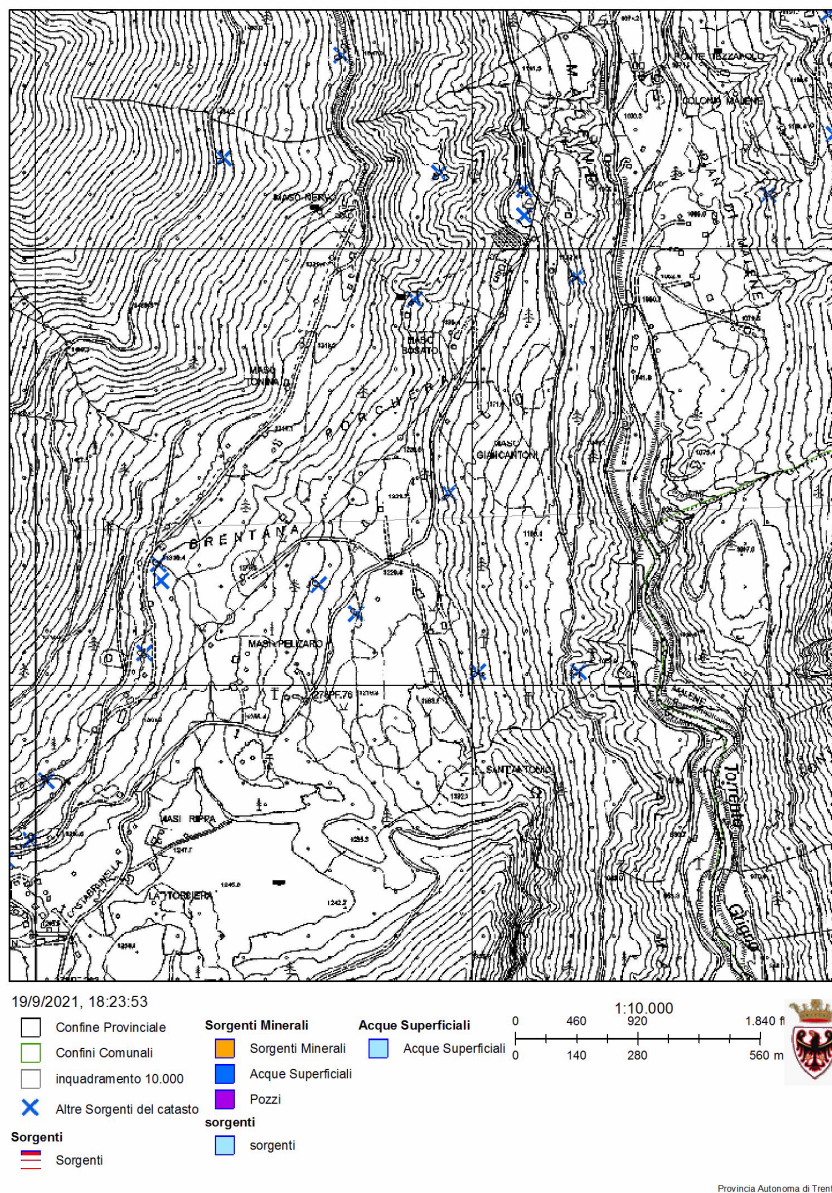


Figura 1.2: Estratto della Carta delle Risorse Idriche della PAT.

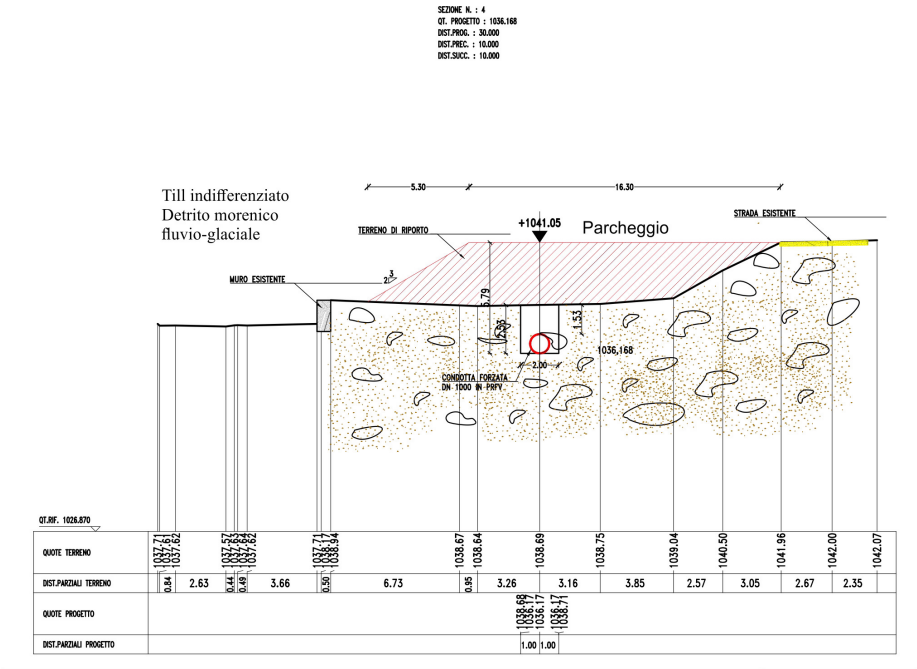


Figura 1.3: Modello geologico di riferimento immediatamete a valle dell’opera di presa (Sez.4)

il detrito morenico fluvio-glaciale a grossi blocchi, frammisto a terreno di riporto utilizzato per la realizzazione del sottofondo stradale. La tubazione proseguirà lungo la viabilità asfaltata oltrepassando dei corsi d'acqua minori affluenti in destra idrografica del torrente Grigno. Lo scavo interesserà la soletta stradale, il terreno di riporto, il detrito morenico fluvio-glaciale con grossi trovanti ed in profondità potrà essere intercettata la roccia.

In corrispondenza di restringimenti dell'alveo del torrente in destra idrografica, la strada e quindi gli scavi avranno maggiori probabilità di intercettare roccia in posto che si rileva subaffiorante sui margini della strada con disgregazione in massi ciclopici (sezione 69) che si incastrano raggiungendo e superando le classiche pendenze del detrito morenico o fluvioglaciale.

La stabilità del pendio a monte è quindi assicurata dall'incastro e dalla sovrapposizione degli stessi massi.

In alcune sezioni, come ad esempio la n° 94, verranno realizzate delle scogliere in massi ciclopici cementate con funzione di sostegno del rilevato stradale a monte.

Le scogliere a grandi blocchi ciclopici previste dal progetto dovranno essere realizzate secondo le indicazioni sottoriportate:

- i blocchi utilizzati dovranno essere massi lapidei non gelivi, non friabili e non dilavabili con dimensione minima superiore a  $0,3 m^3$ ;
- trattandosi di un'opera di sostegno a gravità si dovranno usare materiali con elevato peso specifico (p.s.  $> 2000 \text{ kg/m}^3$ );
- si fa presente che i massi ciclopici granitici presenti in loco generalmente soddisfano i due punti precedenti, considerando di usare preferibilmente quelli più spigolosi rispetto a quelli arrotondati;
- durante la posa in opera, gli elementi dovranno essere disposti a contatto gli uni con gli altri, a strati sfalsati ed inclinati a reggipoggio ( $5^\circ$ - $7^\circ$ );
- il piano d'imposta della fondazione di monte dovrà essere ubicato ad almeno 50 - 80 cm dal nuovo piano stradale;
- si dovrà realizzare un piano di fondazione omogeneo su tutta l'impronta della scogliera che dovrà essere adeguatamente compattato prima della posa della fondazione;
- il piano d'appoggio della fondazione dovrà essere costituito da materiale naturale granulare omogeneo, eventuali anomalie locali, costituite da materiale differente da quello precedentemente esposto come ad esempio lenti di materiale francamente limoso o con presenza di materiale vegetale (tronchi rami, ecc..), andranno rimosse, sostituendo il materiale con altro avente migliori caratteristiche geotecniche.
- A tergo delle scogliere di monte, sarà opportuna la realizzazione di un corpo dreno tramite la posa di materiale ad elevato coefficiente di perme-

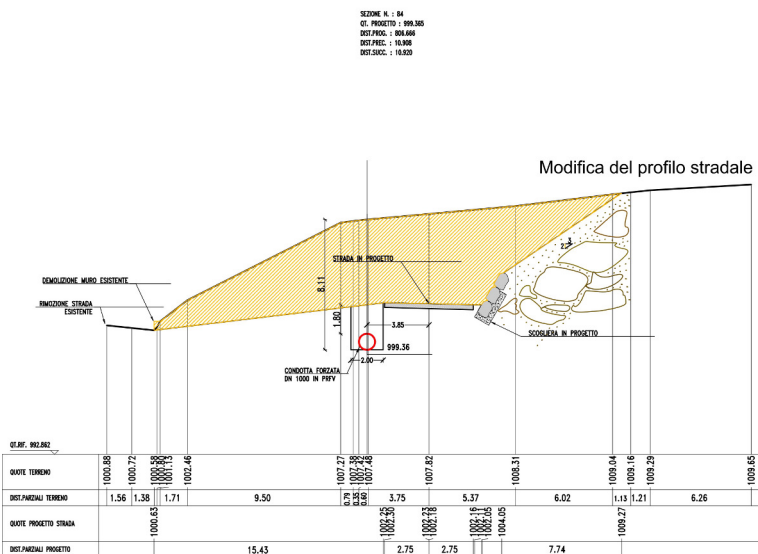
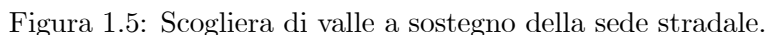


Figura 1.4: Sezione numero 68 rappresentativa del versante ad alta pendenza; la sezione numero 84 illustra la rettificazione del tracciato stradale e la posizione e profondità della tubazione.



- A tergo della scogliera di valle cementata si consiglia la posa di un sistema drenante che corra longitudinalmente e per tutta la lunghezza della scogliera, che assicuri l'intercettazione e l'allontanamento delle acque filtranti nel terreno; il sistema di drenaggio dovrà raggiungere il piano di posa della scogliera; si potranno utilizzare materiali aridi selezionati, con rivestimento in geotessuto e tubo forato poggiante all'altezza del piano di appoggio della fondazione allo scopo di intercettare l'acqua raccolta nel corpo drenante e convogliarla ed espellerla a valle della scogliera in direzione del torrente Grigno. Tale soluzione permette di mantenere l'argine "impermeabile" per tutto il tratto cementato, assicurando al contempo il drenaggio e l'allontanamento delle acque ipogee provenienti dal versante evitando l'instaurarsi di sovrappressioni idrauliche a tergo della scogliera.

In corrispondenza delle sezione che vanno dalla n°134 *alla* n°144 avviene la seconda modifica del tracciato stradale esistente. La tubazione prosegue lungo la viabilità asfaltata. Lo scavo avverrà in detrito di riporto derivato dalla costruzione della viabilità ed in detrito morenico fluvio-glaciale. Si rac-



comanda di prestare la massima attenzione durante l'esecuzione di scavi o lavorazioni in prossimità dei versanti in relazione alla presenza di grossi blocchi lungo il versante o sporgenti, in quanto le operazioni di scavo potrebbero comportare la loro mobilitazione ed il loro crollo a valle causando infortuni alle maestranze presenti o danni ai macchinari limitrofi; , sarà necessario provvedere ad effettuare delle operazioni di disgaggio preventivo dei blocchi potenzialmente instabili presenti sul versante a monte dell'area di intervento preventivamente all'inizio delle lavorazioni di costruzione del rilevato al piede del versante e di messa in opera della tubazione al fine di permettere agli operatori di lavorare in sicurezza.

Negli interventi, il ripristino del versante a monte del tratto stradale, operando con le normali tecniche costruttive, potrà avvenire senza particolari problematiche e potrà essere riprofilato con una pendenza massima di 2/3 salvo l'immediato rinverdimento.

La superficie della rampa così sistemata dovrà essere immediatamente rinverdata al fine di evitare erosioni da parte delle acque di ruscellamento superficiale. Si dovrà prevedere alla regimazione delle acque meteoriche eventualmente intercettate della piattaforma stradale.

Nei pressi della località Pradellano il tracciato inizialmente taglierà una curva della strada asfaltata (Fig.1.6), attraversando un dosso con vegetazione a basso fusto. In seguito proseguirà lungo la viabilità asfaltata passando immediatamente a monte di un edificio privato. Lo scavo interesserà inizialmente detrito morenico fluvio-glaciale di grossa pezzatura con presenza del substrato roccioso a breve profondità. In seguito attraverserà la soletta stradale, il detrito di riporto al di sotto della viabilità ed il sottostante detrito morenico fluvio-glaciale.

Al fine di impedire la delocalizzazione di acque in prossimità dell'abitazione si dovrà porre un tubo di dreno che scarichi a valle dell'edificio in posizione non vulnerabile.

Dalla viabilità principale la tubazione devia verso il torrente Grigno, attraversando un tratto di bosco pianeggiante, giungendo alla centralina di produzione.

## 1.4 Classificazione del suolo di fondazione - Modellazione sismica -

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 (NTC) e successivo D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale



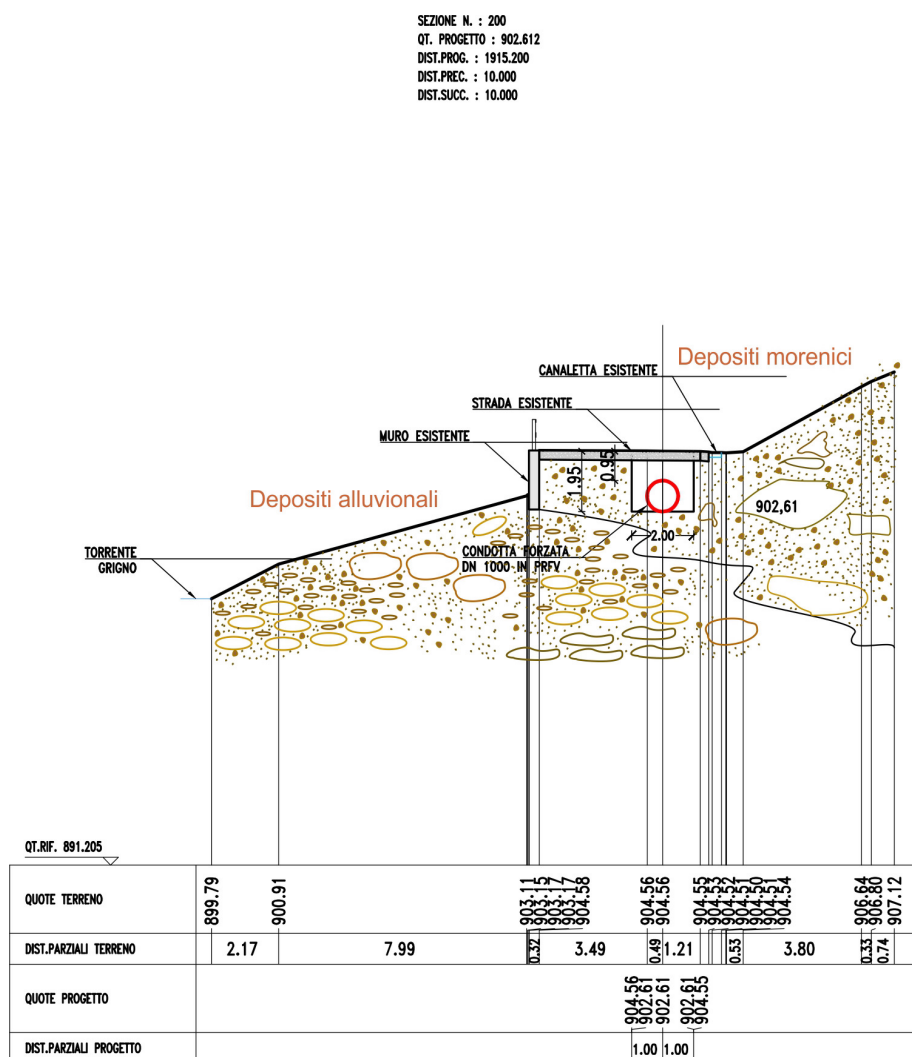


Figura 1.7: In alcune sezioni, come la n 200 i depositi alluvionali si interdigitano con il materiale morenico e di versante. In alcune sezioni dove la profondità di posa del tubo è maggiore potrebbe essere intercettato il deposito alluvionale.



Stati Limite	P <sub>VR</sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V <sub>R</sub>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 1.8

sul suolo rigido ( $VS30 > 800$  m/s), è definita mediante un approccio “sito-dipendente”. Per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

Al fine di definire l’azione sismica di progetto, in questa fase progettuale, sulla base dei dati stratigrafici emersi della presente indagine e dai dati bibliografici disponibili, si può fare riferimento all’approccio semplificato riportato nel §. 3.2.2 del DM 17 gennaio 2018.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle nuove NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali, definite su sito di riferimento rigido orizzontale (suolo di categoria A), in

funzione dei tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in acceler. orizz.
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acceler. orizz.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento, così determinate, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica, le corrispondenti azioni sismiche:

- la vita di riferimento  $V_R$  della costruzione;
  - le probabilità di superamento nella vita di riferimento  $P_{VR}$  associate a ciascuno degli stati limite
- considerati, secondo la tabella di seguito riportata.

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell’azione sismica  $T_R$ , espresso in anni.

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{VR}$  sono immediatamente esprimibili, l’uno in funzione dell’altro, mediante la seguente espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

La vita di riferimento VR si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$  dipendente dalla classe di attribuzione dell'edificio.

Di seguito, i valori di riferimento dei parametri  $a_g$  ( $g$ )  $F_o$  (adimensionale) e  $T^*_C$  (espresso in secondi) sono calcolati con riferimento alle coordinate geografiche dell'edificio centrale, utilizzando il codice di calcolo della Geostru, disponibile in rete, per edificio in classe IV con vita nominale  $V_N$  100 anni.

Di seguito, i valori di riferimento dei parametri  $a_g$  ( $g$ )  $F_o$  (adimensionale) e  $T_C$  (espresso in secondi) sono calcolati con riferimento alle coordinate geografiche dell'opera di presa, utilizzando il codice di calcolo della Geostru, disponibile in rete, per edificio in classe IV con vita nominale  $V_N$  100 anni.

Al fine di definire l'azione sismica di progetto, il terreno degli interventi quali opera di presa e edificio centrale possono essere inseriti cautelativamente nella "categoria B" stabilita nel D.M. del 17 gennaio 2018 (Tab. 3.2.II nel § 3.2.2); Il tracciato della condotta può invece essere inserito in terreno di tipo A.

La "categoria B" viene definita come: "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".

La "categoria A" viene definita come: "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".

## 1.5 Gestione terre e rocce da scavo

Le operazioni di scavo prevedono il paleggio del terreno in loco, il materiale in eccesso verrà allontanato come sottoprodotto (Normativa di riferimento: D.Lgs. 152/06, decreto 161/12, D.L:25/01/2012 n.2 e s.m. (art. 3), D.L. 69/13 (art.41, 41 bis) convertito nella legge 98/2013 (art 41, 41 bis)) o come rifiuto (Normativa di riferimento: art. 181 D.Lgs. 152/06 e s. m. e i.; D.P.G.P. 26/01/87 n. 1-41/leg) eseguendo le analisi del caso.

Ai sensi del Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 nr. 152 e s.m.i., si fa presente che: le aree d'intervento non sono comprese nell'anagrafe delle aree inquinate o soggette a bonifica ambientale ai sensi del Titolo V, Parte IV del Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 (e s.m.i.), come verificato nel

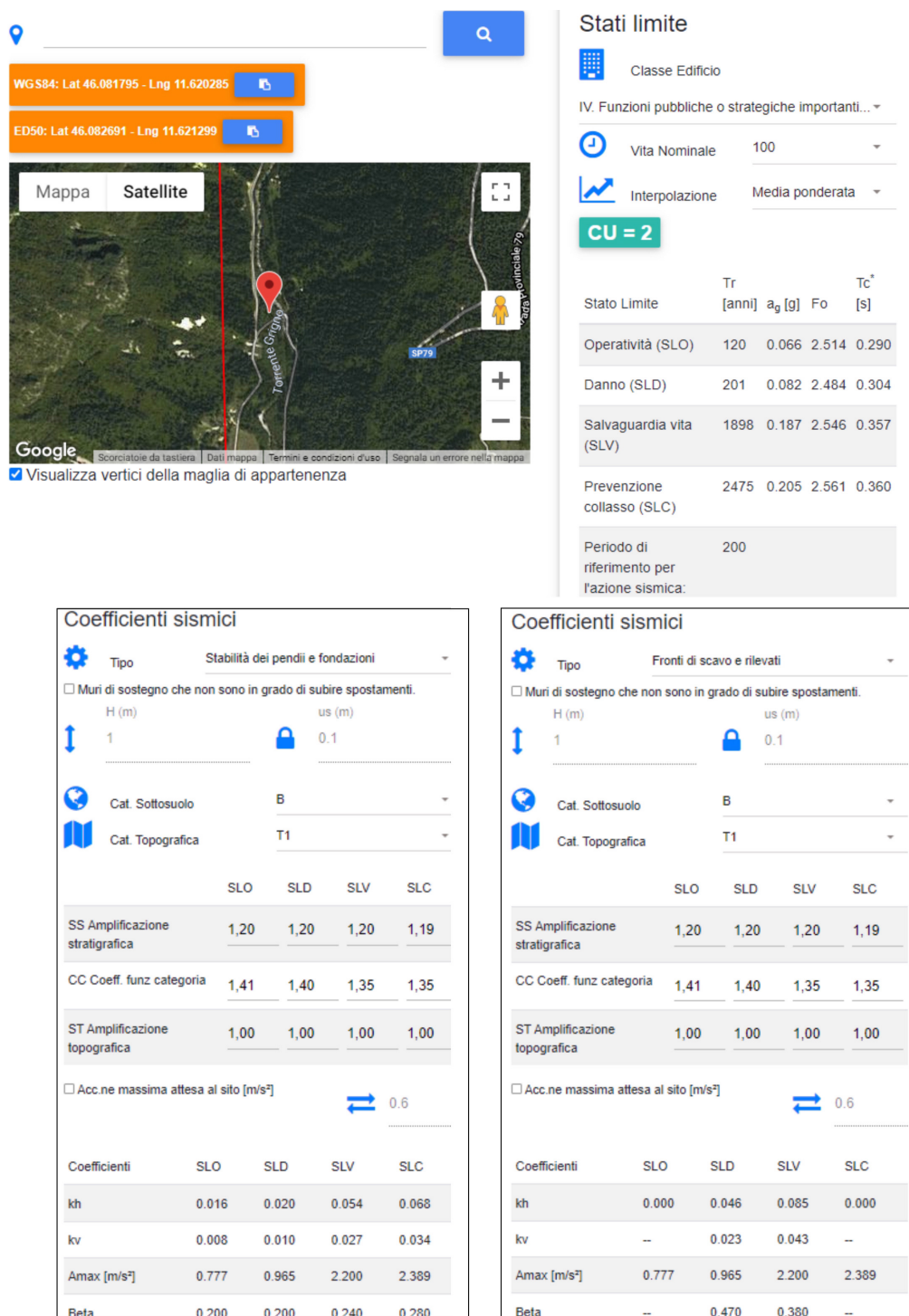


Figura 1.9: Localizzazione dell'edificio centrale e parametri sismici da utilizzare per le verifiche NTC 17/01/2018.

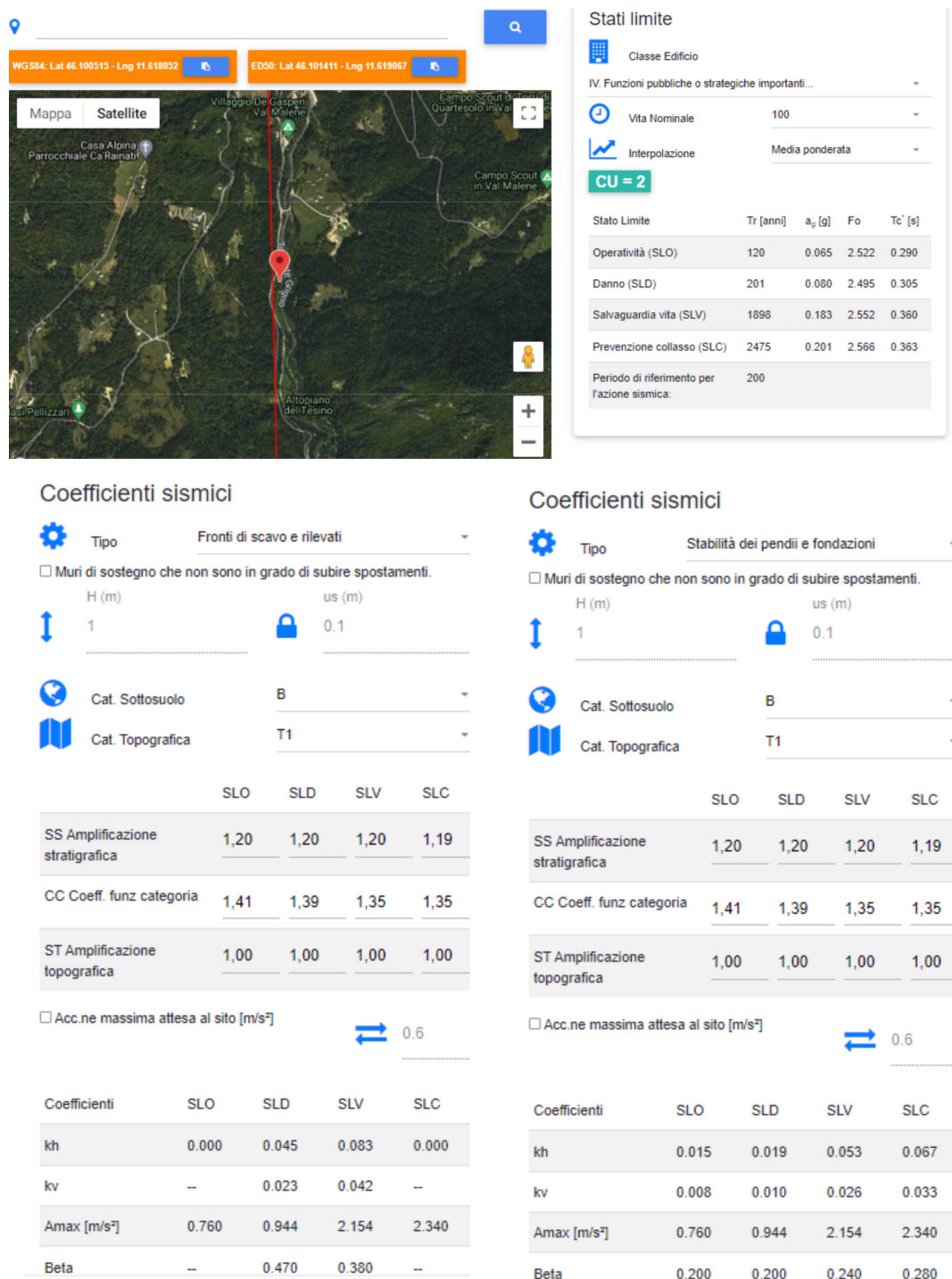


Figura 1.10: Localizzazione dell'opera di presa e parametri sismici da utilizzare per le verifiche NTC 17/01/2018.

Sistema Informativo Ambientale dell'Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente (APPA) in particolare nell' "Anagrafe dei siti da bonificare" ([http://www.appa.provincia.tn.it/pianificazione/Bonifica\\_siti/](http://www.appa.provincia.tn.it/pianificazione/Bonifica_siti/), 29 novembre 2018).

Per la gestione delle "Terre e Rocce da scavo" il "produttore" (soggetto la cui attività materiale produce le terre e rocce) dovrà fare riferimento al D.P.R. nr. 120 del 22-08-2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo).

Le analisi di caratterizzazione da effettuare sui materiali di scavo devono prevedere la ricerca del set analitico minimale riportato alla tab. 4.1 dell'All. 4 del DPR n. 120 / 2017 con l'esclusione, se motivata, del parametro amianto. Questo elemento può essere escluso dalla ricerca, poiché tale elemento (silicato varietà di anfibolo o di serpentino) non è presente nelle rocce del substrato presenti in zona e nel bacino del torrente.

Il dato analitico dovrà essere confrontato con i limiti di colonna A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Nel caso in cui si riscontri la presenza di terreno di riporto, cioè con un contenuto massimo di materiali di origine antropica pari al 20 % in peso, tali matrici dovranno essere sottoposte al test di cessione, effettuato con le metodiche del decreto del Ministero dell'ambiente del 5 febbraio 1998, ad esclusione del parametro amianto (art.4, commi 3 e 4 DPR 13 giugno 2017 n. 120), al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Nel caso di totale riutilizzo del materiale nel sito di produzione, si dovrà far riferimento all'Art. 24 del citato DPR (utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti) con la specifica che "Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del presente regolamento".

Qualora si volesse optare per la gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, si dovrà far riferimento all'Art. 4 (Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti) e all'Art. 20 del citato DPR, con la specifica che "La sussistenza delle condizioni previste dall'articolo 4, è attestata dal produttore tramite una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà resa ai sensi dell'articolo 47 del decreto del Presidente della Re-

pubblica 28 dicembre 2000, n. 445, con la trasmissione, anche solo in via telematica, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori di scavo, del modulo di cui all'allegato 6 al comune del luogo di produzione e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente.”

Inoltre, qualora la quantità di materiale presente in sito non fosse sufficiente per completare i lavori di realizzazione delle opere in progetto e fosse necessario l'apporto di altro materiale, esso oltre a dover rispettare caratteristiche di elevata qualità ambientale e per tanto essere certificato, dovrà rispettare anche le caratteristiche granulometriche previste dalle normative vigenti.

Sarà compito della D.L. quello di verificare la compatibilità ambientale sia dei materiali da scavo che di eventuali altri materiali utilizzati per la realizzazione del progetto.

**Nel caso non fossero già stati effettuati dei pozzetti per il prelievo del materiale necessario all'analisi, si raccomanda di condurre analisi in 4 punti: opera di presa, edificio centrale e nelle 2 zone oggetto di rimozione significativa di materiale in corrispondenza della rettifica del tracciato stradale.**

## 1.6 Criticità di ordine idrogeologico

Le criticità che emergono dall'inserimento dell'opera all'interno del contesto geologico della Val Malene, sono legate intrinsecamente alla presenza d'acqua all'interno dell'area in esame.

Le possibili interferenze delle opere in progetto con la falda di fondovalle rappresentano il primo ordine di criticità idrogeologica. *L'opera di presa potrebbe risultare immersa parzialmente al di sotto della quota della falda* ed il progetto esecutivo dovrà verificare ed adottare tutte le misure di intervento geotecnico necessarie alla stabilità dell'opera.

*Il tracciato della condotta*, sulla base dei riscontri di indagine puntuale, *non interferisce con la falda di fondovalle*, trovandosi lo scavo al di sopra del livello medio della superficie piezometrica individuata.

Anche *la centralina idroelettrica*, presenta un piano di appoggio *al di sopra del livello di falda medio individuato*, e dovrà comunque essere verificata tenendo conto dell'escursione della falda nell'arco dell'anno idrologico.

Nel caso di **circolazione idrica sospesa** che interferisce negativamente sulla stabilità delle scarpate di scavo, si raccomanda l'adozione dell' seguenti prescrizioni sulle modalità esecutive degli scavi:

- realizzazione dello scavo da valle verso monte con relativa predispo-

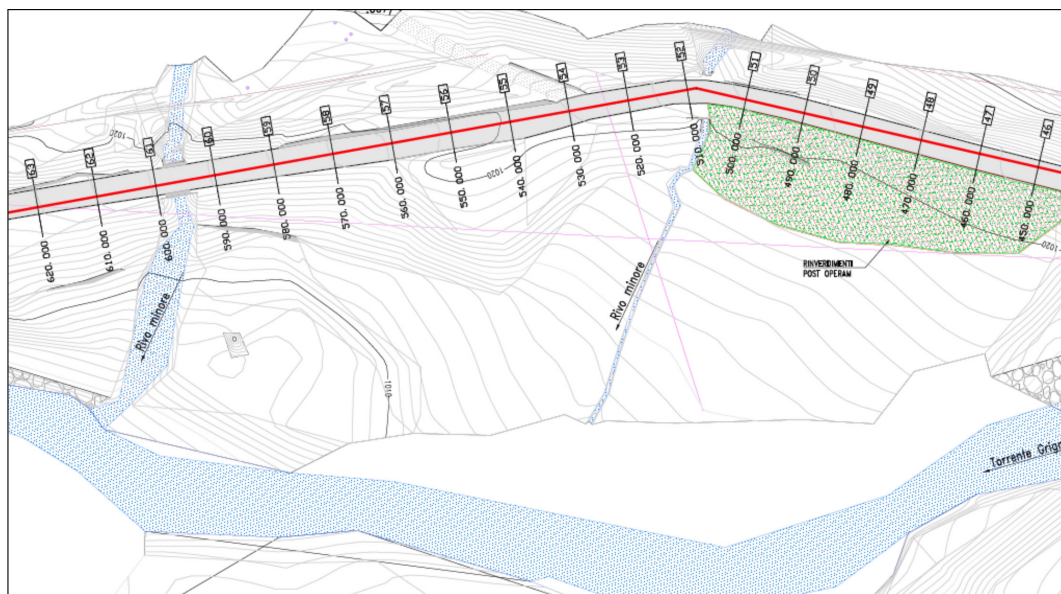


Figura 1.11: In corrispondenza delle sezioni 52 e 61 avviene l'attraversamento di 2 rivi tributari del Torrente Grigno. Il passaggio delle tubazioni avverrà tramite ancoraggio ai ponti esistenti.

sizione di drenaggi e scarichi delle acque intercettate al ricettore idrico locale;

- apertura di fronti di larghezza inferiori ai 15 m;
- nel caso si tratti in scavo con presenza di circolazione idrica di versante prevedere la drastica riduzione dell'angolo di profilatura dei fronti di scavo ( $\beta \leq 40^\circ$ ). Nel caso di tratti in scavo privi di circolazione idrica di versante sarà possibile la profilatura dei fronti di scavo con angoli pari a circa  $\beta \leq 50^\circ$  fino ad altezze pari a circa  $H \leq 3.5m$ .

*Gli attraversamenti di torrenti, rii e canali saranno realizzati con la finalità di conservare gli alvei esistenti mediante attraversamento in subalveo o ancorati al ponte stesso. Nel progetto, il percorso della condotta prevede l'attraversamento di rivi minori senza passaggio in subalveo della tubazione (Fig.1.11). Le acque di scorrimento superficiale non controllate, provenienti dal versante, che dovessero interferire con il tracciato della condotta, dovranno essere intercettate, collettate e restituite al ricettore idrico locale.*

## 1.7 Conclusioni

Su incarico e per conto del dello Studio di Ingegneria Betti e Vialli e per conto di Costabrunella srl è stata redatta la presente relazione geologica di supporto al progetto per la costruzione di una centralina idroelettrica nel Comune di Castello Tesino. In base ai rilievi ed alle indagini di campagna eseguite è stato riconosciuto che l'area individuata può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione dell'opera in progetto, in quanto non si ravvisano criticità invalidanti l'opera.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”, soddisfa i requisiti urbanistici di rilevanza geologica e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione.

In corso d'opera si deve controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.



## Capitolo 2

# Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito (contiene le verifiche della sicurezza e delle prestazioni).

### 2.1 Premessa

Nella presente Relazione vengono raccolte tutte le informazioni di carattere geotecnico emerse dai rilievi eseguiti in sito dallo scrivente nel periodo di settembre 2021, nonché dall'analisi dei risultati delle indagini geotecniche messe cortesemente a disposizione dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento.

Il progetto prevede la derivazione delle acque dal torrente Grigno, nel comune catastale di Pieve Tesino, e il loro trasferimento mediante una condotta forzata in PRFV fino all'edificio centrale di nuova realizzazione, in corrispondenza dell'opera di presa dell'impianto esistente Tesino 1.

Le opere sono ubicata totalmente in destra orografica, con un'opera di captazione del tipo a trappola con griglia ed un edificio centrale completamente interrato e mascherato nel versante a valle della strada comunale della Val Malene.

L'impianto in oggetto preleverà le acque dal torrente Grigno, alla quota 1040,83 m s.l.m. e le restituirà nel torrente Grigno, immediatamente a monte dell'opera di presa Tesino 1, alla quota di 876,35 m s.l.m.

L'acqua captata dal torrente viene convogliata in una vasca di carico da cui parte la condotta forzata.

La condotta forzata in PRFV, di diametro nominale 1000 mm e lunghezza pari a 2210,38 m s.l.m. circa, consente il trasferimento dell'acqua dalla vasca di carico all'edificio centrale di progetto.

L'edificio centrale ospiterà una turbina Pelton ad asse verticale. L'impianto è in grado di produrre un quantitativo di energia media annua pari a 6.376.284 kWh, con una potenza massima di 1250 kW, una potenza di concessione pari a 904,87 kW circa, una portata media di concessione di 567 l/s ed una portata massima di 1000 l/s. Il salto nominale di concessione dell'impianto risulta pari a 162,78 m.

Lo studio è finalizzato alla caratterizzazione ed alla modellazione geotecnica del volume significativo del terreno interessato dagli interventi in progetto.

La presente relazione fa esplicito riferimento ai Modelli Geologici di Riferimento definiti nella Relazione Geologica.

Nella presente relazione verranno trattati gli aspetti relativi alle indagini eseguite, alla caratterizzazione e alla modellazione del volume significativo dei terreni di progetto focalizzando l'attenzione sulle problematiche geotecniche connesse agli interventi in progetto, in special modo alla corretta definizione dei materiali di fondazione e ai risultati delle analisi di stabilità globale operaterreno sulle varie sezioni rappresentative di progetto.

La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno, riguarda le fasi progettuali definitiva ed esecutiva.

## 2.2 Normativa di riferimento

- Associazione Geotecnica Italiana (1977), "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche";
- Decreto Ministeriale LL.PP. 11 marzo 1988, "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";
- Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003;
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (raccolge in forma unitaria e aggiornata le

norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni secondo un'impostazione coerente con gli Eurocodici e con la valutazione della pericolosità sismica per tutto il territorio nazionale secondo l'O.P.C.M. n.3274/2003).

- D.P.R. del 13 giugno 2017 n.120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11 novembre 2014, n. 164"

Ordine degli ingegneri delle Province Autonome di Trento e di Bolzano, Ordine dei Geologi della Regione Trentino – Alto Adige, 8 novembre 2010, "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle NTC/2008 e della normativa nazionale e provinciale collegata".

## 2.3 Indagini eseguite

All'interno e nelle immediate vicinanze dell'area in esame (zona opera di presa) sono disponibili le seguenti indagini geognostiche pregresse (vedi schede in allegato) ubicate come indicate in Tav.1:

catasto PAT (Servizio Geologico):

- Sondaggi geognostici  $n$  : 2274/2275/2276/2277/2278

Il sondaggio  $n$  2278 in particolare è stato eseguito in corrispondenza dell'opera di presa in progetto.

## 2.4 Modello geotecnico di riferimento e parametrizzazione geotecnica

Le unità geologiche così come individuate su base stratigrafica assumono rilevanza anche per la modellazione geotecnica. Questi pertanto i parametri medi attribuiti alle *UNITÀ* caratteristiche individuate.

*UNITÀ A*: i parametri di resistenza di picco  $\varphi'$  dell'unità *A* (che interessa il tratto percorso dalla tubazione) trattandosi di materiali a comportamento incoerente, sono stati ricavati da dati di laboratorio geotecnico su analoghi terreni nelle vicinanze mediante analisi statistica dei dati misurati considerando, con approccio geotecnico, caratteristici i valori prossimi alla media calcolata.

I valori di angolo di attrito e di coesione efficaci risultanti sono i seguenti:

$$\gamma = 19 \text{ kN}/m^3$$

$$\varphi'(^{\circ}) = 35$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

**UNITÀ B:** i parametri di resistenza dell'unità B (che interessano gran parte del sedime delle opere in progetto come l'opera di presa e vasche, così come l'edificio centrale), sono tipici di materiali a comportamento incoerente; i parametri geotecnici sono stati ricavati dai dati di laboratorio geotecnico, nonché da un'analisi delle prove *SPT* effettuate dalle campagne di indagine geognostica pregresse. Dall'analisi delle prove *SPT*, si osserva un dato medio di resistenza alla penetrazione estremamente elevato, riferibile ai materiali sabbiosi e ghiaiosi in esame, con valori normalizzati di  $NSPT \geq 30 \text{ colpi}$ , spesso a cui corrisponde un angolo d'attrito  $\varphi' \simeq 35^\circ$ .

Nelle condizioni granulometriche e idrogeologiche più cautelative, riferite ad uno strato di limo con sabbia e ghiaia fine di spessore pari a circa 4.0 m, in condizioni di saturazione per presenza di una falda sospesa, si raggiungono valori normalizzati di  $NSPT \geq 10 \text{ colpi}$ , cui corrisponde un angolo di attrito di picco comunque pari a  $\varphi' \geq 30^\circ$ , tenuto conto di un'aliquota di coesione apparente non trascurabile (valida solo per le verifiche geotecniche al breve termine) in tale tipologia di materiali, non inferiore a  $C_{app} = 5 \text{ kPa}$ .

Per quanto attiene la parametrizzazione geotecnica dei materiali di versante sottoposti a scavo, in virtù della pezzatura spesso grossolana e clasto sostenuta, nonché della presenza di una matrice sabbiosa a comportamento granulare, si ritengono validi i seguenti parametri geotecnici

$$\varphi'(^{\circ}) = 32$$

$$c' = 3 \text{ kPa}$$

Per il dimensionamento delle strutture di fondazione delle opere principali sono da considerarsi i parametri cautelativi:

$$\varphi'(^{\circ}) = 32$$

$$c' = 1 \text{ kPa}$$

Sulla base dei risultati delle attività di rilevamento di superficie e dell'analisi delle prove geotecniche di laboratorio, nonché dei dati bibliografici raccolti, e sintetizzati concettualmente nei Modelli Geologici di Riferimento dei vari siti d'intervento (Modello geologico), vengono di seguito presentati i Modelli Geotecnici dei vari siti d'intervento, che sono alla base della progettazione degli interventi di messa in sicurezza in progetto.

Modello Geotecnico opera di presa, vasca sghiaiatrice, vasca dissabbiatrice, vasca di carico:

Unità B: Deposito alluvionale colluviale.

Modello Geotecnico tubazione:

Unità A: Deposito morenico fluvioglaciale.

Unità C: Roccia.

Modello Geotecnico edificio centrale:

Unità B: Deposito alluvionale colluviale.

## 2.5 Verifiche geotecniche dei fronti di scavo

In considerazione del fatto che durante le lavorazioni si potrà avere l'esecuzione di scavi per la realizzazione delle varie opere, nel presente capitolo verranno determinati gli angoli con cui dovranno essere riprofilate le scarpate provvisorie, impostate nei terreni appartenenti alle Unità *A* e *B* in funzione di varie altezze di scavo.

Il D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle *NTC*) dispone che le verifiche per la stabilità dei fronti di scavo vengano eseguite con l'approccio 1 combinazione 2 *GEO* ( $A2 + M2 + R2$ ); il coefficiente di sicurezza  $\gamma R2$  è di 1,1 per la stabilità a breve termine (tabella 6.8.I della citata normativa). Per le verifiche pertanto i parametri geotecnici caratteristici del terreno, sono stati preventivamente corretti applicando i coefficienti parziali  $\gamma M2$ , come indicato nella tabella seguente; in questo caso è stato considerato l'intero valore della coesione, data la transitorietà della geometria di scavo. Per quanto riguarda gli scavi in materiale appartenente all'Unità *A* (tubazioni), si applicano i seguenti parametri:

Parametri	Grandezze da ridurre			Coefficienti parziali	
Angolo di resistenza al taglio	35	$\varphi'$	$\tan \varphi' = 0.56$	$\gamma_{\varphi'} = 1.25$	29.2°
Coesione efficace	5	$c'$	$c'_k$	$\gamma_{c'} = 1.25$	4 kPa
Peso di volume	19	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma_{\gamma} = 1.00$	19 kN/m <sup>3</sup>

La pendenza da assegnare alla scarpata, per ottenere il fattore di sicurezza 1,1 è stata valutata col diagramma 1 di Hoek & Bray valido in condizioni drenate e senza filtrazione alla base.

Di seguito si riporta una tabella con indicati, in funzione dell'altezza *H* della scarpata, i valori di pendenza  $\beta$  per ottenere un fattore di sicurezza di 1,1.

<i>H</i> (m)	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
<i>B</i> (°)	63°	59°	56°	53°	50°	47°

Per quanto riguarda gli scavi in materiale appartenente all'Unità *A* (materiale alluvionale) si applicano i seguenti parametri:

Parametri	Grandezze da ridurre			Coefficienti parziali	
Angolo di resistenza al taglio	32	$\varphi'$	$\tan \varphi' = 0.50$	$\gamma_{\varphi'} = 1.25$	26.6°
Coesione efficace	3	$c'$	$c'_k$	$\gamma_{c'} = 1.25$	2.4 kPa
Peso di volume	19	$\gamma$	$\gamma$	$\gamma_{\gamma} = 1.00$	19 kN/m <sup>3</sup>

La pendenza da assegnare alla scarpata, per ottenere il fattore di sicurezza 1,1 è stata valutata col diagramma 1 di Hoek & Bray valido in condizioni drenate e senza filtrazione alla base.

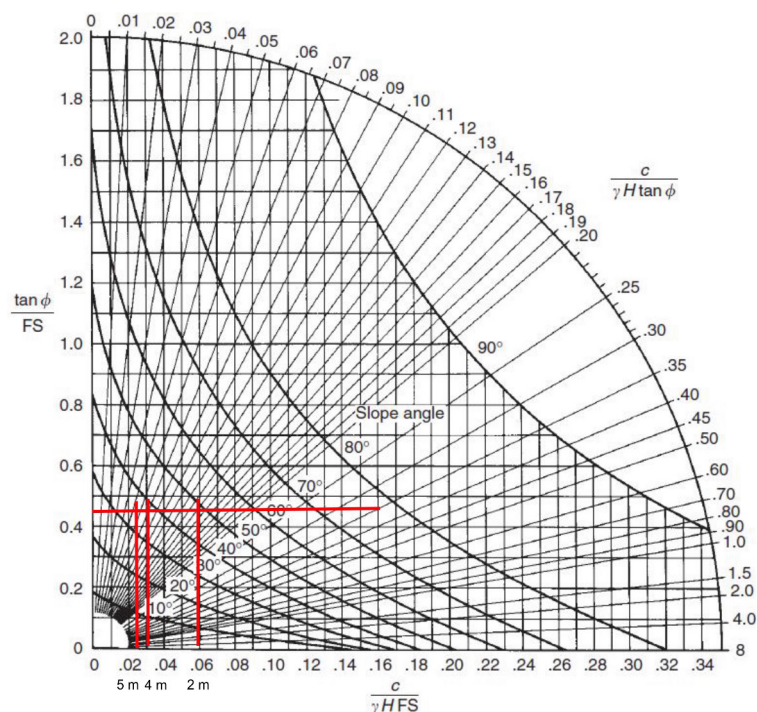


Figura 2.1: Abaco di Hoek Brown con gli angoli di scarpa da applicare su materiale alluvionale (edificio centrale).

Di seguito si riporta una tabella con indicati, in funzione dell'altezza  $H$  della scarpata, i valori di pendenza  $\beta$  per ottenere un fattore di sicurezza di 1,1.

$H(m)$	2.0	4.0	5.0
$B(^{\circ})$	50°	40°	36°

*La stabilità indicata è da intendersi a breve termine, in assenza di filtrazioni e per fronti non gravati da sovraccarichi. Angoli di scarpa maggiori da quanto indicato, si potranno mantenere solo con l'adozione di opere di contenimento provvisori.*

I lavori di scavo andranno eseguiti in un periodo di secca per contenere le infiltrazioni di acqua a fondo scavo e coprendo tempestivamente le scarpate con teli impermeabili nell'eventualità di pioggia.

Le filtrazioni idriche ed i ruscellamenti che dovessero interessare lo scavo non devono ristagnare e fluire verso le zone di scavo, ma devono essere allontanate.

Si raccomanda di completare le opere di contenimento definitive nel più breve tempo possibile poiché sia l'essiccazione che l'eccessiva imbibizione del materiale possono annullare la coesione apparente.

Si dovrà evitare il cumulo dei materiali di risulta o altri sovraccarichi in prossimità del ciglio della scarpata per un'ampiezza pari all'altezza della stessa per non incrementare la spinta delle terre e creare quindi instabilità. Qualora si dovessero verificare interruzioni delle operazioni, si prescrive di mettere in sicurezza i fronti di scavo lasciati aperti tramite adeguate opere provvisorie e di transennare gli scavi stessi.

I fattori responsabili dell'insorgere della coesione sono destinati, a scavo aperto, a ridursi progressivamente nel tempo. Il protrarsi del tempo d'esposizione dei fronti di scavo induce una progressiva diminuzione della coesione apparente, diminuzione indotta principalmente ad avverse condizioni meteoriche (soprattutto quando i fronti non sono coperti da teli impermeabili), da fenomeni termici (disidratazione dell'orizzonte superficiale) con riduzione progressiva delle pressioni negative di capillarità, ecc.

Tali condizioni possono indurre locali scoscendimenti di materiale verso il fondo scavo, soprattutto a seguito delle vibrazioni indotte dal passaggio di "mezzi pesanti" quali betoniere, autocarri ecc.

In corso d'opera il Geologo valuterà se rinforzare la parete di scavo al fine di salvaguardare le condizioni di stabilità dell'area interessata dallo scavo e l'incolumità del personale impegnato.

## 2.6 Edificio centrale

Il nuovo edificio centrale è localizzato in destra orografica rispetto al Torrente Grigno immediatamente a valle della strada comunale che collega Pieve Tesino con località Malene.

La struttura, completamente interrata, è posizionata parzialmente sotto il piano campagna, ad una distanza superiore a 10 m dal confine demaniale ed a una distanza superiore ad 5 m dal sedime stradale. L'accesso avviene da un'apposita rampa, di larghezza pari a 3 metri circa, posta a mezza costa ed avente sviluppo pari a circa 65 m e pendenza massima pari a circa il 18%; la strada di accesso risulta essere per gran parte complanare al versante. Solo in corrispondenza dell'edificio centrale, necessita della realizzazione di due muri di sostegno, uno a valle e l'altro a monte, rivestiti in pietra locale; sul rimanente tratto sono sufficienti limitate modellazioni di terreno, al fine di raccordare il piano strada con il terreno circostante.

In corrispondenza dell'edificio centrale, si accede al fabbricato tramite un tunnel completamente interrato, avente larghezza pari a 4,50 m e lunghez-

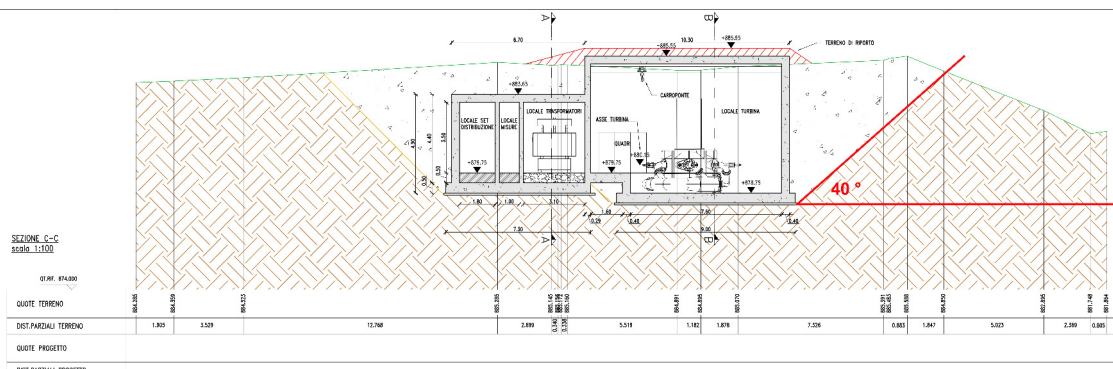


Figura 2.2: Angolo di inclinazione del fronte da applicare per  $H = 5$  m (edificio centrale).

za pari a circa 11 m, con pendenza nulla. Dal punto di vista geologico si raccomanda di rispettare le prescrizioni contenute in Figura 2.2. Nel caso si dovesse incontrare la falda si dovrà provvedere a:

- intercettazione delle acque alimentanti la sorgente e loro convogliamento, tramite canalizzazione, al fondovalle.
- esecuzione dello scavo;
- realizzazione di drenaggi al fondo dello scavo ad intercettare le residue acque di circolazione subcorticale e loro convogliamento, tramite canalizzazione, al fondovalle;
- costruzione dei muri controterra; essi saranno opportunamente impermeabilizzati ed a tergo di essi si realizzerà un drenaggio.

## 2.6.1 Verifica della stabilità globale opera di presa e centrale-pendio

L'opera di presa verrà realizzata in alveo e la vasca di carico in zona pianeggiante. La problematica di stabilità è quella relativa all'erosione o scalzamento in occasione di piene temibili. Per ovviare a questa evenienza verrà eseguita una traversa rinforzata con cls rivestito dal solettone di protezione; lateralmente verranno impostate delle scogliere che dovranno risultare ben ammassate e legate con calcestruzzo o con cambre metalliche, ammassate in roccia, in modo tale da rendere la massa resistente rispetto alla possibilità di trasporto solido.



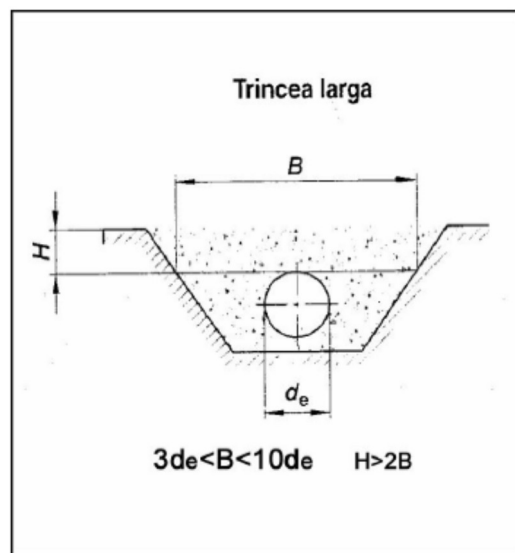


Figura 2.3: Condotta forzata con  $D=1000$  mm.

## 2.7 Condotta forzata

Come risulta dalle sezioni di verifica che seguono, in base alle indagini eseguite ed ai dati che ne derivano, il tracciato della condotta non interferisce con la falda di fondovalle, trovandosi il fondo dello scavo al di sopra del livello medio della superficie piezometrica e delle sue prevedibili oscillazioni.

Anche per la condotta forzata gli scavi potranno, in gran parte, essere realizzati secondo la tecnica della trincea larga, adottando gli angoli di scarpa sopra indicati. Laddove si dovesse, per la presenza di ostacoli o vincoli di ogni genere, ricorrere all'armatura dello scavo. In presenza di carichi dovuti ad opere esistenti (edifici, muri di sostegno, ecc.) gravanti sulle immediate adiacenze dello scavo, si ricorrerà invece alla realizzazione di opere di sostegno provvisorie, come paratie berlinesi. Dalla Figura 2.3, si dovrà considerare  $B = 3m$ , misurando dal tetto della condotta, per lavorare in condizioni di sicurezza. Nel caso di filtrazione e venute d'acqua, si raccomanda di diminuire l'inclinazione del fronte di scavo al di sotto dei  $40^\circ$ , in particolar modo dove la profondità di posa della condotta supera i 3 m di profondità.

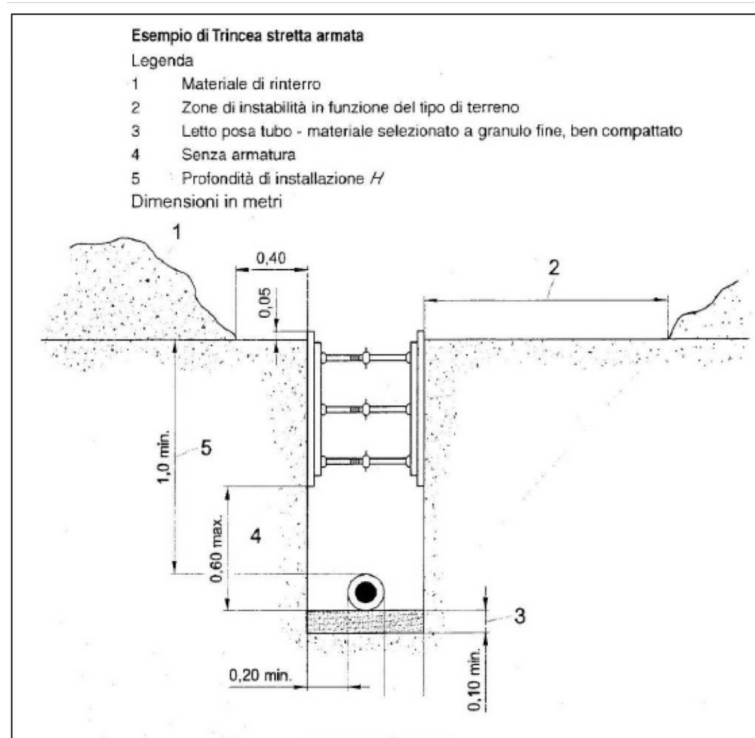


Figura 2.4: Esempio di trincea armata.



Verranno realizzati 2 nuovi brevi tratti in rilevato stradale per migliorare le condizioni di sicurezza in corrispondenza di un paio di curve a raggio ridotto attualmente esistenti. Il versante verrà sostenuto a monte da delle scogliere di diversa altezza in funzione del fronte da sostenere e della spinta delle terre da dover contrastare (Fig. 2.6).

Per le metodologie di realizzazione del rilevato, la tipologia e la quantità di prove in laboratorio e in sito da eseguire, si raccomanda, salvo diverse indicazioni presenti nel capitolato o contratto d'appalto, di applicare le istruzioni presenti nella norma UNI 11531-1:2014 (norma di riferimento per la classificazione delle terre e degli aggregati non legati e loro impiego nelle opere civili e infrastrutture). Si consiglia, in considerazione delle condizioni climatiche locali, che i misti granulari da utilizzare per gli strati di fondazione e di base abbiano un contenuto di limo e argilla (frazione  $< 0,063$  mm) non superiore al 7% (ideale) e massimo 15%.

Preme sottolineare i seguenti aspetti al fine di una corretta esecuzione dei rilevati:

- il piano di imposta del rilevato dovrà essere costituito da materiale naturale granulare omogeneo, eventuali anomalie locali, costituite da

materiale differente da quelli precedentemente esposti come ad esempio lenti di materiale francamente limoso o con presenza di materiale vegetale (tronchi rami, ecc.), andranno rimosse, sostituendo il materiale con altro avente migliori caratteristiche geotecniche; inoltre dovrà essere adeguatamente compattato.

- Laddove dovessero emergere filtrazioni idriche durante gli scavi, si prescrive che prima della realizzazione del rilevato si dovrà realizzare un sistema disperdente tipo “trincea drenante” orizzontale alla base e per tutta la lunghezza del tratto, al fine di intercettare e disperdere le acque ipogee; Per la realizzazione del dreno si potranno utilizzare materiali aridi grossolani ad elevato coefficiente di permeabilità reperiti direttamente in loco.
- I materiali costituenti strati immediatamente sovrapposti devono avere assortimenti granulometrici il più possibile simili. Si dovrà ad esempio evitare di mettere a contatto strati di materiale a granulometria poco assortita (tale da produrre nello strato un’elevata percentuale di vuoti), con strati a grana più fine che, durante l’esercizio, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento.
- Lo stato di addensamento che un materiale può raggiungere quando sottoposto a costipamento, a parità di altre variabili (rigidezza del supporto, energia conferita, spessore dello strato ecc..) cresce con il contenuto di umidità fino ad un determinato valore (massa volumica massima, in corrispondenza dell’umidità ottima) dopodiché comincia a diminuire. È importante che il contenuto d’acqua non venga alterato dalle condizioni meteorologiche, o altre cause, durante il costipamento.
- La scarpata a monte dei nuovi rilevati dovrà essere rivestita in terreno vegetale al fine di garantire l’attecchimento della flora locale e un buon rinverdimento per evitare erosioni da parte delle acque di ruscellamento superficiale.

In conclusione, sarà di fondamentale importanza la supervisione in fase esecutiva dei lavori di realizzazione del rilevato al fine di verificare le ipotesi progettuali assunte nel presente studio e controllare costantemente la realizzazione dello stesso al fine di ottenere quelle prestazioni minime richieste al fine di garantire la stabilità del rilevato. Con la costante supervisione dei lavori in fase esecutiva, in caso di necessità si potrà procedere con misure compensative in corso d’opera alla luce delle specifiche problematiche riscontrate, supportate dalle opportune verifiche. I migliori criteri geo-esecutivi

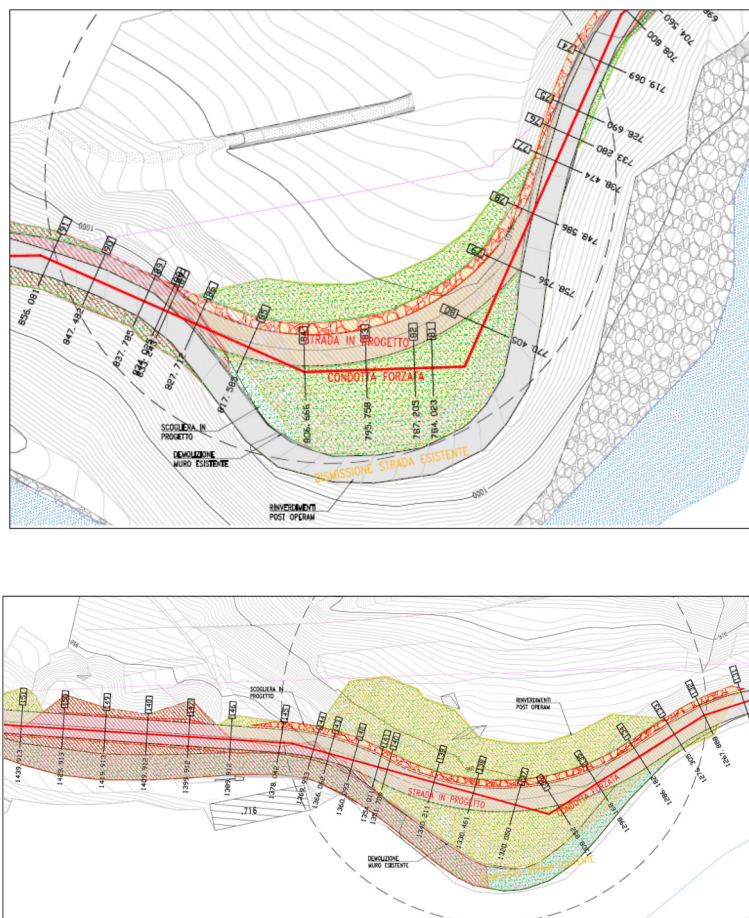


Figura 2.6: Tratti in cui sono previsti lavori di rettifica stradale con la realizzazione di 2 nuovi rilevati stradali.

di dettaglio dell'opera potranno quindi essere stabiliti solamente durante l'esecuzione dei lavori.

## 2.9 Pressione limite sul terreno di fondazione dell'edificio

Dalle indagini effettuate è emerso che il terreno di fondazione dell'edificio centrale, sarà/è costituito da materiale alluvionale - torrentizio, al quale sono stati attribuiti i seguenti valori "caratteristici" dei parametri meccanici:

peso di volume naturale  $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ ;

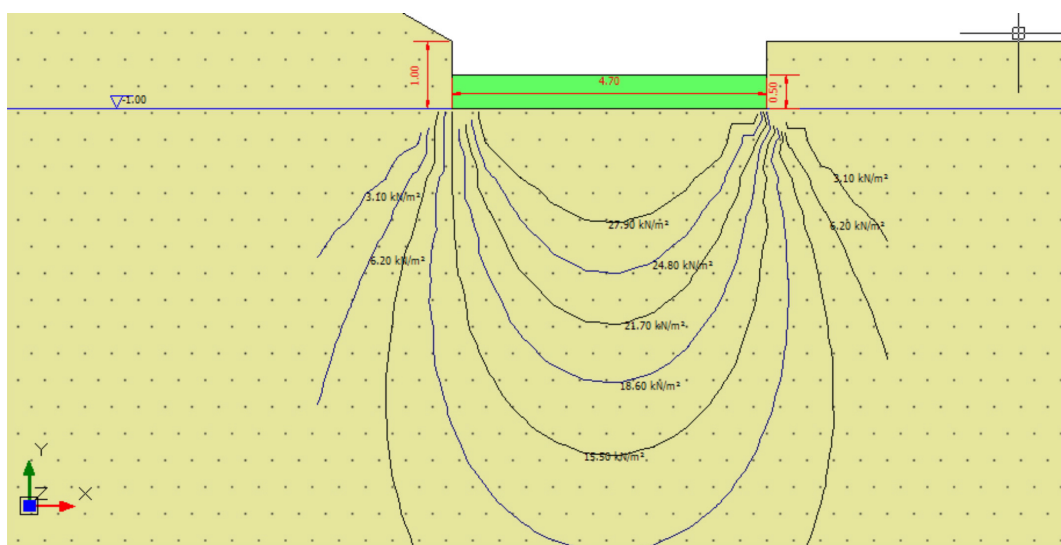
coesione  $c = 1.00 \text{ kPa}$ ;

angolo attrito interno  $\varphi = 32^\circ$ ;

Si effettua di seguito il calcolo della capacità portante limite con il criterio di Meyerhof, Combinazione 2, Approccio 2 *delle NTC* 2018. Di seguito si fornisce solo la pressione limite, poichè allo stato attuale della progettazione non si possiedono dati circa i valori delle azioni di progetto, così come non sono noti i valori delle spinte lungo l'asse X-X e Y-Y o momenti lungo i due assi (dati strutturali) e pertanto non è possibile nemmeno effettuare la verifica a scorrimento.

La struttura si suppone dotata di platea con ampiezza  $B = 4.70 \text{ m}$  e incassamento  $D = 1 \text{ m}$ . Dall'analisi si ricava un valore della capacità portante secondo Hansen  $Q_{lim} = 278.94 \text{ kPa}$ . Si è ipotizzata una pressione massima sul terreno di  $100 \text{ kPa}$ , compatibile con la massima pressione ipotizzata. Nella tabella allegata (Tab.2.7) sono comunque riportate le variazioni di tensione  $Q_{LIM}$  con il crescere di  $B$  e  $D$  della fondazione nel caso esse possedessero  $B$  e  $D$  diverse da  $4.70 \text{ m}$  e  $1 \text{ m}$ . Si allega il diagramma che mostra l'andamento delle isobare del carico al di sotto delle fondazioni nastriformi secondo Boussinesq.

La verifica delle fondazioni è condotta in via preliminare, calcolando la massima pressione normale di progetto; in fase di progettazione esecutiva si dovrà procedere alla verifica delle fondazioni sulla base del dimensionamento reale, dei carichi effettivamente agenti sulla struttura, e della situazione reale riscontrata.



D (m)	B=0.8	B=1.0	B=1.2	B=1.4	B=1.6	B=1.8	B=2.0	B=2.2
0.65	164.53	164.10	165.30	167.42	170.11	173.17	176.47	179.94
0.85	197.36	203.83	202.31	202.53	203.82	205.82	208.30	211.12
1.05	231.32	230.41	238.81	236.98	236.77	237.62	239.21	241.32
1.25	257.83	256.68	256.36	266.45	264.77	264.49	265.19	266.58
1.45	284.14	282.90	282.35	282.45	294.12	292.57	292.25	292.83
1.65	310.29	309.03	308.36	308.25	308.67	321.84	320.41	320.07
1.85	336.30	335.08	334.34	334.11	334.34	335.01	349.64	348.31
2.05	362.20	361.04	360.30	359.98	360.09	360.59	361.47	377.53
2.25	388.00	386.93	386.21	385.86	385.88	386.27	387.00	388.05
2.45	413.72	412.76	412.08	411.73	411.70	412.00	412.62	413.54

Figura 2.7: a) Schema tipo fondazione di progetto di larghezza 4.7 m e piano d'incastro 1 m. La pressione normale di progetto risulta essere di 278.94 kN/mq (da verificare sulla base dei carichi di esercizio). b) Variazioni di  $Q_{lim}$  con l'incremento dei valori di B (larghezza) e D (profondità) della fondazione.

## 2.10 Conclusioni

Sulla base di quanto esposto nella presente Relazione e in considerazione del progetto previsto, è possibile affermare che gli interventi possono essere considerati idonei dal punto di vista geologico e idrogeologico alla realizzazione degli interventi, a condizione che vengano osservate le prescrizioni e le indicazioni tecniche riportate nella Relazione.

Dalle indagini effettuate non sono emerse particolari controindicazioni, di ordine geotecnico alla realizzazione di quanto in progetto, fatta salva l'osservanza delle prescrizioni contenute nella presente relazione geotecnica e nella relazione geologica allegata.

Si rammenta inoltre la necessità della supervisione geologica dei lavori, volta alla verifica delle previsioni stratigrafico-geotecniche contenute nel presente studio ed alla definizione di dettaglio dei migliori criteri geoesecutivi delle opere in progetto. In base alle indicazioni dalla D.O. geologica si potranno quindi produrre le opportune varianti in caso di difformità fra le previsioni di progetto e quanto realmente riscontrato nella fase di supplemento di indagine.

La Relazione Geotecnica è redatta in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»" fa riferimento alla Relazione Geologica del progetto definitivo e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geotecnica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

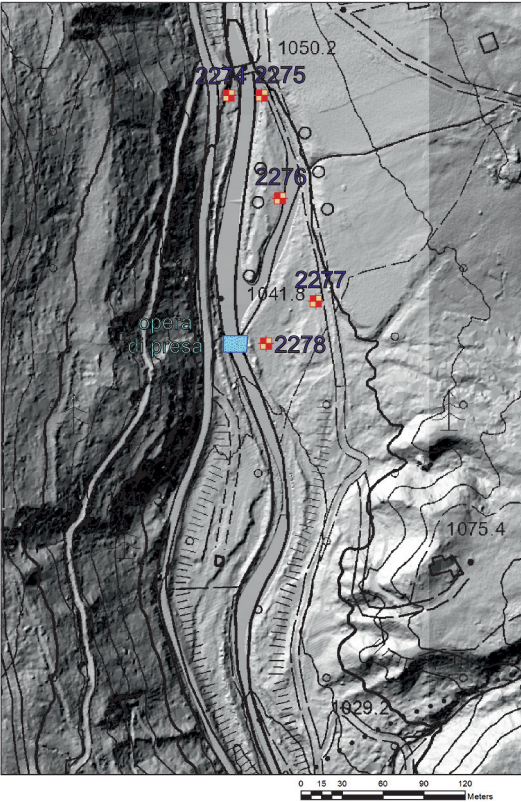
Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" e costituisce la relazione geotecnica specialistica del progetto strutturale di cui al capitolo 10.1, C10.1 punto 5.1.

La Relazione Geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno contiene tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.4 delle NTC (2018).

In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico e geotecnico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geologica e geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.







Strati

2274

Da (m)	A (m)	T/R	Descrizione
0.0	0.5	T	suolo di colore marrone
0.5	2.8	T	trovante di natura granitica
2.8	3.7	T	sabbia grossa con ciottoli
3.7	7.4	T	ghiaia fine con sabbia di colore beige
7.4	8.0	T	sabbia fine di colore beige con ghiaia fine
8.0	9.0	T	ghiaia fine con sabbia di colore beige e limo
9.0	9.5	T	trovante di natura granitica
9.5	14.0	T	ghiaia media con ciottoli e sabbia
14.0	15.0	T	trovante
15.0	16.7	T	sabbia media di colore beige con ghiaia fine
16.7	17.0	T	trovante di natura granitica
17.0	19.8	T	ghiaia media con sabbia e ciottoli
19.8	23.8	T	sabbia grossa di colore beige con ghiaia fine
23.8	25.0	T	ghiaia grossa con sabbia
25.0	25.4	T	trovante

Strati

2275

Da (m)	A (m)	T/R	Descrizione
0.0	1.6	T	ghiaia media con sabbia e ciottoli
1.6	2.0	T	trovante di natura granitica
2.0	6.6	T	ghiaia grossa con sabbia di colore beige
6.6	7.0	T	trovante di natura granitica
7.0	9.0	T	ghiaia media con sabbia di colore beige
9.0	10.0	T	sabbia grossa con ghiaia
10.0	11.1	T	ghiaia media con sabbia
11.1	11.9	T	sabbia grossa con ghiaia
11.9	17.5	T	sabbia grossa con ghiaia e ciottoli
17.5	30.0	T	ghiaia grossa con ciottoli e sabbia

Strati

2276

Da (m)	A (m)	T/R	Descrizione
0.0	0.9	T	suolo di colore marrone
0.9	2.5	T	ghiaia grossa con ciottoli e sabbia
2.5	3.0	T	trovante di natura granitica
3.0	12.0	T	ghiaia grossa con sabbia di colore beige
12.0	12.5	T	trovante di natura granitica
12.5	15.0	T	ghiaia media con sabbia di colore beige

2277

Strati

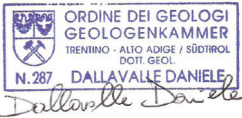
Da (m)	A (m)	T/R	Descrizione
0.0	0.8	T	suolo di colore marrone
0.8	8.0	T	ghiaia grossa con ciottoli e sabbia
8.0	10.0	T	sabbia grossa di colore beige con ghiaia media
10.0	15.0	T	ghiaia media con sabbia grossa e ciottoli

Strati

2278

Da (m)	A (m)	T/R	Descrizione
0.0	0.5	T	suolo di colore marrone
0.5	1.5	T	ghiaia grossa con sabbia di colore beige
1.5	5.8	T	sabbia media di colore beige con ghiaia fine
5.8	8.8	T	ghiaia media con sabbia grossa
8.8	9.6	T	sabbia grossa con ghiaia fine
9.6	14.0	T	ghiaia media con sabbia di colore beige
14.0	15.7	T	ghiaia fine con sabbia media
15.7	21.8	T	ghiaia media con sabbia di colore grigio
21.8	23.0	T	sabbia media con ghiaia fine
23.0	24.0	T	ghiaia media con sabbia
24.0	26.0	T	sabbia media con ghiaia

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO COMUNE DI PIEVE TESINO		
Completato	Oggetto:	Costa Inc. - cont.
Legge Provinciale	PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA CENTRALE IDROELETTRICA SUL TORRENTE GRIGNO - TRATTO INTERMEDIO - C/13749	N. Progressivo
Programma		Tec. N.:
Geol. Dallavalle Daniele	Titolo	Suffisso 1 N.:
		Effettivo titolo N.:
Revisione	Colore:	Sito:
Disegno N.:		Data: Settembre 2021
Progetto N.:	Completato:	Costabrunella Srl



ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI				località: Pieve Tesino, Val Malena opera: Impianto idroelettrico committente: Consorzio Energetico del Tesino		foglio n° 2 coordinate x(m): 702350.07 y(m): 5108845.04	
ID sondaggio: 2274 n° sondaggio: 1 data: 05/10/1985	prof. sondaggio (m) 0 bedrock (m) 0	prof. falda (m) 2.1 quota po (m) 1052	tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)	note: Luffaro m 3.0 (alla penna), 7.8 (0.36-2 cm), 11.8 (0.36-2 cm), 19.8 (2.25-2 cm)	S.P.T.	prof. N°	
compilazione	liv. falda	profondità	stratigrafia	descrizione litologica			
0	0	0	0	trovante di natura granitica			
1	0	0	0	trovante di natura granitica			
2	0	0	0	sabbia grossa con ciottoli			
3	0	0	0	sabbia grossa con ciottoli e sabbia			
4	0	0	0	sabbia media con sabbia			
5	0	0	0	sabbia media con sabbia			
6	0	0	0	sabbia media con sabbia			
7	0	0	0	sabbia fine di colore beige con ghiaia fine			
8	0	0	0	sabbia fine con sabbia di colore beige e limo			
9	0	0	0	trovante di natura granitica			
10	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
11	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
12	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
13	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
14	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
15	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
16	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
17	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
18	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
19	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
20	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
21	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
22	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
23	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
24	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
25	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
26	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
27	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
28	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
29	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
30	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
31	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
32	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
33	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
34	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
35	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
36	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
37	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
38	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
39	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
40	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
41	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
42	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
43	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
44	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
45	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
46	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
47	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
48	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
49	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			
50	0	0	0	sabbia media con ciottoli e sabbia			

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI				località: Pieve Tesino, Val Malena opera: Impianto idroelettrico committente: Consorzio Energetico del Tesino		foglio n° 3 coordinate x(m): 702379.12 y(m): 5108845.23	
ID sondaggio: 2275 n° sondaggio: 1 data: 05/10/1985	prof. sondaggio (m) 0 bedrock (m) 0	prof. falda (m) 0.8 quota po (m) 1052	tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)	note: Luffaro m 3.0 (alla penna), 5.8 (0.45-2 cm), 7.0 (alla penna), 11.8 (2.45-2 cm), 17.8 (1.35-4 cm)	S.P.T.	prof. N°	
compilazione	liv. falda	profondità	stratigrafia	descrizione litologica			
0	0	0	0	trovante di natura granitica			
1	0	0	0	trovante di natura granitica			
2	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
3	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
4	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
5	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
6	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
7	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
8	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
9	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
10	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
11	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
12	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
13	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
14	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
15	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
16	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
17	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
18	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
19	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
20	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
21	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
22	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
23	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
24	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
25	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
26	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
27	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
28	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
29	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
30	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
31	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
32	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
33	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
34	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
35	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
36	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
37	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
38	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
39	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
40	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
41	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
42	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
43	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
44	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
45	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
46	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
47	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
48	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
49	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			
50	0	0	0	sabbia grossa con sabbia di colore beige			

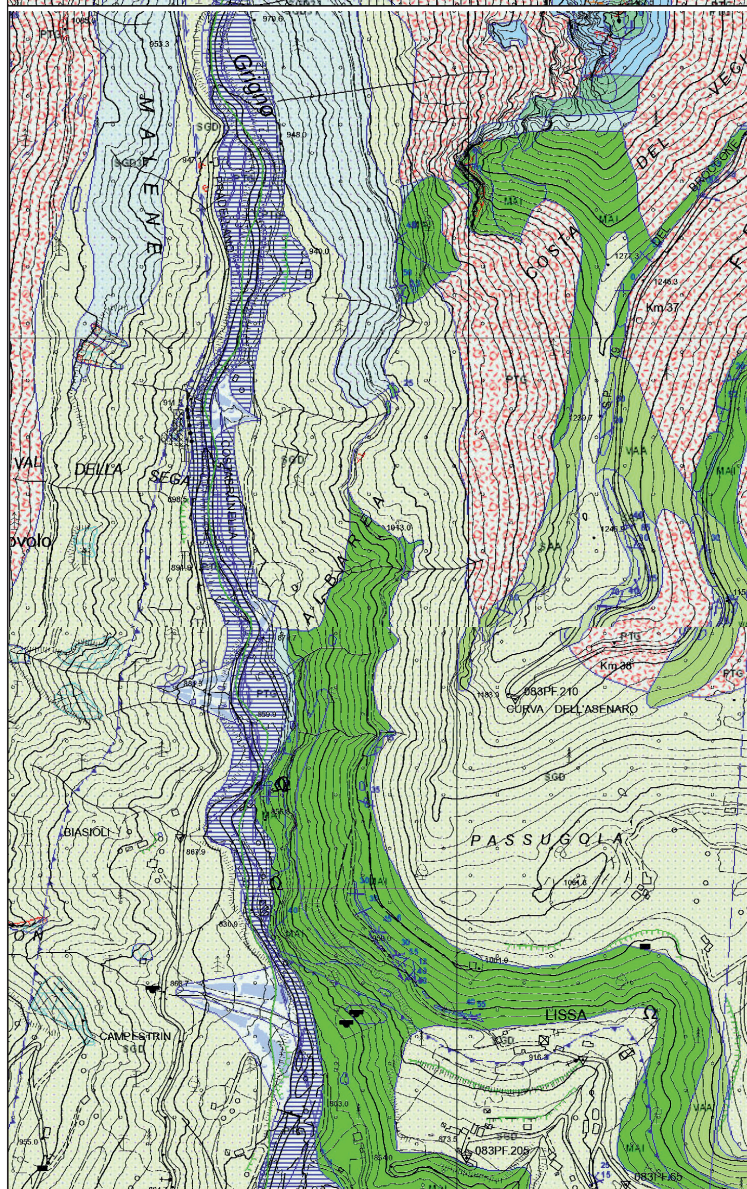
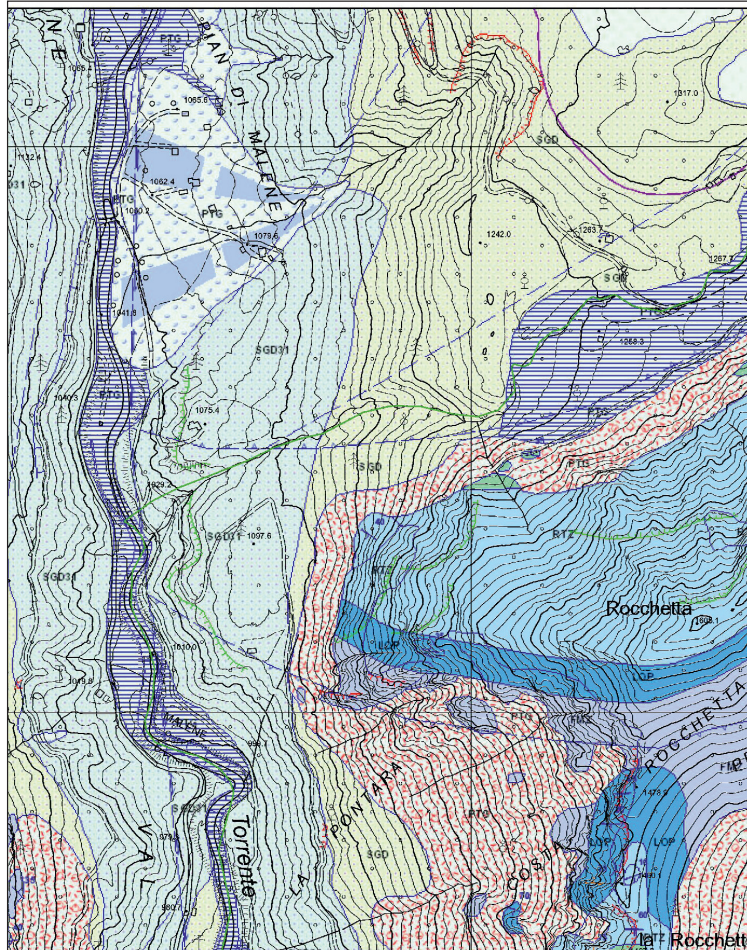
ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAGGI				località: Pieve Tesino, Val Malena opera: Impianto idroelettrico committente: Consorzio Energetico del Tesino		foglio n° 1 coordinate x(m): 702405.42 y(m): 5108775.06	
ID sondaggio: 2276 n° sondaggio: 1 data: 10/10/1985		prof. sondaggio (m) 0 bedrock (m) 0		prof. falda (m) 2.4 quota po (m) 1050		tipo falda: libera inclinazione: Verticale (0°-20°)	
compilazione		liv. falda		profondità		stratigrafia	
campione				note: Picometro			
				descrizione litologica			
		0		trovante di natura granitica sabbia grossa con ciottoli e sabbia flegli (0 max 30 cm)			
		2		trovante di natura granitica sabbia grossa con ciottoli e sabbia flegli			
		10		trovante di natura granitica			
		12		sabbia media con sabbia di colore beige			
		14					



# Carta Geologica

## Legenda:



-  Biancone
-  Formazione di Rotzo
-  Calcare di Loppio
-  Formazione di Mte Zugna
-  Materiale alluvionale o fluvioglaciale
-  SGD - SGD3  
Till indifferenziato

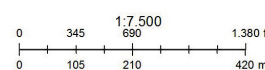


PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO COMUNE DI PIEVE TESINO		
Completato	Oggetto: <b>PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DELLA CENTRALE IDROELETTRICA SUL TORRENTE GRIGNO - TRATTO INTERMEDIO - C/13749</b>	Codice inv. - cont.
Legge Provinciale		N. Progressivo:
Programma:		Tav. n.:
Geol. Dallavalle Daniele	Titolo: <b>Carta Geologica</b>	Scalatura 1: n.:
Revisione:	Colore:	Riferimento tavola n.:
Disegno N°1:		Scala:
Progetto N°1:	Consulente: <b>Costabrunella Srl</b>	Data: <b>Settembre 2021</b>



17/9/2021, 16:20:15

-  Confine Provinciale
-  Confini Comunali





Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto (kN/m <sup>2</sup> )	N (kN)	M <sub>x</sub> (kN·m)	M <sub>y</sub> (kN·m)	H <sub>x</sub> (kN)	H <sub>y</sub> (kN)	Tipo	
1	A1+M1+ R3	92.98	0	0	0	0	0	Progetto	
2	SISMA	92.98	0	0	0	0	0	Progetto	
3	S.L.E.	92.98	0	0	0	0	0	Servizio	
4	S.L.D.	92.98	0	0	0	0	0	Servizio	

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr.	Correzione Sismica (Paolucci e Pecker (1997))	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazioni	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid. .Capacità portante orizzontale	
1	yes	1	1	1	1	1	1.8	1.1	
2	no	1	1	1	1	1	2.3	1.1	
3	no	1	1	1	1	1	1	1	
4	no	1	1	1	1	1	1	1	

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (kN/m <sup>2</sup> )	Resistenza di progetto [Rd] (kN/m <sup>2</sup> )	Tensione [Ed] (kN/m <sup>2</sup> )	Fattore sicurezza [Fs=Qult /Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Tipo rottura	Costante sottofondo (kN/m <sup>3</sup> )	
A1+M1+ R3									
*	HANSEN (1970)	278.94	154.97	92.98	3	Verificata	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	11157.55	
	TERZAGHI (1955)	351.43	195.24	92.98	3.78	Verificata	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	14057.13	
	MEYER	282.74	157.08	92.98	3.04	Verificata	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	11309.68	

	HOF (1963)					a	Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552		
	VESIC (1975)	346.51	192.51	92.98	3.73	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	13860.44	
	Brinch - Hansen 1970	311.89	173.27	92.98	3.35	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	12475.64	
	Meyerho f and Hanna (1978)	400.01	222.23	92.98	4.3	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	12475.64	
SISMA									
	HANSE N (1970)	278.94	121.28	92.98	3	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	11157.55	
	TERZA GHI (1955)	351.43	152.79	92.98	3.78	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	14057.13	
	MEYER HOF (1963)	282.74	122.93	92.98	3.04	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474;	11309.68	

							Icrit=141 .552		
	VESIC (1975)	346.51	150.66	92.98	3.73	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	13860.44	
	Brinch - Hansen 1970	311.89	135.60	92.98	3.35	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	12475.64	
	Meyerho f and Hanna (1978)	400.01	173.92	92.98	4.3	Verificat a	* Rottura generale; Ir=2013. 474; Icrit=141 .552	12475.64	