REGIONE PIEMONTE | PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA | COMUNE DI VARZO

UTILIZZAZIONE A FINI ENERGETICI DEL RIO GRANDE (RIO RII)
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA

D.Lgs. n°387 del 29/12/2003 e s.m.i.
L.R. n°40 del 14 dicembre 1998 s.m.i.
art. 12 - Fase di V.I.A.

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Committente:

EDIFICA s.r.l.
Via Marconi n°14
28845 Domodossola (VB)

Data:
Rev: Dicembre 2023

STUDIO GEOLOGICO MARANGON
Via Bonomelli N°16
28845 Domodossola (VB)
tel. +39 0324 249100 fax. +39 0324 249100
e-mail: marageo@libero.it

Il tecnico
Dott. Geol. Paolo Marangon

INDICE

INDICE....1
1. PREMESSA....2
1.1 Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore....2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO....2
3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO....3
3.1 Movimentazione di materiale....3
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO....3
4.1 Inquadramento tettonico-strutturale regionale....4
4.2 Inquadramento tettonico e strutturale locale....5
5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI....5
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA....6
6.1 Individuazione della pericolosità del sito....6
6.2 Scelta della strategia di progettazione....7
6.3 Determinazione dell'azione di progetto....8
6.3.1 Categoria di sottosuolo....9
6.3.2 Amplificazione stratigrafica....9
6.3.3 Amplificazione topografica....10
6.4 Accelerazione massima di progetto....10
7. IDROLOGIA....10
7.1 Idrologia superficiale....10
7.2 Idrologia sotterranea....11
8. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI....11
9. CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO....11
10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE....12
11. ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE TRA LE OPERE IN PROGETTO E LE CAPTAZIONI AD USO POTABILE....14
12. STABILITA' DELLE AREE ATTRAVERSATE....14
12. PREVISIONI SUL TERRENO D'IMPOSTA....14
13. CALCOLO DEL CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE....15
14. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI....16
15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE....18

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

1. PREMESSA

La presente indagine è stata redatta in ottemperanza al DM 17/01/2018 ed alla L.R. 45/89 s.m.i. a supporto del progetto di un impianto idroelettrico con derivazione d'acqua dal rio Rii, nel territorio del Comune di Varzo (VB), proposto da Edifica S.r.l. sottoposto al procedimento unico ex. D.Lgs. 387/2003 contestualmente alla Fase di Valutazione di Impatto Ambientale (ex L.R. 40/98 s.m.i.).

L'indagine effettuata si è posta l'obiettivo di evidenziare le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area lungo la quale è prevista la realizzazione dell'opera, nonché stabilire i parametri geotecnici, nonché valutare le condizioni di equilibrio dei terreni di imposta.

A tale scopo ci si è procurati una serie di dati bibliografici e la cartografia della zona e, dopo averne preso visione, è stata eseguita una dettagliata analisi, la quale ha permesso di evincere i caratteri geologici generali.

A questa fase ha fatto seguito una fase di rilievo, al fine di osservare le caratteristiche geomorfologiche dello stesso, nonché ricavare i dati tecnici essenziali per stabilire la fattibilità dell'opera.

I risultati ottenuti hanno permesso di valutare la compatibilità dell'opera con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del territorio interessato secondo quanto previsto dalla legislazione vigente, ponendo particolare attenzione alla stabilità del terreno di imposta e valutando, inoltre, l'incidenza della scelta progettuale nei confronti di un ottimale inserimento nel contesto ambientale ed idrogeologico.

1.1 Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore

L'analisi del Progetto IFFI (inventario fenomeni franosi) ha consentito di rilevare come lo sviluppo della soluzione progettuale interferisce nella porzione di medio-alta (da opere di presa a quota 635 metri slm circa) con un fenomeno di D.G.P.V. (deformazione gravitativa profonda di versante – 1991, ID dissesto: 1030015801).

Dalla consultazione della cartografia tematica del Piano di Assetto Idrogeologico si rileva che lo sviluppo dell'impianto proposto interferisce (con l'opera di presa) con il dissesto torrentizio a pericolosità molto elevata (Ee) che si delinea lungo l'asta del rio Ri.

Il Comune di Varzo è regolamentato dal P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n° 56/77 e s.m.i. e della Circolare P.R.G. n.7/LAP del 8 Maggio 1996, in adeguamento al P.A.I.

La consultazione dell'elaborato tematico "*Carta di sintesi della pericolosità geologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*" ha consentito di rilevare come lo sviluppo dell'impianto proposto interessi aree in Classe IIIa.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Topograficamente l'area di intervento è localizzata sulla tavoletta I.G.M. in scala 1:25000 "Crodo" I S.O. del Foglio 15 della Carta d'Italia, nonché sulla Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10000 - sezione n° 035160 "Crodo".

L'area in oggetto è ubicata in sinistra idrografica del torrente Diveria, nella porzione di versante a monte ed a valle del centro abitato di Varzo, con derivazione dall'asta del rio Rii, tributario di sinistra del T. Diveria.

L'impianto proposto si sviluppa tra la quota di 631 metri slm (opera di presa) e la quota di 570 metri slm (asse turbina - edificio centrale).

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

3. CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Le opere che costituiscono l'impianto idroelettrico in progetto sono ubicate nel settore di versante a Nord dell'abitato di Varzo, indicativamente a N-W della località Colla.

L'impianto prevede la derivazione dal rio Rii, alla quota di circa 630 metri slm, per poi impostarsi in sponda idrografica destra sino all'edificio centrale ed alla cabina di consegna (quota p.c. 570 metri slm circa), struttura che sarà ubicata poco a monte del ponte che attraversa il rio Ri da Piazza della Torre nel comune di Varzo.

Le caratteristiche peculiari di progetto sono state dettagliatamente descritte nella relazione tecnica e negli elaborati cartografici, redatti dall'Arch. Fabio Dalla Pozza di Crevoladossola (VB) e dall'Ing. Giulio Berrino di Domodossola (VB)

3.1 Movimentazione di materiale

Dall'Elaborato di progetto "Modifica del suolo" (4/5/2023) si evince come il volume relativo ai lavori di *sbancamento* complessivi necessari alla realizzazione delle opere in progetto, risulti essere pari a *897,75* m^3.

Il volume reimpiegato in cantiere per riporti è stato quantificato in *541,43* m^3.

Il volume di scavo definito dalla L.R. 45/89 s.m.i. è pertanto determinato dalla somma del volume degli scavi e dei riporti, per totali *1.439,18* m^3.

La superficie modificata o trasformata dall'intervento risulta approssimativamente essere pari a 1.619,74 m^2.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Ai fini di tale inquadramento è stato assunto, quale riferimento, il foglio n° 15 "Domodossola" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, unitamente alla cartografia tematica a supporto del P.R.G.C. ed a studi specifici già eseguiti all'intorno dell'area indagata.

Il territorio oggetto della presente indagine fa parte di una porzione della Val Divedro; si tratta di un settore delle Alpi Occidentali dove intensi processi erosivi e deformativi hanno portato alla luce gli elementi strutturali più profondi dell'edificio alpino.

La zona di studio, nello specifico, appartiene al Dominio Pennidico localizzato alla base dell'intero sistema di falde. Si possono distinguere almeno sei falde pennidiche: Antigorio, Lebendum, Monte Leone, Gran San Bernardo, Monte Rosa, Sesia - Lanzo e Dent Blanche.

Considerando una teorica disposizione verticale delle falde pennidiche, si nota che le prime tre Unità, sovrastanti la zona infrapennidica costituita dalla Cupola di Verampio, formano i Ricoprimenti Pennidici Inferiori; ad essi fanno seguito i Ricoprimenti Pennidici Medi, composti dalla Falda del Gran San Bernardo (oppure dall'Unità Moncucco-Orselina a seconda delle zone considerate) e dall'Unità Camughera; concludono lo schema verticale i Ricoprimenti Pennidici Superiori composti dalla Falda del Monte Rosa, al di sopra dei quali vi sono le "Unità Ofiolitiche Piemontesi" seguite dalla falde Dent Blanche e Sesia Lanzo, queste ultime facenti già parte del sistema Austro-Alpino.

Le Unità Pennidiche sono caratterizzate da una tettonica ad ampi ricoprimenti, costituiti prevalentemente da rocce gneissiche erciniche polimetamorfiche, a volte con copertura permocarbonifera, generati durante le fasi secondarie dell'orogenesi alpina (Cenozoico) in seguito al coricamento verso Nord-Ovest di grandi pieghe anticlinali. Il

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

risultato di questo processo è rappresentato da unità strutturali, sovrapposte le une sulle altre, separate da edifici di natura tettonica.

Durante queste fasi, terreni di età più recente vengono intrappolati tra le unità di basamento pre-triassico (le falde di ricoprimento), costituendo le cosiddette "Sinclinali mesozoiche", di età triassica-giurese.

Rispettando le teorie e gli schemi attualmente riconosciuti sulla genesi delle Alpi, sia le unità pre-triassiche che le sequenze mesozoiche vengono interessate durante l'orogenesi alpina (Cenozoico) da fenomeni tettonico-metamorfici con caratteristiche termo-bariche elevate (facies anfibolitica).

Per questo motivo, le attribuzioni stratigrafiche alle diverse unità della catena sono abbastanza imprecise e basate, come già ricordato, su criteri di analogia di facies.

A questa complessa storia geologica si sono sovrapposti fenomeni di rimodellamento glaciale, fluvio-glaciale e fluviale, con relativi depositi, che hanno dato luogo alle caratteristiche morfologie vallive attualmente osservabili.

4.1 Inquadramento tettonico-strutturale regionale

La successione degli elementi strutturali appartenenti al Pennidico Inferiore, può essere schematizzata nelle seguenti unità, elencate seguendo un ordine stratigrafico (dal basso verso l'alto):

- *Cupola di Verampio*: è l'elemento tettonico più profondo (elemento 0) dell'edificio delle falde pennidiche ed affiora, con una tipica struttura cupuliforme, nell'alta valle del Toce, tra i paesi di Crodo e Baceno. E' costituita da ortogneiss granitico-sialico, con aspetto massiccio ed un colore biancastro.
- *Sinclinale di Baceno*: è formata prevalentemente dai "Micascisti di Baceno", complesso di rocce metapelitiche con intercalazioni minori di marmo. Tali micascisti comprendono, verso il limite superiore, calcari cristallini triassici, con lenti più o meno cospicue e concordanti di quarzo. Nella finestra di Varzo, dove affiora un altro tratto della Sinclinale di Baceno, ci sono micascisti analoghi associati a calcescisti e marmi con gessi.
- *Ricoprimento di Antigorio*: si tratta di un'unità che copre un'ampia zona della Val d'Ossola. E' costituita da gneiss occhiadini, a grana medio-grossa, derivanti da protoliti granitici, talora porfirici, tardo-paleozoici, metamorfosati in facies anfibolitica in età mesoalpina; gli gneiss sono avvolti da un sottile, ma abbastanza continuo, involucro di rocce triassiche e calcescisti probabilmente liassici. Questa unità ha una potenza notevole dovuta a raddoppiamenti tettonici che possono portare a spessori dell'ordine dei 500 metri.
- *Sinclinale del Teggiolo*: è un'unità costituita da una sequenza di rocce mesozoiche; all'interno della sinclinale troveremo dei calcari micacei, al contatto con lo gneiss di Antigorio, passanti a calcescisti quarzoso-biotitici, verso le zone sommitali della struttura. All'interno di questa sequenza è possibile trovare inoltre delle intercalazioni di lenti di quarzite.
- *Falda del Lebendum*: questa unità è stata (e lo è tuttora) al centro di accesi dibattiti durante i quali si è cercato di dare un'esatta interpretazione alle rocce che vi appartengono. I problemi derivano dalla elevata complessità tettonico-stratigrafica, che rende difficile una chiara ricostruzione della sua storia geologica. La mancanza delle zone di radice potrebbe far pensare al Lebendum non più come ad una falda ma come a dei depositi, permo-carboniferi e mesozoici, appartenenti al Dominio Ultraelvetico (situato più a Nord), rimasti intrappolati tra la Falda Antigorio e quella del Monte Leone. Dal punto di vista petrografico, questa unità è

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

costituita nella parte inferiore da sequenze metamorfiche arenaceo-conglomeratiche, che lasciano il posto a calcescisti nelle zone sommitali della struttura.

- *Sinclinale del Veglia*: si tratta di rocce mesozoiche con composizione mineralogica molto simile a quella della Sinclinale del Teggiolo. A contatto con l'Unità del Lebendum, avremo dei micascisti e calcescisti biotitici passanti a calcari micacei e micascisti talvolta granatiferi.
- *Falda del Monte Leone*: è la parte terminale del Pennidico Inferiore e la sua composizione è eterogenea: gneiss occhiadini a grana fine, simili a quelli di Antigorio, ma più scistosi; gneiss ad orneblenda ed epidoto; scaglie di coperture mesozoiche comprendenti marmi, paragneiss, anfiboliti e calcescisti. Fra queste coperture, in Val Bognanco si trovano soprattutto marmi e calcescisti (loc. Arza). Tale ricoprimento è articolato in numerose digitazioni fra cui quella costituente la cima del Monte Leone.

4.2 Inquadramento tettonico e strutturale locale

Per ciò che concerne le dislocazioni tettoniche a carattere locale, l'individuazione delle stesse è possibile comparando l'analisi fotointerpretativa delle fotoaeree con il rilevamento di campagna, da questi emerge come il sistema più importante presenti una giacitura paragonabile con la linea tettonica del Sempione (NO-SE); a tale dislocazione sono quindi riferibili la maggior parte delle discontinuità locali e delle linee di faglia rilevate lungo il territorio in oggetto.

Tra queste occorre annoverare la faglia lungo la quale si è instaurato il torrente Cairasca. Per dette dislocazioni si può fare riferimento a momenti distensivi, individuabili con specchi di faglia, gradini mineralizzati, striature locali (dati raccolti dall'analisi bibliografica).

5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico, la Valle Divedro è stata modellata, nel corso del Quaternario, da fenomeni glaciali che hanno conferito alla stessa un profilo trasversale ad U ed un profilo longitudinale a gradinata.

Tra le forme tipiche dell'erosione glaciale, si osservano, in quota, ampi circhi glaciali, ossia conche delimitate da pareti verticali che accolgono le acque di un laghetto o piccoli glacio-nevai ancora attivi. L'azione erosiva è testimoniata anche dalle vette piramidali di alcuni rilievi, risultato dell'erosione del ghiacciaio di circo sulle pareti rocciose, e dalla presenza costante di rocce lisciate e levigate: le sporgenze rocciose del substrato venivano modellate dalla potente azione erosiva del ghiacciaio in movimento, assumendo forme tipicamente e dolcemente arrotondate sul lato a monte, più irregolari e scabre sul lato a valle.

Il ritiro dei ghiacciai ha portato all'accumulo, lungo le pendici rocciose ed a valle delle stesse, di depositi morenici, le cui potenze risultano estremamente variabili in rapporto alle successive evoluzioni del territorio. Si tratta essenzialmente di depositi che presentano una granulometria variabile dal blocco ai limi, con abbondante frazione sabbiosa e limosa grigiastra, localmente asportata in superficie per dilavamento.

La valle principale ha tagliato bruscamente le vallecole laterali che solcano i fianchi delle montagne circostanti e attualmente risultano sospese: ad essa si raccordano con un brusco salto morfologico che origina una cascata oppure con una profonda incisione in roccia del tratto terminale.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

Al periodo caratterizzato dalle glaciazioni ha fatto seguito l'attività erosiva fluviale. Il segno lasciato dall'attività erosiva fluviale è attualmente visibile anche lungo i versanti vallivi, difatti nella loro porzione meno elevata si nota la presenza di pareti molto acclivi, spesso verticali, con profonde gole di incisione dovute all'erosione operata dai corsi d'acqua.

Al di sopra di dette scarpate, nella parte mediana dei versanti, è possibile riscontrare la presenza di una morfologia meno acclive talvolta interessata da coltri di copertura morenica, intercalata alla coltre eluvio-colluviale ed indifferenziabile da questa.

Tali coperture sono a testimonianza di ciò che rimane degli antichi terrazzi glaciali un tempo molto estesi ed in seguito parzialmente incisi, erosi e rimaneggiati dall'azione esercitata dalle acque.

Con l'avvento dell'erosione fluviale, a seguito del ritiro dei ghiacci, vi è stato un approfondimento ed un incisione delle depressioni vallive ed un naturale sviluppo della rete idrografica di ordine minore, la cui gerarchizzazione testimonia l'evoluzione morfologica.

I rii si sono instaurati lungo le vie preferenziali di deflusso formate o da linee di debolezza dell'ammasso roccioso (scistosità, stratificazione, fratturazione) o da incisioni avvenute come conseguenza dei movimenti dei ghiacciai.

Lo sviluppo della rete idrografica ha portato ad un'intensa attività erosiva, per cui il materiale eroso assieme a quello strappato alla copertura dalle acque di dilavamento, ha dato e dà origine ad abbondanti depositi che conferiscono a valle.

Tra le azioni morfogenetiche, assume particolare importanza l'azione gravitativa, imputabile all'azione combinata tra gli agenti esogeni e la fratturazione intrinseca dell'ammasso roccioso, quest'ultima infatti determina la formazione di diedri di dimensioni variabili, la cui evoluzione ha generato e genera tuttora depositi di versante.

In particolare, il clima attuale e quindi i fenomeni meteorici che periodicamente interessano la valle, hanno fatto assumere alla stessa una morfologia molto aspra ed in continua evoluzione.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

La definizione degli spettri di risposta relativi ad uno Stato Limite è articolata in 3 distinte fasi, ciascuna delle quali prevede la scelta dei valori di alcuni parametri da parte del progettista; le tre fasi vengono di seguito esplicate.

6.1 Individuazione della pericolosità del sito

La pericolosità sismica di base del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S_e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nella vita di riferimento dell'opera V_R.

In particolare, le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R, a partire dai valori di alcuni parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione massima sul sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

- T_c* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per i 10751 nodi del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano e per 9 valori del periodo di ritorno T_R. Per i punti non ricadenti in corrispondenza dei nodi del reticolo, il valore dei parametri sopra indicati viene ricavato per interpolazione, utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Il primo passo dell'analisi è stato quindi quello di calcolare le coordinate geografiche del sito di intervento in modo da acquisire successivamente le azioni sismiche locali (proprie del sito specifico) sulla base di un reticolo di riferimento.

I parametri sismici del sito sono stati ricavati dalla media ponderata dei i valori noti nei 4 punti di riferimento all'intorno del sito stesso. L'analisi viene svolta con l'utilizzo del software "Spettri NTC", messo a disposizione dal Consiglio Superiore del Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.

Per gli stati limite di tipo geotecnico (GEO) sotto l'effetto di azioni sismiche, le verifiche di sicurezza da affrontare per le costruzioni con classe d'uso IV come quella in esame sono:

- stato limite ultimo SLV con verifica della resistenza del sistema fondazione-terreno, della stabilità dei rilevati, dei muri di sostegno e dei fronti di scavo.
- stati limite di esercizio SLD con verifica del contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno (cedimenti);

Le elaborazioni effettuate con apposito software in riferimento alle coordinate del sito di intervento, per lo stato limite ultimo SLV forniscono i seguenti dati:

<u>edificio centrale</u>

a_g	0,135
F_o	2,418
T_c*	0,296
T_R	949

Coordinate ED50 (gradi decimali): 46,208576 - 8,255889

6.2 Scelta della strategia di progettazione

In questa fase vengono definiti i parametri fondamentali di seguito indicati, sulla scorta dei coefficienti che definiscono la tipologia e la classe d'uso dell'opera in progetto.

☞ <u>Vita nominale della costruzione</u>

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella:

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

	Tipi di costruzione	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

☞ Coefficiente d'uso della costruzione

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in *Classe d'uso III* o in *Classe d'uso IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in *Classe d'uso IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

☞ Periodo di riferimento per la costruzione

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U

$$V_R = V_N * C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1	1,5	2

In riferimento alla costruzione in progetto, si sono attribuiti i seguenti parametri:

V_N	Vita nominale	**≥ 50 anni**
Classe d'uso		**IV**
C_U	Coefficiente d'uso	**2,0**
P_{VR}	63% per SLD	
P_{VR}	10% per SLV	

6.3 Determinazione dell'azione di progetto

In questa fase di analisi viene definito il valore di progetto dell'azione sismica massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR}.

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Le due componenti orizzontali, ortogonali tra loro, sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.

Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale ≤ 4,0 s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale a_g, ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di a_g si differenziano al variare della probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento T_R.

☞ Risposta sismica locale

La risposta sismica in ambito strettamente locale viene valutata sulla base dei seguenti parametri:

- categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E, S1, S2);
- amplificazione stratigrafica S_S;
- amplificazione topografica S_T .

6.3.1 Categoria di sottosuolo

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n°4-3084 del 12 dicembre 2011 è stato approvato l'aggiornamento e l'adeguamento delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico - edilizie finalizzate alla prevenzione del rischio sismico ed è stata recepita la classificazione sismica di cui alla DGR n. 11-13058 del 19 gennaio 2010. In riferimento a tale D.G.R. il territorio del Comune di Varzo (VB) risulta ascritto alla Zona 3.

Pertanto secondo i criteri elencati al punto 3.1 dell'Allegato 2 dell'O.P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 e nel D.M. 17/01/2018, si ritiene idoneo identificare i terreni di fondazione dell'edificio centrale e dei settori dell'impianto oggetto di verifiche di stabilità, come: copertura di tipo eluvio-colluviale o glaciale che presenta generalmente spessori di ordine metrico, pertanto si ritiene idoneo identificare i terreni interessati in una categoria di suolo assoggettabile a "suolo di fondazione tipo E", ossia "*Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m,* posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s)".

6.3.2 Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1.

Categoria sottosuolo	SS	CC
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di a_g, Fo e TC* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni tabulate sotto e nelle quali "g" rappresenta l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

6.3.3 Amplificazione topografica

Per superfici topografiche semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°.	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media i>15°.	Sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15°≤ i≤ 30°.	Cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i>30°.	Cresta del rilievo	1,40

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove ST assume valore pari a 1.

6.4 Accelerazione massima di progetto

Avendo acquisito i parametri essenziali all'analisi della risposta sismica locale, è ora possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo A_{max}, mediante la seguente relazione:

<u>Edificio centrale</u> - $\mathbf{A_{max}} = a_g * S_S * S_T = [0{,}135\ g * 1{,}6 * 1{,}0] =$ **0,216 g**

<u>Zona opera di presa</u> - $\mathbf{A_{max}} = a_g * S_S * S_T = [0{,}135\ g * 1{,}6 * 1{,}2] =$ **0,259 g**

7. IDROLOGIA

7.1 Idrologia superficiale

Nell'area presa in esame, il collettore di drenaggio principale è rappresentato dal torrente Diveria, il quale scorre a sud della zona interessata dalla realizzazione dell'impianto in progetto, lungo il fondovalle, localmente con direzione di scorrimento circa Ovest-Est.

Dal versante settentrionale del settore vallivo in esame, il torrente Diveria riceve dalla sponda sinistra una serie di tributari. Tra questi si citano il torrente Cairasca, il più importante, che si individua ad una distanza di circa 1700 metri ad ovest della zona di intervento.

Altri vari collettori di deflusso minori sono presenti nell'area di studio, tra cui il rio San Giovanni (o rio Ri) oggetto della derivazione prevista, il quale attraversa l'abitato di Varzo e del suo tributario di destra denominato rio Blanca, con confluenza subito a monte del centro storico di Varzo.

Sono inoltre presenti, da ovest ad est e nel settore dell'ampio versante in questione, il rio Riacciolo, il rio Mugné, il rio della Valle, il rio di Cattagna, ecc…

In linea generale, infine, la circolazione idrica superficiale si completa con i fenomeni di ruscellamento diffuso, localmente a deflusso concentrato in

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

corrispondenza delle vallecole/canali morfologici naturali che possono essere sede di scorrimento occasionale delle acque in concomitanza ad eventi meteorici di una certa intensità e/o nel periodo di scioglimento delle nevi alle quote più elevate.

7.2 Idrologia sotterranea

In funzione delle caratteristiche geolitologiche della coltre di copertura, nonché geomorfologiche del territorio, possono farsi alcune considerazioni in merito alla circolazione idrica sotterranea, partendo dal presupposto che la stessa è fortemente condizionata dal detrito di copertura che ricopre il substrato roccioso, dove quest'ultimo risulta praticamente impermeabile.

Nell'ambito del bilancio idrologico le perdite d'acqua per infiltrazione sono limitate alle condizioni di permeabilità secondaria del basamento roccioso (permeabilità dovuta a fratturazione) ed alla permeabilità primaria per porosità delle coperture detritiche.

Da un'analisi in sito è emerso come il deposito superficiale caratterizzante le aree del settore di intervento, assuma sempre spessori da esigui a medio-moderati ed è composto da depositi eluvio-colluviali o misti a glaciali a permeabilità discreta/scarsa.

Le acque meteoriche, pertanto, tendono in parte a ruscellare in superficie ed in parte ad infiltrarsi nel terreno; la conformazione morfologica globale del versante e l'acclività che localmente lo contraddistingue inibiscono un significativo accumulo di acqua nel sottosuolo e quindi non si prefigurano gli elementi essenziali per la formazione di una falda vera e propria.

In funzione di quanto sopra esposto, la circolazione idrica sotterranea risulta pertanto significativa solo a seguito di eventi meteorici di una certa intensità e per lo più lungo la superficie di contatto roccia-detrito, mentre l'esaurimento della stessa avviene in periodi immediatamente successivi al termine delle precipitazioni.

Ovviamente non è da escludere una circolazione profonda delle acque, che può avvenire per porosità secondaria, ovvero lungo fratturazioni e/o fessure della roccia; tale fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche della roccia stessa quali scistosità, grado di fratturazione, etc.

L'alimentazione della falda sotterranea, per lo più identificabile in una circolazione di subalveo, è agevolata dalla tipologia dei depositi di copertura che caratterizzano un intorno dell'area in esame; pertanto le acque di infiltrazione permeano nei depositi di copertura andando ad alimentare la falda di fondovalle.

8. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE DEI TERRENI

Il terreno di imposta su cui verrà realizzata l'opera in progetto, è caratterizzato dalla seguente tipologia litologica:

Depositi eluvio-colluviali: tale copertura viene interessata da tutto l'impianto in progetto. La coltre eluvio-colluviale è caratterizzata da materiale litoide a pezzatura da medio-minuta, con dimensione prevalente dei singoli elementi variabile da decimetrica a pluri-decimetrica, inglobati in abbondante matrice fine terroso-sabbiosa a debole componente limosa. Le singole porzioni litoidi hanno generalmente forma prevalentemente prismatica e spigolosa.

9. CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

In relazione all'osservazione diretta dei terreni detritici in analisi su cui andranno ad impostarsi le opere in progetto, e sulla scorta di analisi correlative svolte in merito, il terreno può essere classificato secondo lo United Soil Classification System,

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

comunemente adottato dal Corps of Engineers e dal Bureau of Reclamation System; si attribuisce quindi alla coltre eluvio-colluviale indagata al gruppo **GM**, definibile come ghiaie miste a sabbia e limo.

Tale classificazione permette di entrare nella tabella che definisce i "Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi-deformazioni di forma iperbolica - Primo Carico", in particolare si ricava il valore dell'angolo di attrito interno del materiale in oggetto, il quale nel caso specifico è compreso tra 31 e 42 gradi. In funzione della classificazione ottenuta, si possono inoltre definire le seguenti caratteristiche:

- possibile azione del gelo:	*da lieve a media*
- compressibilità e rigonfiamento:	*molto lieve*
- permeabilità:	$10^{-3} \div 10^{-5}$
- densità secca AASHO:	*1.90 - 2.15 T/m^3*
- caratteristiche di compattazione:	*buone con accurato controllo, ruote gommate, rullo a piede di pecora*
- valori tipici di progetto:	
C.B.R.	*40 - 60*
moduli di sottofondo	*5.5- 8.3 kg/cm^2*

10. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Per la trattazione statistica dei parametri geotecnici dei depositi sciolti, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine, si propone di valutare l'angolo d'attrito caratteristico attraverso l'elaborazione statistica di alcuni valori tipici acquisiti da bibliografia, nonché da rilievi diretti condotti su materiali analoghi, per la tipologia di terreno direttamente interessata dagli interventi.

In particolare, sulla scorta di dati pregressi acquisiti su terreni analoghi, si è attribuita alla litologia considerata la classificazione del suolo secondo la U.S.C.S. (Unified Soil Classification System).

L'Eurocodice 7 introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU o di SLE.

Se si utilizzano metodi statistici (peraltro non obbligatori), la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

In geotecnica è circostanza decisamente non infrequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati.

Il trattamento statistico dei dati può essere eseguito anche con pochi dati a disposizione, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza regionale e locale.

Quando ci si trova, infatti, in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota. L'equazione assume pertanto la seguente forma:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

dove:

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

- x_k è il valore caratteristico desiderato
- x con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
- z è la distribuzione normale standardizzata
- σ è la deviazione standard della popolazione
- n è la numerosità del campione

Il valore di σ nell'equazione precedente andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; quando questi mancano, si possono utilizzare i valori reperibili in letteratura. A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove:
σ = deviazione standard della popolazione
μ = media della popolazione

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (5° PERCENTILE DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA)

- *Detrito glaciale/eluvio-colluviale*

Per tale tipologia di detrito si propone una classificazione U.S.C.S tipo GM con variabilità dell'angolo d'attrito di picco compresa tra 31° e 42°. Dalla trattazione statistica si ottiene:

dati	media dati		Xk	
31	36,50		32,3	Valore caratteristico
42	COV Φ %		Xd	
	10		26,8	Valore di progetto
	n° dati			
	2			
		$z_{0.05}$	-1,6449	

$$x_k = \bar{x} - 1.645\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

- coesione (c): 0,0 T/m^2
- angolo di attrito (φ): 32°
- peso di volume (γ): 1,90 T/m^3
- permeabilità (k): da discreta a buona

I parametri geotecnici sopra indicati, con specifico riferimento all'angolo d'attrito ed al peso di volume del terreno in esame, sono stati assunti in termini di valori caratteristici, ove con il termine caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

11. ANALISI DELLE POSSIBILI INTERFERENZE TRA LE OPERE IN PROGETTO E LE CAPTAZIONI AD USO POTABILE

Nella zona ampia circostante le opere di progetto, sono individuabili n° 3 sorgenti ad uso potabile nel settore di versante a nord-nord-est dell'impianto, ed a monte dello stesso e della sezione di derivazione.

Le sorgenti sono, come riportato negli elaborati di P.R.G.C., così individuabili:

1) loc. Arsciai – quota 1280 m slm
2) loc. Bialugno – quota 1085 m slm
3) loc. Proso – quota 1330 m slm

In funzione del circuito di alimentazione delle sorgenti esistenti, riconducibile al settore di versante a monte delle stesse, ovvero al bacino idrogeologico ricompreso tra le sorgenti e la linea di cresta delineata dalle cime del P.zzo della Colmine-Croce della Torriggia-Croce dei Meri, non sono da prevedersi interferenze tra la derivazione in progetto ed il regime o circuito di ricarica delle sorgenti considerate.

12. STABILITA' DELLE AREE ATTRAVERSATE

In riferimento alle operazioni di scavo necessarie alla creazione del setto entro cui verrà alloggiata la condotta, si fa osservare come l'incidenza degli stessi sul terreno risulta talmente modesta da non interferire con l'assetto geostatico delle coltri di copertura superficiali.

Essendo, quindi, la quantità di materiale in eccedenza per metro lineare piuttosto limitata, questo verrà disposto sul territorio secondo la morfologia del terreno, modellando e livellando le asperità presenti in sito. In particolare le condizioni di equilibrio dei terreni di imposta, potranno essere mantenute tali adottando gli opportuni accorgimenti tecnici e rispettando le modalità esecutive descritte successivamente.

Nei settori maggiormente acclivi le operazioni di scavo dovranno essere condotte con particolare accortezza; in ogni caso, la riprofilatura delle scarpate di scavo dovranno avvenire secondo angoli di scarpa compatibili con le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati; qualora ciò non fosse sempre possibile si dovranno prevedere adeguate opere di stabilizzazione o contenimento anche di tipo provvisionale, il tutto come meglio specificato al Capitolo 15.

12. PREVISIONI SUL TERRENO D'IMPOSTA

Una lettura immediata delle previsioni sul terreno d'imposta, è ottenibile dall'analisi dei litotipi e dei depositi caratterizzanti i terreni interessati, e soprattutto dalla valutazione tecnica ragionata del binomio "opere previste-problematiche presenti".

La realizzazione dell'opera in progetto dovrà tenere in considerazione le condizioni di stabilità delle litologie sopra descritte, valutando l'incidenza dei lavori di scavo, nonché le modalità di posa dei manufatti.

A livello progettuale, possono quindi farsi delle previsioni di massima, dettate dalle condizioni geostatiche del territorio, nonché dalle caratteristiche del terreno d'imposta, in modo da fornire un'ottima base sulla quale impostare il lavoro, la quale potrà poi essere confermata o modificata in funzione dai dati che emergeranno durante l'esecuzione dei lavori.

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

13. CALCOLO DEL CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

Il presente calcolo permette la valutazione della capacità portante dei terreni detritici su cui verrà impostato il fabbricato di produzione, secondo il predimensionamento indicato da progetto.

Nei calcoli di progetto deve tenersi conto anche della profondità della falda, questa verrà cautelativamente considerata al livello del piano campagna.

Nel calcolo sono stati contemplati gli effetti inerziali dovuti ad un sisma con accelerazione massima al suolo (A_{max} di progetto) pari a 0,216 g preventivabile per un tempo di ritorno T_R pari a 949 anni e determinato in relazione ai parametri V_R e P_{VR}, dove V_R rappresenta la vita di riferimento della costruzione in progetto (100 anni) e P_{VR} la probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R precedentemente indicato, introducendo dei fattori correttivi Z (Paolucci & Pecker, Shikhiev & Jakovlev) nell'equazione seguente.

Formula di Brich Hansen (1970):

$$\mathbf{Qlim = (c * Nc * sc * dc * ic * bc * gc * zc) + (sq * \gamma * D * Nq * dq * iq * bq * gq * zq) + + (0.5 * \gamma * B * N\gamma * s\gamma * d\gamma * i\gamma * b\gamma * g\gamma * z\gamma)} \quad \text{(per Phi>0)}$$

dove:
c = coesione del terreno
γ = peso di volume del terreno
B = larghezza fondazione (dimensione lato corto)
D = profondità di posa delle fondazioni
Nc,Nq,Nγ =fattori adimensionali di portanza
sc,sq,sγ = fattori di forma della fondazione
ic,iq,iγ = fattori correttivi per carichi inclinati
dc,dq,dγ = fattori correttivi per l'approfondimento
bc,bq,bγ = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione
gc,gq,gγ = fattori correttivi per fondazioni su pendio
zc,zq,zγ = fattori correttivi in condizioni sismiche

L'attuazione delle verifiche di sicurezza di tipo geotecnico agli stati limite ultimi SLU, ed in particolare allo SLV, richieste per opere di fondazioni superficiali, si è ritenuto adeguato l'utilizzo dell'Approccio 2 (A1+M1+R3) che prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Il valore del carico limite emerso dall'applicazione della sopra indicata formula di calcolo dovrà essere "corretto" applicando un coefficiente di riduzione parziale γ_R, che per la capacità portante è pari a 2,3 (R3).

In riferimento, invece, ai coefficienti di riduzione dei parametri del terreno, l'Approccio 2 considera i coefficienti della colonna M1, quindi pari ad 1; in sostanza i parametri caratteristici considerati nel modello geotecnico rimangono tali con l'Approccio 2 e possono essere quindi utilizzati come valori di progetto.

$\mathbf{Q_{SLV}}$ = **3,50 kg/cmq** (condizioni sismiche)

Pertanto per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione
Rd e il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

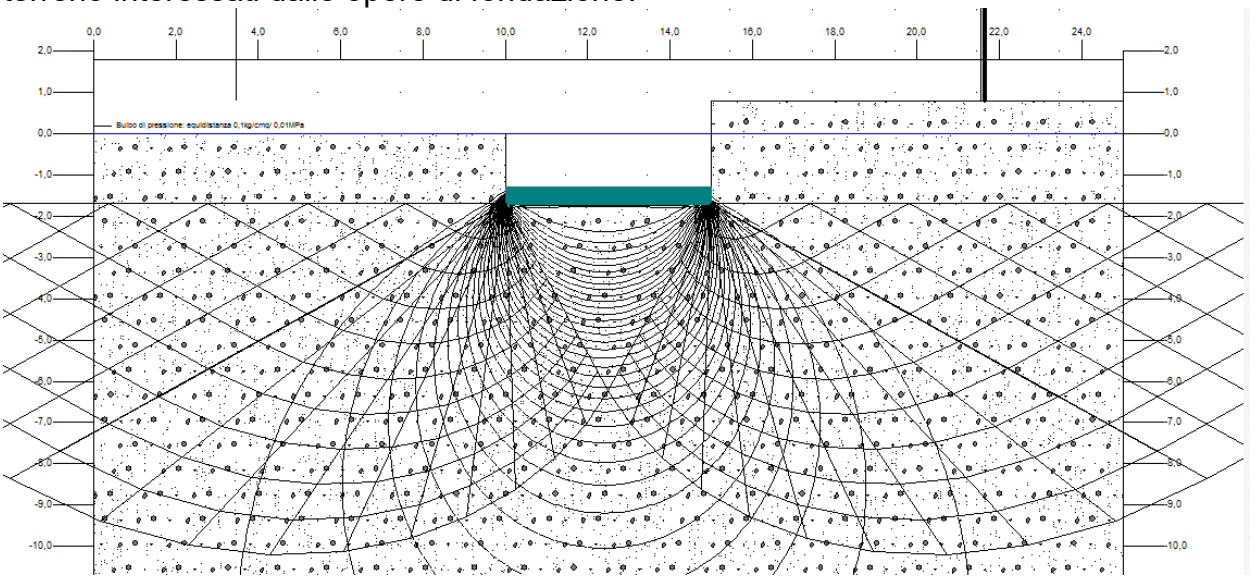
Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

Il valore della capacità portante sopra indicato deriva dall'applicazione della correzione di Terzaghi, che tiene conto della non linearità della relazione sforzi - resistenza al taglio per valori di calcolo della portanza limite superiori ai 4,5 kg/cmq.

Il tecnico progettista/strutturista, una volta determinati i valori delle azioni di progetto (azione STR e azione GEO) dovrà verificare la diseguaglianza sopra citata.

Il valore ottenuto deve essere tale che i cedimenti assoluti non superino i limiti accettabili per la funzionalità della struttura in esame, ovvero sia verificato agli stati limite d'esercizio SLE.

Gli elaborati di calcolo permettono di verificare anche i cedimenti dei livelli di terreno interessati dalle opere di fondazione.



La verifica è stata effettuata utilizzando il metodo basato sulla Teoria dell'elasticità; ipotizzando in via cautelativa, un carico applicato dell'ordine dei 3,5 Kg/cm^2 (pari alla resistenza del terreno allo SLU), emerge un valore di cedimento massimo di 45,8 mm.

E' inoltre possibile stimare in prima approssimazione il coefficiente di sottofondazione secondo il metodo proposto da Bowles, il cui valore e pari a 0,23 Kg/cm^3. Per ulteriori dettagli geometrici e dimensionali delle opere di fondazione verificate, si faccia riferimento agli elaborati di calcolo in allegato.

14. CRITERI TECNICO-ESECUTIVI

Nel presente capitolo verranno trattati i criteri tecnici e le modalità esecutive per eseguire i lavori necessari alla realizzazione dell'opera compatibilmente con l'equilibrio idrogeologico del territorio e con l'inserimento dal punto di vista ambientale.

- Nelle aree interessate dalla movimentazione di materiale, e quindi lungo le scarpate di neoformazione, dovrà prevedersi l'immediato recupero del terreno smosso, al fine di evitare possibili dilavamenti o inneschi di processi evolutivi. Modeste opere trasversali predisposte nei tratti a maggiore acclività, consentiranno di trattenere il materiale rimaneggiato per il tempo necessario alla crescita del nuovo substrato vegetale.
- Nelle porzioni maggiormente acclivi, al fine di prevenire il rotolamento a valle del materiale movimentato, dovrà essere costruita pochi metri a valle del tracciato ed in una fase precedente alla realizzazione dello stesso, una palizzata di

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

protezione in legno, o altre opere provvisionali idonee, la quale verrà rimossa non appena i lavori verranno completati.

- La riprofilature delle scarpate di scavo (o di riporto) dovranno avvenire secondo angoli di scarpa compatibili con le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati; qualora ciò non fosse sempre possibile si dovranno prevedere adeguate opere di stabilizzazione o contenimento anche di tipo provvisionale, ed in ogni caso per fronti verticali o sub verticali di elevazione superiore a 2 metri, nei quali sia prevista la permanenza di operai, dovrà essere prevista l'armatura di sostegno delle pareti di scavo come prescritto dal D.M. 17/01/2018.
- In corrispondenza dei settori in cui si prevedono profondità di scavo in detrito di rilevanza (es. zona edificio centrale con profondità di scavo di progetto sino a circa -3 metri da p.c.), si dovrà procedere all'abbassamento progressivo dal piano campagna, mettendo in atto adeguati interventi di stabilizzazione provvisionale dei fronti di scavo e/o operando con profili di scavo inclinati e gradonati.
- I setti di scavo detritici non armati, anche se provvisori, dovranno essere immediatamente coperti con teloni impermeabili in occasione di eventi meteorici, al fine di inibire eventuali evoluzione delle pareti.
- Nelle porzioni di territorio in cui il terreno risulta coperto da cotico vegetale, la preparazione del sito verrà eseguita previa l'asportazione di tale coltre superficiale e la sua momentanea messa in disparte. Lo stesso verrà successivamente sfruttato per completare il ritombamento del setto, al fine di recuperare dal punto di vista ambientale l'area di scavo. La continuità e la corretta crescita di quest'ultimo, in associazione all'attenta e corretta costipazione della copertura costituente il ritombamento del setto, sono essenziali per evitare l'infiltrazione delle acque di precipitazione e di dilavamento, e quindi inibire possibili inneschi di fenomeni erosivi e di fluidificazione.
- La condotta dovrà essere interrata ad una sufficiente profondità rispetto al piano campagna originario, in modo da non risentire delle condizioni esterne e consentire la ricostituzione del soprassuolo in tempi relativamente brevi, laddove presente.
- I lavori di scavo e riporto necessari per l'esecuzione delle opere sopra descritte, verranno eseguiti tramite mezzi meccanici dotati di benna rovescia per la rimozione e la movimentazione dei materiali sciolti, mentre qualora risulti necessaria la rimozione di grossi blocchi di materiale litoide e/o l'incisione della roccia in posto, verrà fatto uso di martellone o di apposita attrezzatura.
- Il materiale di risulta dagli scavi potrà essere riutilizzato per eseguire i riempimenti/rinterri ed i riporti dove previsti, previa selezione e compattazione del materiale stesso al fine di conseguire le caratteristiche geotecniche adeguate, nonché per il rimodellamento dell'area modificata; la cubatura in eccedenza dovrà essere allontanata e gestita ai sensi della normativa vigente.
- Le pressioni/azioni massime di progetto trasmesse al suolo dalla struttura principale (centrale) dovranno essere compatibili con il valore della resistenza di progetto del terreno di fondazione come emerso dai calcoli effettuati in base alla geometria di fondazione (predimensionamento). Tali dati dovranno essere confermati in fase esecutiva, mediante l'osservazione diretta del suolo. Qualora non venissero confermate le condizioni stratigrafiche ipotizzate, si dovrà

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

provvedere ad una indagine integrativa specifica, adeguatamente riveduta e corretta.

- Sarà necessario procedere ad un'immediata operazione di ripristino del setto di scavo, da eseguirsi mediante il riporto dello strato terroso-vegetale di copertura sul materiale detritico privato dello stesso. La tempestività dell'intervento si rende necessaria in quanto il detrito smosso potrebbe interagire facilmente con le acque superficiali, sia meteoriche che di ruscellamento, pertanto l'azione delle stesse su scavi di fresca realizzazione determinerebbe l'innesco di momenti evolutivi locali, od ancor peggio favorirebbe la fluidificazione del terreno più superficiale e quindi il relativo franamento.
- In caso di accidentali sversamenti di sostanze inquinanti nel corso dei lavori, sarà indispensabile procedere immediatamente al risanamento delle porzioni contaminate, al fine di inibire processi di contaminazione del suolo e del sottosuolo.

15. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il rilievo di dettaglio ha permesso di evincere le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni attraversati e di un intorno significativo degli stessi.

Dopo aver eseguito un'analisi geologico-geomorfologica dell'area in oggetto, nonché aver ispezionato i terreni interessati dai manufatti e dalla condotta in progetto, si ritiene che le opere previste non modificano l'assetto geologico, idrogeologico e geostatico del territorio.

Dall'analisi delle risultanze ottenute, pertanto, è emerso che la realizzazione dell'impianto idroelettrico previsto, e gli interventi di finitura dello stesso, se eseguita secondo quanto dettato nella presente relazione, non interferisce con la stabilità delle aree attraversate né con l'equilibrio idrogeologico del territorio, e sia pertanto fattibile dal punto di vista geologico-tecnico.

Domodossola, Dicembre 2023

Studio Geologico Paolo Marangon
Via Bonomelli, 16 - 28845 Domodossola (VB)
Tel.: +39 0324 249100 - Fax: +39 0324 249100 - e-mail: marageo@libero.it

DATI DI CALCOLO
CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

CONDIZIONI SISMICHE

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Parametri geotecnici del terreno di fondazione

Strato n.	1

Descrizione litologica:

Ghiaia e sabbia

Angolo di attrito (°):	32
Densità relativa (%):	70
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1900
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2100
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	300
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricompressione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	23,18
Fattore di portanza Nc:	35,49
Fattore di portanza Ny:	20,79
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile

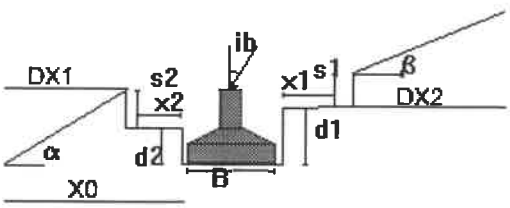
Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

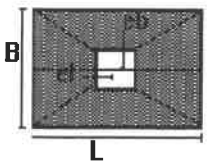
Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	5
Lunghezza della base L (m):	5
Profondità di posa lato destro d1(m):	0,8
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	1,7
Profondità scavo destro s1(m):	1,7
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle a(°):	0
Inclinazione pendio a monte b(°):	0
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B ib(°):	0
Inclinazione carico lato L (°):	0
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1800
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Nastriforme





Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo NTC2008 App.I Comb.2 condizioni drenate Combinazione: sismica

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	5
Lunghezza della fondazione (m):	5
Profondità di posa lato destro (m):	1,7
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,8
Metodo di calcolo:	Brinch Hansen modificato stato limite ultimo

Fattori di forma

Sc:	1,65	Sq:	1,53	Sy:	0,6

Fattori di profondità

Dc:	1,14	Dq:	1,09	Dy:	1

Fattori inclinazione carico

Ic:	1	Iq	1	Iy:	0,81

Fattori inclinazione pendio

Gc:	1	Gq:	1	Gy:	1

Fattori inclinazione base

Bc:	1	Bq:	1	By:	1

Fattori correttivi per gli effetti cinematicidel sisma

Zc:	1	Zq:	1	Zy:	1

RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	3
Correzione di Terzaghi:	non applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	3,5
Profondità del cuneo efficace (m):	4,51
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,216

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Riassunto verifica allo scorrimento

Secondo il NTC2008 App.I Comb.2 condizioni drenate Combinazione delle azioni: sismica

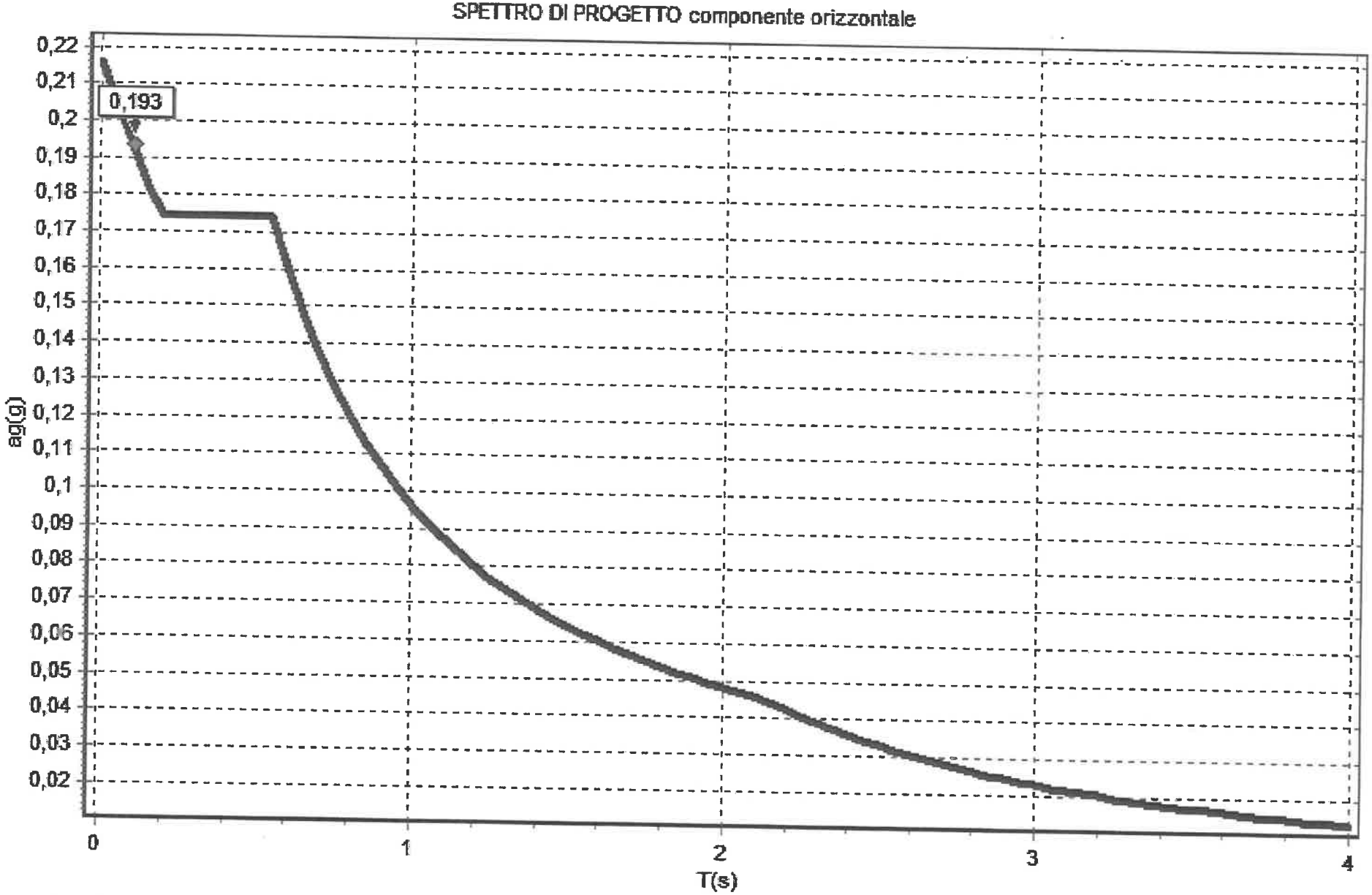
Fondazione gettata in opera n.	1
Larghezza della fondazione (m):	5
Lunghezza della fondazione (m):	5
Profondità di posa lato destro(m):	1,7
Profondità di posa lato sinistro (m):	0,8

AZIONI SULLA FONDAZIONE

Fattore di sicurezza di Legge:	3
Coefficiente sismico orizzontale della struttura (khi):	0,193
Carico assiale S.L.U. (kg):	0
Carico longitudinale S.L.U.(kg):	0
Carico assiale S.L.V./S.L.C.(kg):	0
Carico longitudinale S.L.V./S.L.C.(kg):	0

RISULTATO

Resistenza allo scorrimento(kg):	0
Fattore di sicurezza allo scorrimento:	3,24



Accel.sismica max terreno(g):0,216 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0,193 Inclinazione del carico dovuta al sisma(°):10,945

Categoria sottosuolo:E Categoria topografica:T1Fattore di amplificazione spettrale F0:2,42 Periodo inizio velocità costante tc*(s):0,296

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

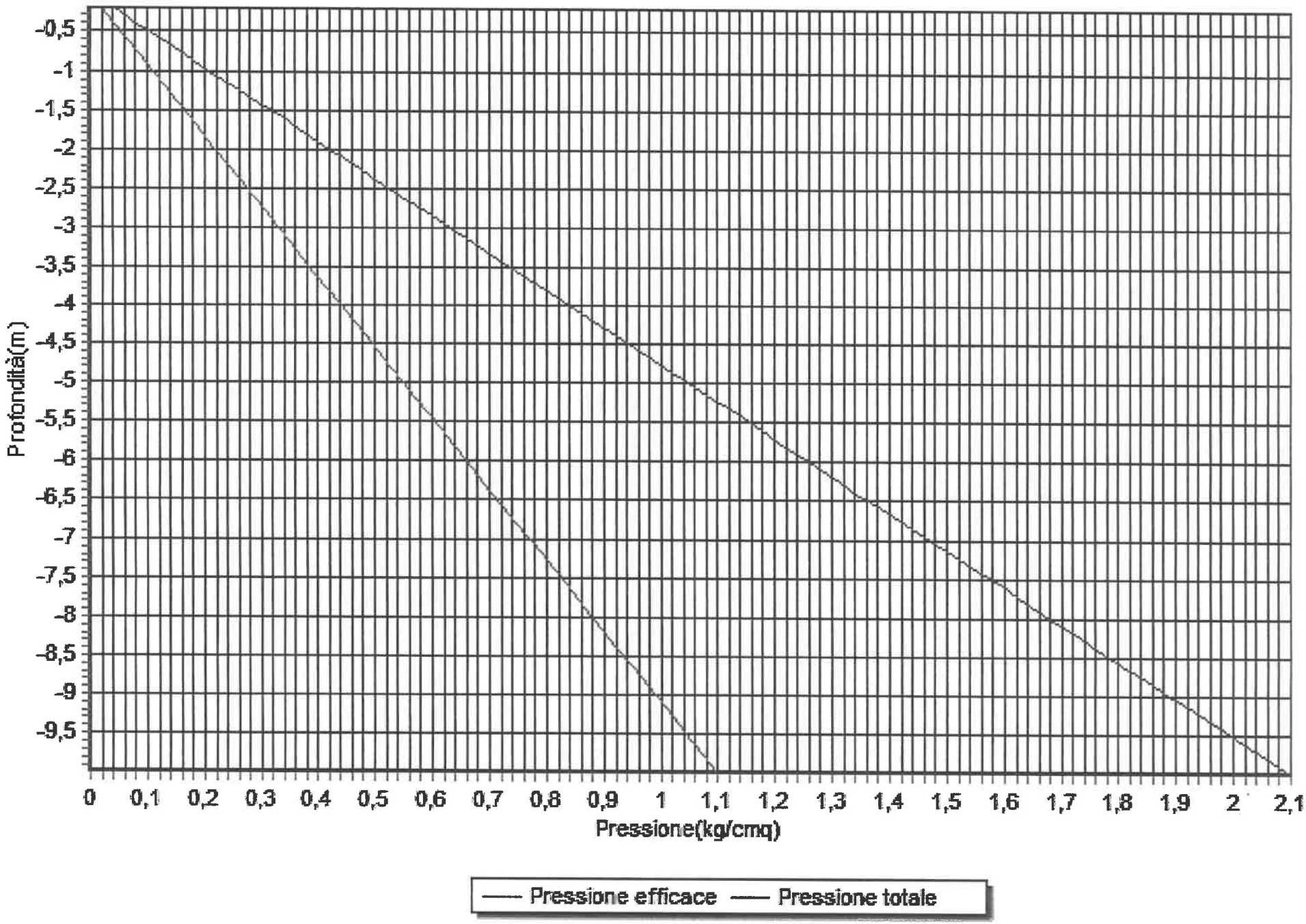
Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

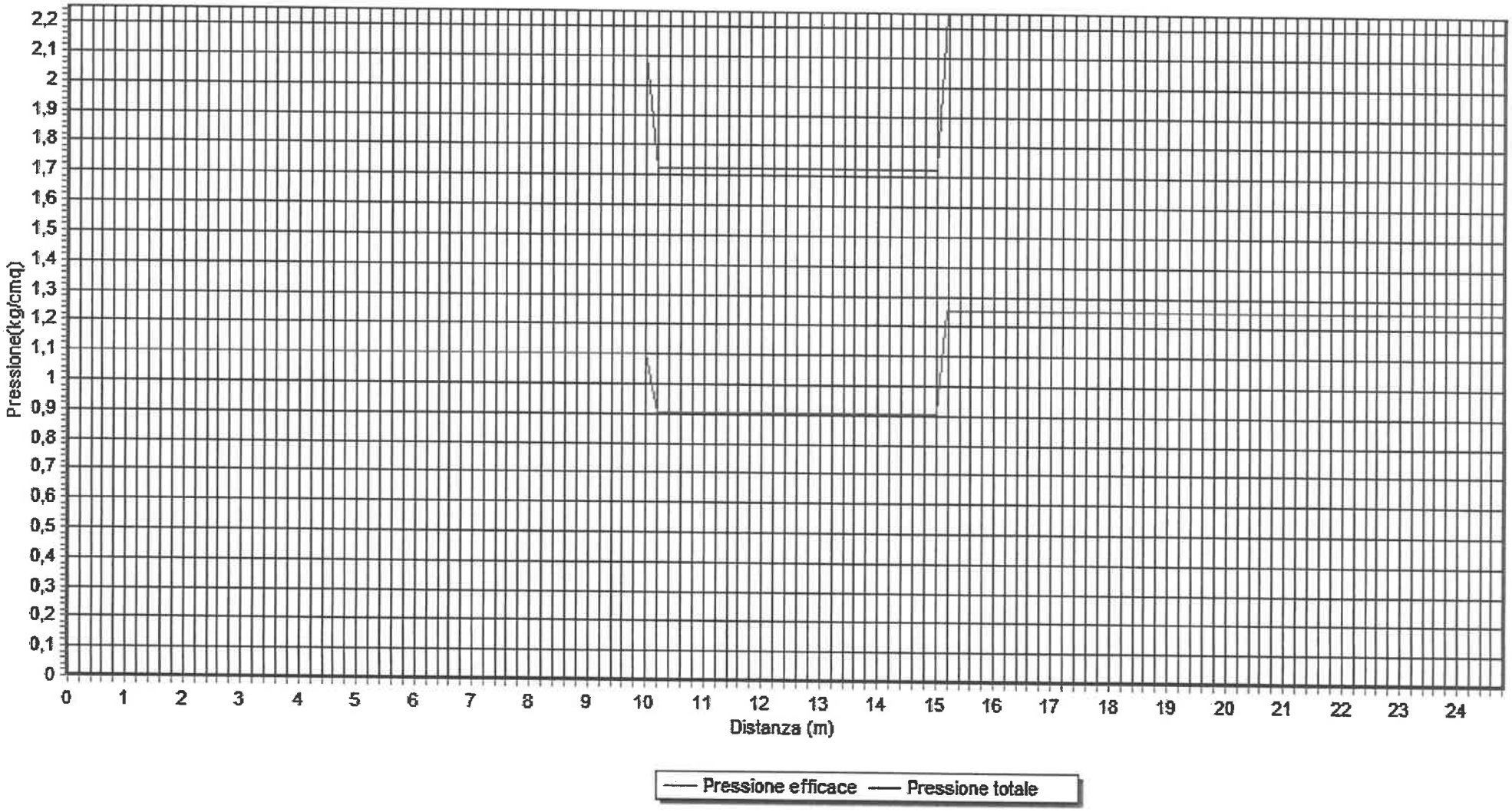
Calcolo della pressione efficace e totale del terreno

Quota dal p.c. (m)	*Pressione efficace(kg/cmq)*	*Pressione totale(kg/cmq)*
-0,2	0,02	0,04
-0,4	0,04	0,08
-0,6	0,07	0,13
-0,8	0,09	0,17
-1	0,11	0,21
-1,2	0,13	0,25
-1,4	0,15	0,29
-1,6	0,18	0,34
-1,8	0,2	0,38
-2	0,22	0,42
-2,2	0,24	0,46
-2,4	0,26	0,5
-2,6	0,29	0,55
-2,8	0,31	0,59
-3	0,33	0,63
-3,2	0,35	0,67
-3,4	0,37	0,71
-3,6	0,4	0,76
-3,8	0,42	0,8
-4	0,44	0,84
-4,2	0,46	0,88
-4,4	0,48	0,92
-4,6	0,51	0,97
-4,8	0,53	1,01
-5	0,55	1,05
-5,2	0,57	1,09
-5,4	0,59	1,13
-5,6	0,62	1,18
-5,8	0,64	1,22
-6	0,66	1,26
-6,2	0,68	1,3
-6,4	0,7	1,34
-6,6	0,73	1,39
-6,8	0,75	1,43
-7	0,77	1,47
-7,2	0,79	1,51
-7,4	0,81	1,55
-7,6	0,84	1,6
-7,8	0,86	1,64
-8	0,88	1,68
-8,2	0,9	1,72
-8,4	0,92	1,76
-8,6	0,95	1,81
-8,8	0,97	1,85
-9	0,99	1,89
-9,2	1,01	1,93
-9,4	1,03	1,97
-9,6	1,06	2,02
-9,8	1,08	2,06
-10	1,1	2,1

Quota dal p.c. (m)	*Pressione efficace(kg/cmq)*	*Pressione totale(kg/cmq)*

Profondità di calcolo dal p.c.(m):	*10,0*	*Coordinata X di calcolo (m):*	*0,0*
Passo di calcolo (m):	*0,2*		


Profondità(m)
-0,5
-1
-1,5
-2
-2,5
-3
-3,5
-4
-4,5
-5
-5,5
-6
-6,5
-7
-7,5
-8
-8,5
-9
-9,5
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2
2,1
Pressione(kg/cmq)
Pressione efficace
Pressione totale


Pressione(kg/cmq)
2,2
2,1
2
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
Distanza (m)
Pressione efficace
Pressione totale

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Riassunto del calcolo dei cedimenti

Fondazione n. 1

Verifica allo Stato Limite d'Esercizio

Larghezza della fondazione (m):	5
Lunghezza della fondazione (m):	5
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	3,5

Livelli incoerenti

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0	45,8	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0	45,8	0

Livelli coesivi

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0	45,8	0
Max cedim. differenziale(mm):	0		
Massima distorsione (%):	0		

Fondazione rigida o flessibile:	Fondazione rigida

Verifica allo Stato Limite di Danno

Cedimento indotto dal sisma (mm):	0

Studio geologico Marangon
Via Bonomelli 16-28845 Domodossola (Vb)-0342 249100

Località: Varzo (Vb)

Riferimenti: Progetto realizzazione centrale idroelettrica

Modulo di reazione del terreno di fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	5
Lunghezza della fondazione (m):	5

Metodo di Vesic completo

Modulo elastico medio del terreno (kg/cmq):	301,2
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cmc):	0,35
Modulo elastico della fondazione(kg/cmq):	0
Momento d'inerzia della fondazione (cm4):	0

Metodo di Vesic semplificato

Modulo elastico medio del terreno (kg/cmq):	301,2
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cmc):	0,35

Metodo di Terzaghi (da SPT)

Nspt medio nel terreno di fondazione :	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

Metodo di Terzaghi (da piastra)

k misurato nella prova di carico (kg/cmc):	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

Metodo di Bowles

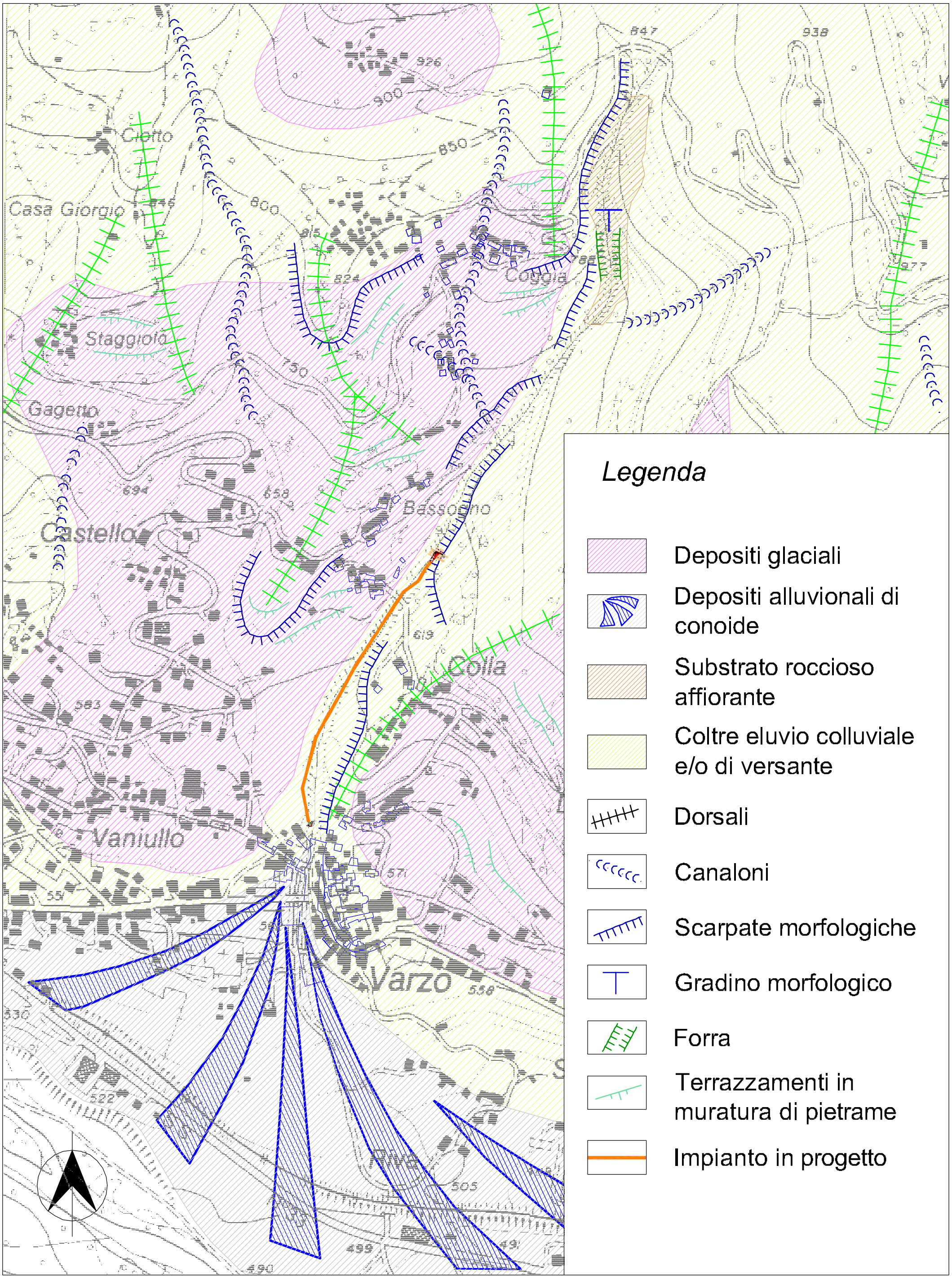
Cedimento del terreno di fondazione (cm):	0
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	0

RISULTATI

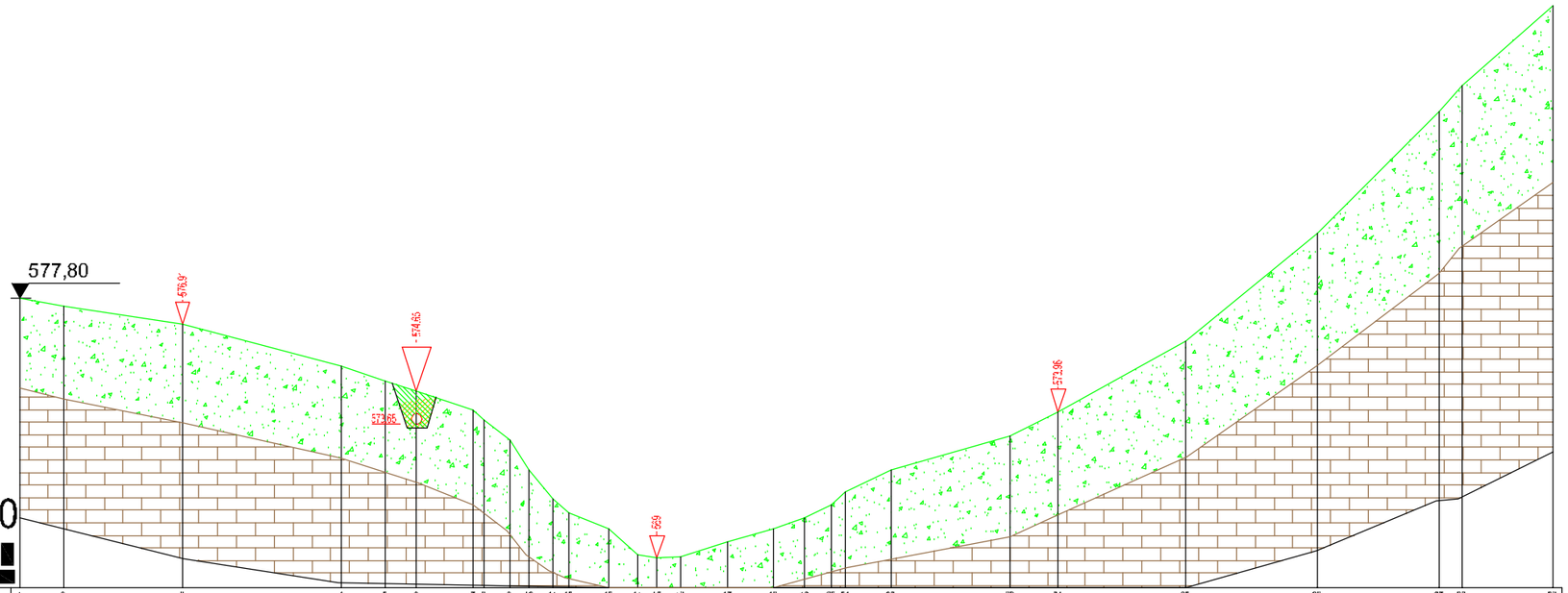
Metodo di calcolo utilizzato:	Metodo di Vesic semplificato
Modulo di reazione (kg/cmc):	0,69

CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA

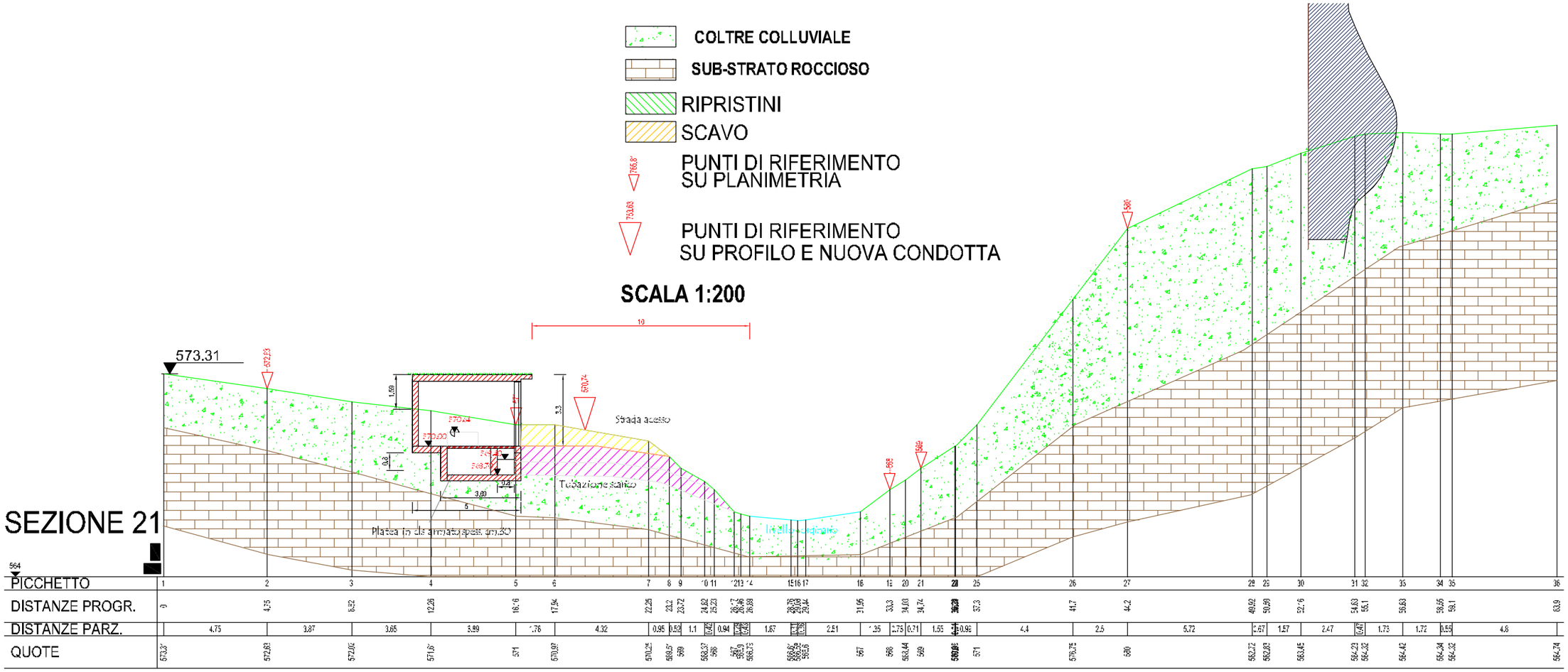
scala 1:5000

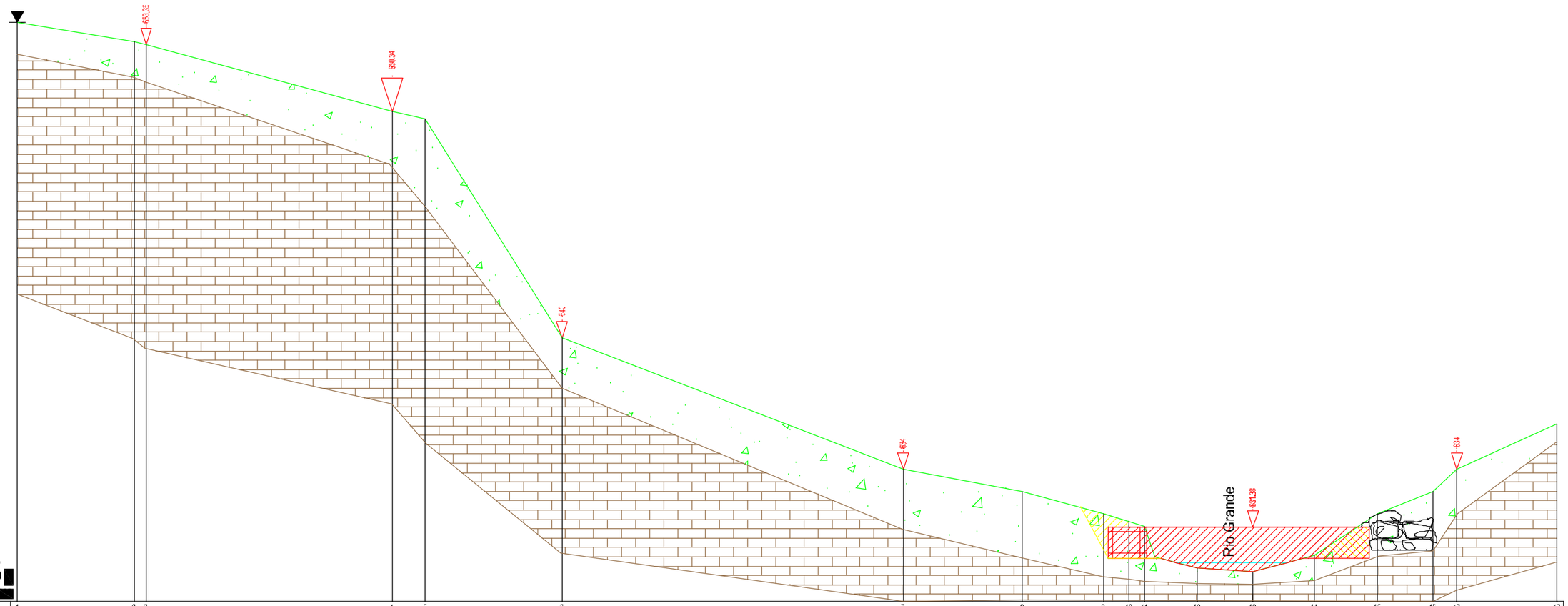


SEZIONE 20



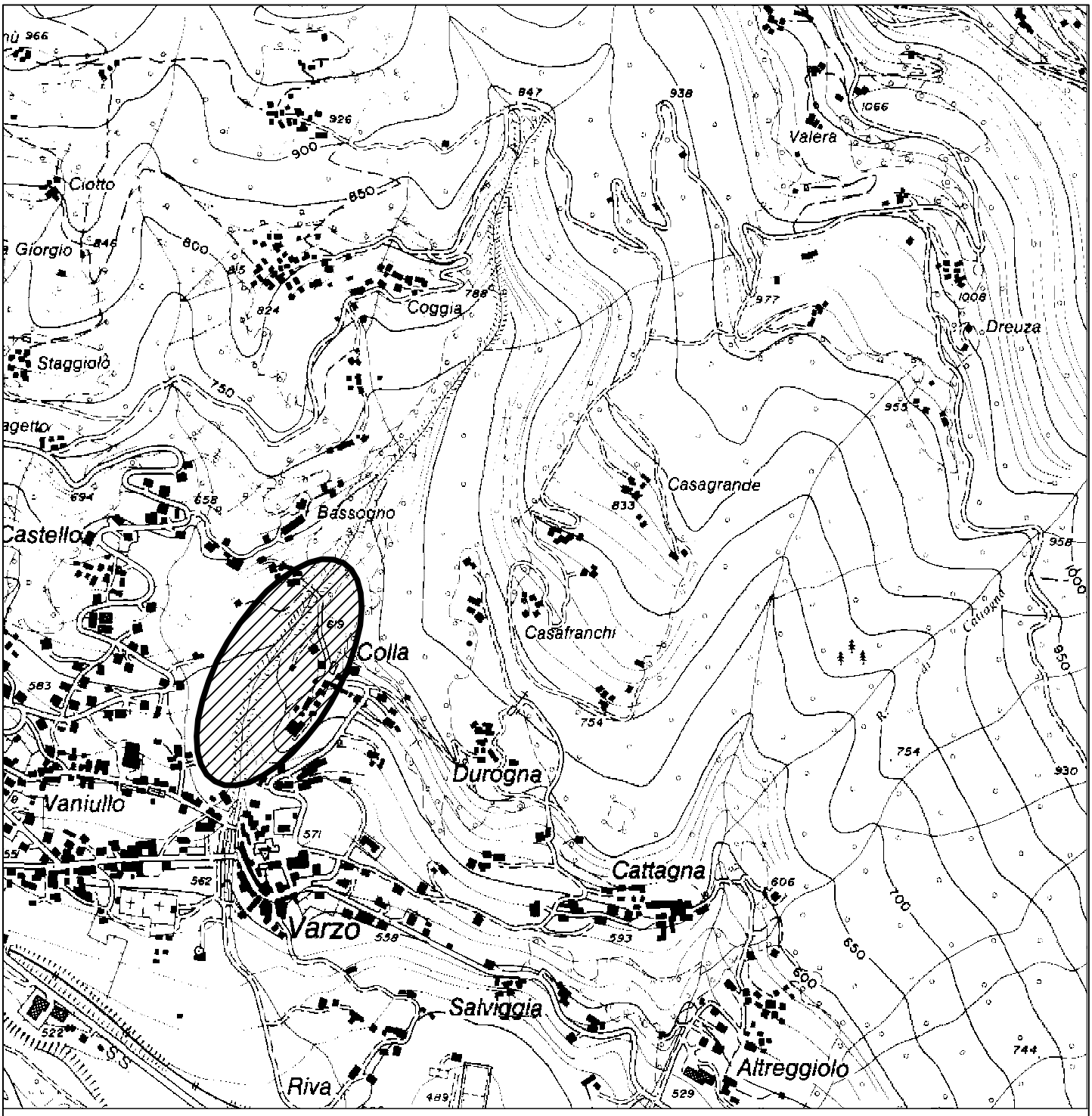
PICCHETTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
DISTANZE PROGR.	0	1,47	5,52	10,5	12,39	13,45	15,38	15,74	16,61	17,27	18,07	18,61	19,97	22,34	24,3	22,39	24	25,56	26,62	27,52	28,01	29,54	33,59	35,21	39,54	44	48,14	49,3	51,39
DISTANZE PARZ.		1,47	4,05	5,36	1,89	1,06	1,93	0,36	0,86	0,66	0,8	0,54	1,36	0,97	0,66	0,79	1,61	1,55	1,07	0,9	0,49	1,54	4,05	1,62	4,32	4,47	4,14	0,76	3,09
QUOTE	577,8	577,54	576,31	575,49	575	574,25	574 573,39	573	572	571 570,52	570	569,1	569	569,25	569,53	570	570,35	570,79 57[illegible],24	572	573,12	573,56	576,95	580	584,14	585	587,22


COLTRE COLLUVIALE
SUB-STRATO ROCCIOSO
RIPRISTINI
SCAVO
PUNTI DI RIFERIMENTO SU PLANIMETRIA
PUNTI DI RIFERIMENTO SU PROFILO E NUOVA CONDOTTA
SCALA 1:200
10
573.31
Strada acesso
Tubazione scarico
livello ordinario
SEZIONE 21
PICCHETTO
DISTANZE PROGR.
DISTANZE PARZ.
QUOTE



SEZIONE 25

PICCHETTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
DISTANZE PROGR.	0	5.33	5.89	17.11	19.63	24.87	42.44	45.38	49.59	52.75	57.47	59.87	59.41	59.21	62.1	64.62	65.73	72.29
DISTANZE PARZ.		5.33	0.56	11.23	1.52	5.24	15.57	5.45	3.7	1.16	3.72	2.4	2.54	2.81	2.88	2.53	1.1	4.57
QUOTE	654.4	653.51	653.36	650.34	650	640	654	653	652	631.34	631.41	629.52	629.36	630.38	632	633	654	638.38



COROGRAFIA

Scala 1:10.000

Estratto da C.T.R. Sezione n° 035160 "Crodo"

AREA INTERVENTO

N
W
E
S