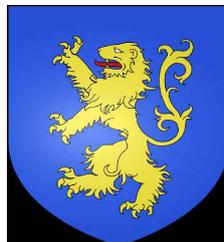


Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta



COMUNE DI AVISE

**REALIZZAZIONE DI N.2 IMPIANTI IDROELETTRICI IN CESSIONE TOTALE
SU IMPIANTO IRRIGUO IN ESERCIZIO IN FRAZ. BAULIN CON LE ACQUE
DEL CMF RUNAZ E CMF BAISE PIERRE, LO LAIR E PLAN RAFFORT,
NEL COMUNE DI AVISE**

INTEGRAZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTISTI INCARICATI:



Studio Clusaz Clément
Fraz Runaz, 9 - Avise - Aosta
Tel: 349 54.43.541
e-mail: c.clusaz@gmail.com



Studio tecnico di ingegneria GIERREVV s.r.l
Passage du Verger 5 - 11100 Aosta
Tel: 0165 40322 / fax 0165 40322
mail: studiogr@fastwebnet.it
pec: gierrevu@pecvda.it

COMMITTENTI:

EDILLUBOZ s.r.l.

E-LECTRIQUE s.r.l.

ELABORATI DOCUMENTALI:

RELAZIONE GEOLOGICA E DI COMPATIBILITÀ

data:	scala:	codice elaborato:
29/09/2022	-	INT.1DC.104.GEO

Revisione	Data	Descrizione	Progettisti



Handwritten signature in blue ink.

Grosso Federico
Geologo

Frazione Cret 1, 11020 Verrayes
tel. 347 0727587
federicogrosso79@gmail.com

c.f.:GRS FRC 79M28 L219G
p.i.: 01193850078

**Regione Autonoma Valle
d'Aosta**
**Région Autonome Vallée
d'Aoste**

Comune di Aivise

Commune de Aivise

Progetto

Realizzazione di un impianto idroelettrico in regime di cessione totale dell'energia prodotta su impianto irriguo in esercizio in fraz Baulin con le acque del CMF Runaz

Committente

Ediluboz S.r.l.

Allegato

Relazione Geologica

Dm 20 febbraio 2018

data

gennaio 2019

ORDINE DEI GEOLOGI
Regione Autonoma Valle d'Aosta
ORDRE DES GEOLOGUES
Région Autonome de la Vallée d'Aoste

Dr. GROSSO FEDERICO
Albo nr. 54

1. Sommario

1. Sommario.....	2
2. Premessa.....	3
<i>Normativa di riferimento.....</i>	3
Corografia	4
3. Normativa e vincoli urbanistici.....	5
<i>Art. 35 comma 1 "terreni sedi di frane".....</i>	5
<i>Art. 36 "terreni a rischio di inondazione".....</i>	5
<i>Art.37 "Terreni soggetti a rischio valanghe".....</i>	5
<i>R.d.l. 30 dicembre 1927, n°3267 "Vincolo Idrogeologico".....</i>	5
Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 35 comma 1	6
Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 37	6
4. Descrizione sintetica degli interventi.....	7
5. Inquadramento geologico	8
<i>Substrato roccioso</i>	8
<i>Formazioni superficiali.....</i>	8
Estratto Carta Geologica (fonte Geoportale Sct- RAVA)	9
Legenda.....	10
6. Inquadramento geomorfologico.....	11
7. Idrologia e Idrogeologia	12
<i>Idrologia</i>	12
<i>Idrogeologia.....</i>	12
8. Progetto delle indagini in sito	12
9. Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno valanghivo	13
10. Caratterizzazione e modellazione geologica.....	14

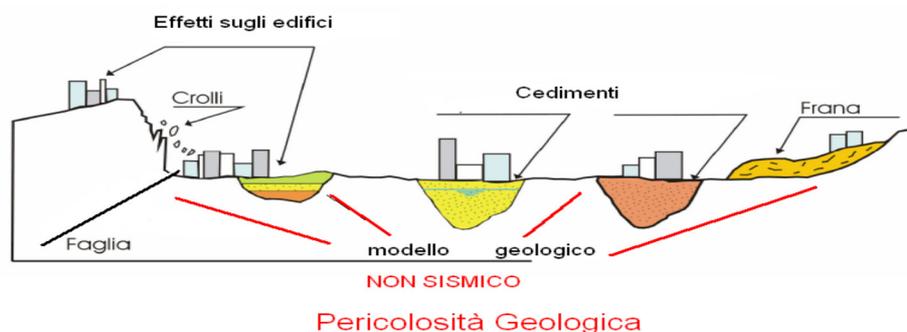
2. Premessa

Per conto della ditta Ediluboz S.r.l., committente della presente relazione, è stata condotta un'indagine geologica s.l. su un'area sita nei comuni di Avise, a corredo del progetto di "Realizzazione di un impianto idroelettrico in regime di cessione totale dell'energia prodotta su impianto irriguo in esercizio in fraz Baulin con le acque del CMF Runaz."

Il progetto, i cui elaborati tecnici sono a cura dell'Ing. Clément Clusaz, ha come fine lo sfruttamento a scopo idroelettrico di acqua già concessionata e derivata a scopo irriguo nel periodo estivo di ogni anno in loc Glacier nel comune di Avise, utilizzando le opere di convogliamento acque esistente.

La "Relazione geologica" è stata redatta ai sensi del D.M. 20 febbraio 1988 "Norme tecniche per le costruzioni", Cap. 6 "Progettazione geotecnica", Par. 6.2 "Articolazione del progetto", punto 6.2.1 "Caratterizzazione e modellazione geologica del sito" e illustra la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici.

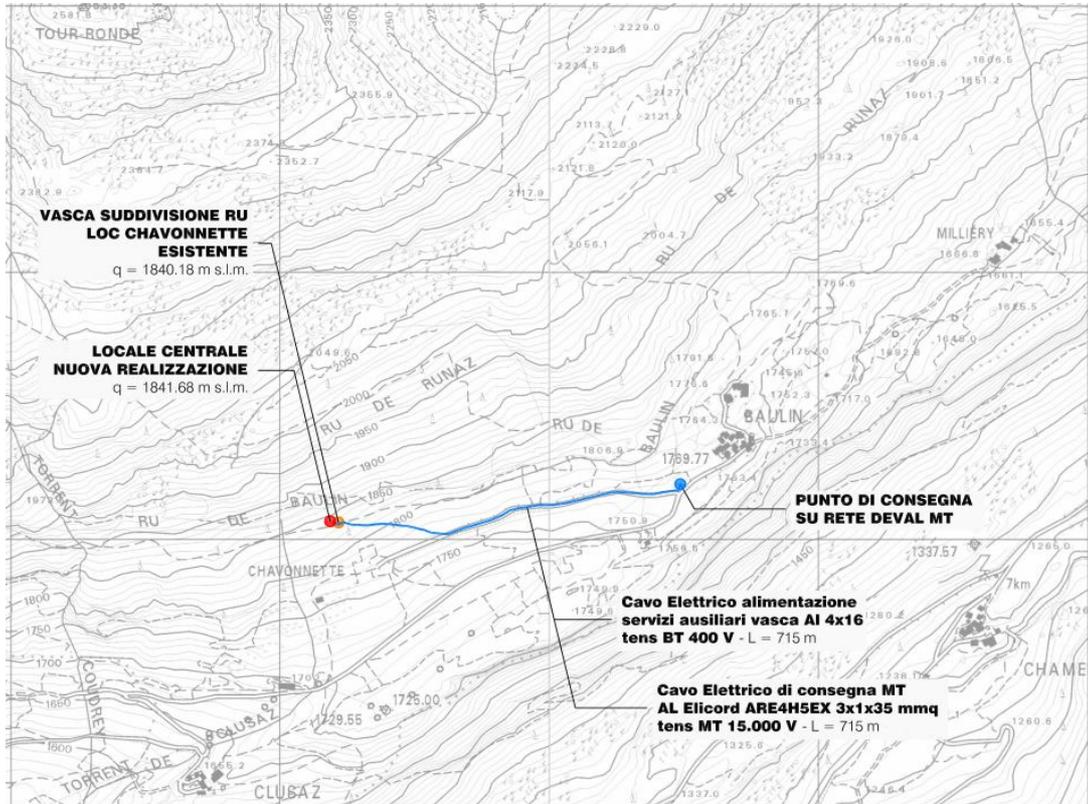
Lo studio geologico è stato esteso a una zona significativamente ampia in funzione del tipo di intervento previsto in progetto e della complessità del contesto geologico. Fanno parte del modello geologico anche i rischi naturali di origine geologica che gravano sull'area di intervento.



Normativa di riferimento

- **D.M. 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 ed il collaudo delle opere di sostegno sulle terre e delle opere di fondazione"
- **D.M. 20 febbraio 2018** "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- **L.R. 11 aprile 1998 e s.m.i.**

Corografia



3. Normativa e vincoli urbanistici

La perimetrazione della cartografia degli ambiti inedificabili (L.R. 06 aprile 1998 n°11 e s.m.i.) è aggiornata periodicamente dall'Amministrazione regionale, Dipartimento Programmazione, Risorse idriche e Territorio. La cartografia riportata nel seguente documento è aggiornata alla data della presente relazione ed è consultabile dal sito internet www.regione.vda.it.

Art. 35 comma 1 "terreni sedi di frane"

Gli interventi interessano areali in cui è individuato un basso (zona F3) e medio (zona F2) livello di pericolosità .

Art. 36 "terreni a rischio di inondazione"

Gli interventi non ricadono all'interno della perimetrazione relativa al vincolo.

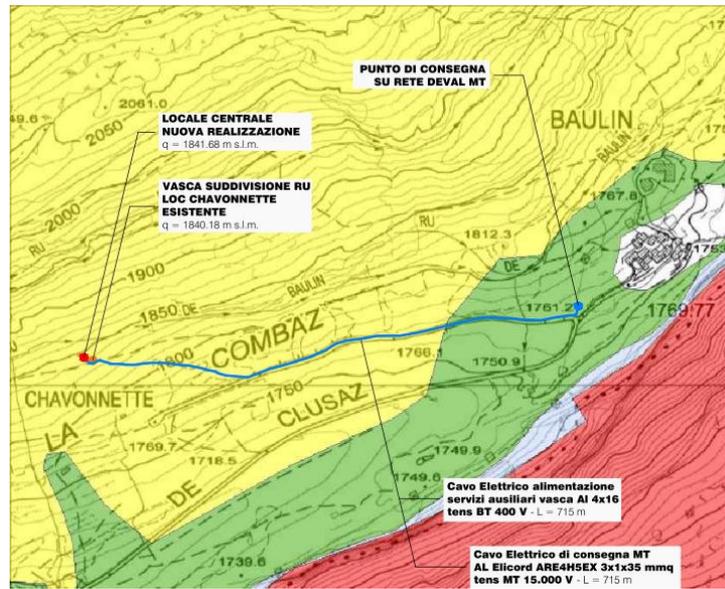
Art.37 "Terreni soggetti a rischio valanghe"

Parte degli interventi interessano areali in cui è individuato un medio (zona V2) ed elevato (zona V1) livello di pericolosità; altre porzioni ricadono in zona Vb di probabile localizzazione.

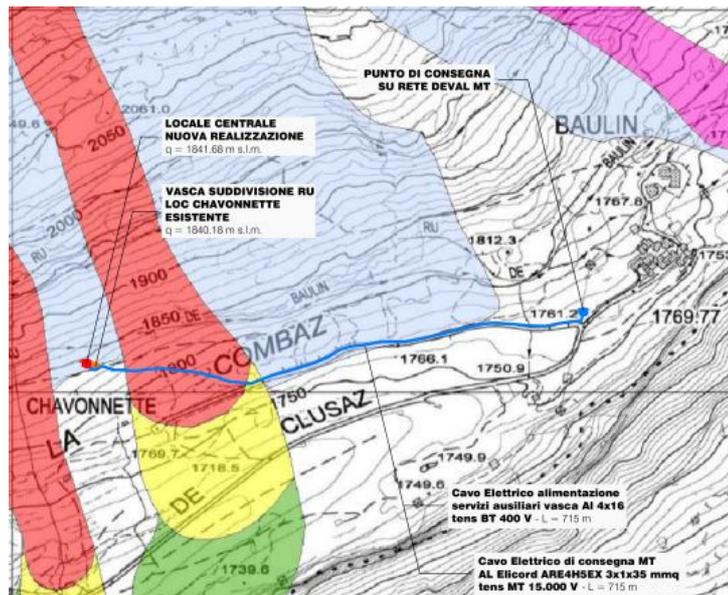
R.d.l. 30 dicembre 1927, n°3267 "Vincolo Idrogeologico"

Gli interventi non ricadono all'interno della perimetrazione relativa al "Vincolo Idrogeologico".

Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 35 comma 1



Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 37



4. Descrizione sintetica degli interventi

(a cura dell'Ing Clusaz)

1. Intercettamento della condotta irrigua in loc Chavonette, stacco dalla stessa e messa in opera di un locale centrale, posizionato poco più a monte della vasca "Chavonette" di proprietà del CMF Runaz e del CMF Baise Pierre e Plan Raffort, quasi totalmente interrato con tetto inerbito, per la collocazione della centralina idroelettrica e degli organi di regolazione. Verrà sfruttata l'attuale pendenza del terreno per permettere l'interramento del locale mantenendo il fronte a vista con muretti di raccordo con il terreno circostante a secco. Il locale sarà addossato ad altra opera idroelettrica in progetto, di proprietà di altra ditta, che sfrutterà la quota parte delle acque di spettanza del CMF Baise Pierre e Plan Raffort. La quota di posizionamento della centralina, rispetto al quale viene calcolato il salto utile, al lordo degli abbattimenti dovuti alle perdite di carico, è a 1841,68 m s.l.m.
2. Realizzazione di bypass per garantire l'approvvigionamento irriguo in condizioni di fermo macchina con valvola a comando automatico azionata automaticamente in caso di fermo turbina
3. Restituzione delle acque turbinate all'interno della vasca di suddivisione dei Ru della rete irrigua dei CMF in loc Chavonette in prossimità del locale centrale in progetto alla quota 1840,18 m. s.l.m. La restituzione delle acque verrà effettuata mediante tubazione in comune con altro impianto idroelettrico in progetto, di altra proprietà, che sfrutterà le acque di spettanza del Consorzio Miglioramento Fondiario Baise Pierre e Plan Raffort
4. Posa, all'interno del locale centrale delle apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla produzione e alla trasformazione dell'energia nonché alla partenza della linea per raggiungere il punto di consegna previsto sulla rete Deval S.p.a., nei pressi dell'abitato Baulin
5. Posa di una linea elettrica interrata MT 15.000V per una lunghezza indicativa pari a 715 metri lineari. Il tracciato sarà interamente interrato e percorrerà per un primo tratto il tracciato trattorabile facente parte progetto di sfruttamento delle acque del CMF Baise Pierre e Plan Raffort, e in seguito la strada poderale in falso piano che da Baulin porta a La Chavonette
6. Posa in parallelo alla rete di consegna dell'energia, di una linea per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale
7. Posa del punto di consegna all'interno del locale interrato non oggetto del presente progetto, in fase autorizzativa, di proprietà di altra ditta, da adibire a cabina elettrica MT/BT condivisa con altro impianto idroelettrico, posta in prossimità del bivio dove parte la strada poderale che porta a La Chavonette.

5. Inquadramento geologico

La caratterizzazione geologica s.l. del sito nel quale si realizzerà l'intervento è stata ricavata sia attraverso la ricerca bibliografica e storica di interventi già effettuati nella zona sia attraverso un attento sopralluogo effettuato.

I lavori in progetto non prevedono la realizzazione di manufatti che incidono sul terreno di fondazione in maniera significativa rispetto a quelli esistenti. "Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali" (D.M. 20 febbraio 2018, cap.6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellizzazione geotecnica").

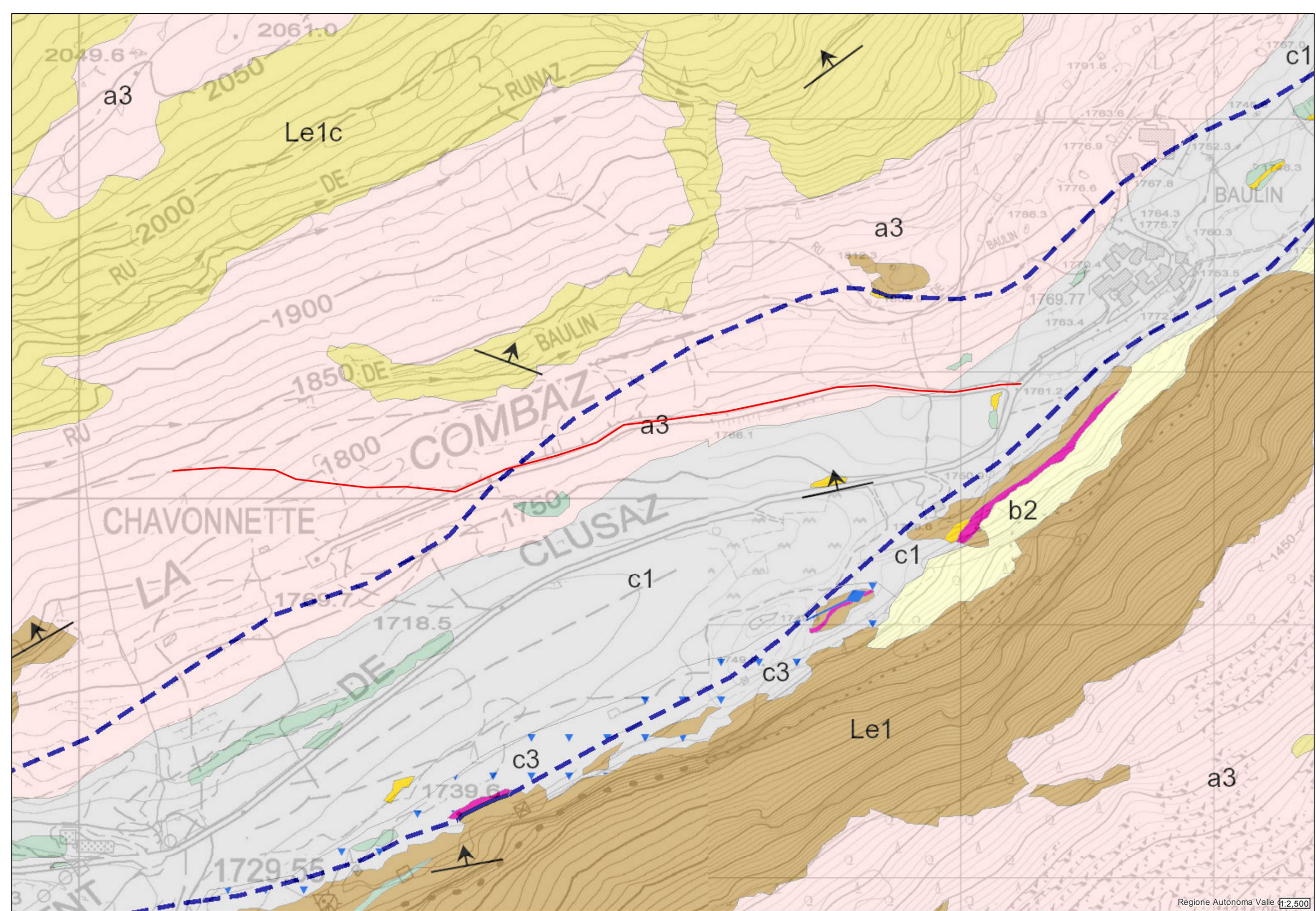
Substrato roccioso

Le rocce affioranti nell'intorno significativo dell'area d'intervento appartengono alla Zona Piemontese, Unità superiori non eclogitiche (Zona del Combin) Unità di avise costituita da Calcescisti con intercalazioni di Marmi Impuri.

Il substrato roccioso è interessato da un diffuso stato di fratturazione e appare in subaffioramento.

Formazioni superficiali

L'intervento interessa principalmente depositi incoerenti detritici di falda vegetati (a3 - detrito di falda) formati in seguito alla disgregazione del substrato roccioso e al rimodellamento di antichi depositi di origine glaciale.



Punti di osservazioni geologiche

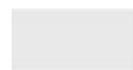
 Superficie di scistosità (scistosità regionale)

Unità geologiche cartografabili (lineari-2018)

 Contatto tettonico incerto

 Limite geologico certo

Unità geologiche cartografabili (poligonali - 2018)

 Till indifferenziato
Till indifferenziato. Ghiaie sabbioso-limose con blocchi, massive, con clasti da subangolosi a subarrotondati.

 Detrito di falda
Detrito di falda.

 Calcescisti s.l. indifferenziati
Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti pelitico-carbonatici, con intercalazioni di marmi impuri, scisti filladici, quarziti e ofioliti in associazioni non cartografabili. GIURASSICO - CRETACICO INF.?

 Micascisti albitico-cloritici
Micascisti albitico-cloritici. Micascisti argentei a quarzo, albite, clorite, mica chiara ± ankerite, raro glaucofane e minuto granato.

6. Inquadramento geomorfologico

L'intervento interessa un settore di media-alta montagna posto a quote comprese tra 1.840 e 1.750 m s.l.m. circa.

Il tratto morfologico predominante è quello tipico delle valli glaciali, caratterizzato da profilo trasversale costituito da numerose rotture di pendenza.

Il ghiacciaio durante le ultime fasi di espansione occupava buona parte del solco vallivo, erodendo nella parte basale e deponendo coltri detritiche nei settori laterali.

In seguito al ritiro della massa glaciale ingenti quantità di depositi incoerenti rimasero "applicati" ai versanti in condizioni di scarsa stabilità; l'assenza della massa glaciale ha portato all'instaurazione di un contesto geomorfologico principalmente legato all'evoluzione dei corsi d'acqua, alla dinamica gravitativa e valanghiva.

L'intervento interseca una zona di versante prevalentemente modellata nel substrato roccioso subaffiorante, coperto da detriti di origine gravitativa e glaciale; il substrato è interessato da un diffuso stato di fratturazione e disgregamento ad opera in particolare degli agenti atmosferici: alla base delle pareti si sono dunque costituite delle falde detritiche in parte interessate a loro volta da fenomeni di trasporto colluviale.

Durante la stagione invernale e primaverile l'accumulo instabile delle precipitazioni nevose nella parte alta dei versanti può portare alla genesi di fenomeni valanghivi; questi sono localizzati lungo i valloni e le incisioni dei versanti.

Le indagini e analisi svolte sul terreno limitrofo alla zona d'intervento non hanno evidenziato dissesti attivi o latenti che possano essere lesivi per l'opera, o possano essere attivati dalla sua realizzazione.

7. Idrologia e Idrogeologia

Idrologia

Il versante è interessato da alcune incisioni e avvallamenti che possono ospitare corsi d'acqua con regimi di portata discontinui e legati alla stagionalità delle precipitazioni e scioglimento dei ghiacciai; il tracciato dell'opera non interseca direttamente alcun corso d'acqua.

Vista la tipologia d'intervento, è possibile valutare un basso grado d'interazione tra reticolo idrografico naturale e opere in progetto.

Idrogeologia

Il progetto prevede la realizzazione d'interventi su una fascia estesa di versante interessando settori aventi assetti e condizioni sensibilmente differenti: nei settori in cui è presente uno strato più o meno potente di detriti possono verificarsi flussi sotterranei temporanei e limitati al contatto tra deposito e substrato roccioso, in occasione di eventi di precipitazione intensi e/o prolungati. Nei settori in cui affiora il substrato roccioso l'acqua tende a percorrere la sua superficie fino ad incontrare fratture che possono convogliarla verso le parti profonde del versante.

La tipologia d'intervento è da ritenersi di basso impatto rispetto all'assetto idrogeologico descritto poiché prevede opere di scavo limitate alla parte superficiale del terreno e dunque non interferisce con la circolazione sotterranea delle acque presenti sul versante.

8. Progetto delle indagini in sito

I lavori in progetto non prevedono la realizzazione di manufatti che incidono sul terreno di fondazione in maniera significativa rispetto a quelli esistenti. "Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali" (D.M. 20 febbraio 2018, cap.6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellizzazione geotecnica").

9. Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno valanghivo

La traccia dell'intervento interseca un settore caratterizzato da livelli medi e alti di pericolosità connessi con i fenomeni valanghivi; i cavidotti posati in opera lungo la pista poderale esistente interessano un settore classificato (Vb) come "di probabile" localizzazione di fenomeni valanghivi.

La realizzazione delle opere in interrato le isola dall'evoluzione dei fenomeni valanghivi di superficie.

Le opere in zona Vb, quali locale centrale e posa cavidotti, verranno realizzati in interrato ed in seminterrato. L'apertura per l'accesso al vano centrale sarà realizzata sul lato valle e la ringhiera di protezione verrà realizzata in modo tale che questa possa essere rimossa durante il periodo di attività dei fenomeni valanghivi nella zona.

10. Caratterizzazione e modellazione geologica

L'intervento interessa un settore di media-alta montagna posto a quote comprese tra 1.840 e 1.750 m s.l.m. circa.

L'ambiente in cui questa si inserisce è quello della medio - alta montagna in un contesto poco antropizzato.

Il progetto, i cui elaborati tecnici sono a cura dell'Ing. Clément Clusaz, ha come fine lo sfruttamento a scopo idroelettrico di acqua già concessionata e derivata a scopo irriguo nel periodo estivo di ogni anno in loc Glacier nel comune di Avise, utilizzando le opere di convogliamento acque esistente.

L'assetto geologico e geomorfologico della zona d'intervento appare in lenta e costante evoluzione; gli agenti atmosferici tendono a intaccare le forme e il versante reagisce alle sollecitazioni modellandosi e trasformandosi: tali trasformazioni appaiono più intense durante gli eventi meteorologici più estremi, e si evidenziano dalla genesi di fenomeni di dissesto di limitata estensione. L'analisi storica dei dissesti non mette in evidenza particolari eventi di interesse che hanno coinvolto l'area d'intervento.

L'opera così come definita negli elaborati progettuali non interferirà con l'assetto geologico e geomorfologico del versante; gli agenti e le manifestazioni del modellamento geologico (s.l.) del versante non subiranno accelerazioni o variazioni una volta terminate le opere di scavo e re interro degli elementi descritti nel progetto.

gennaio '19

Grosso Federico
Geologo

Frazione Cret 1, 11020 Verrayes
tel. 347 0727587
federicogrosso79@gmail.com

c.f.:GRS FRC 79M28 L219G
p.i.: 01193850078

**Regione Autonoma Valle
d'Aosta**
**Région Autonome Vallée
d'Aoste**

Comune di Avise

Commune de Avise

Progetto

Realizzazione di un impianto idroelettrico in regime di cessione totale dell'energia prodotta su impianto irriguo in esercizio in fraz Baulin con le acque del CMF Runaz

Committente

Ediluboz S.r.l.

Allegato

Studio di Compatibilità

L.R. 11/98, DGR 2939/08 e s.m.i.

data

gennaio 2019

1. Sommario

1. Sommario.....	2
2. Premessa.....	3
Corografia	4
3. Descrizione sintetica degli interventi.....	5
4. Caratterizzazione dei vincoli presenti nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare, rappresentati anche su idonea cartografia.....	6
Art. 35 comma 1 "terreni sedi di frane"	6
Art. 36 "terreni a rischio di inondazione"	6
Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 35 comma 1	7
5. Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo	8
L.R. 11/98 Art.35 comma 1	8
6. Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità.....	9
7. Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata.....	10
8. Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato.....	11
9. Conclusioni della verifica	11

2. Premessa

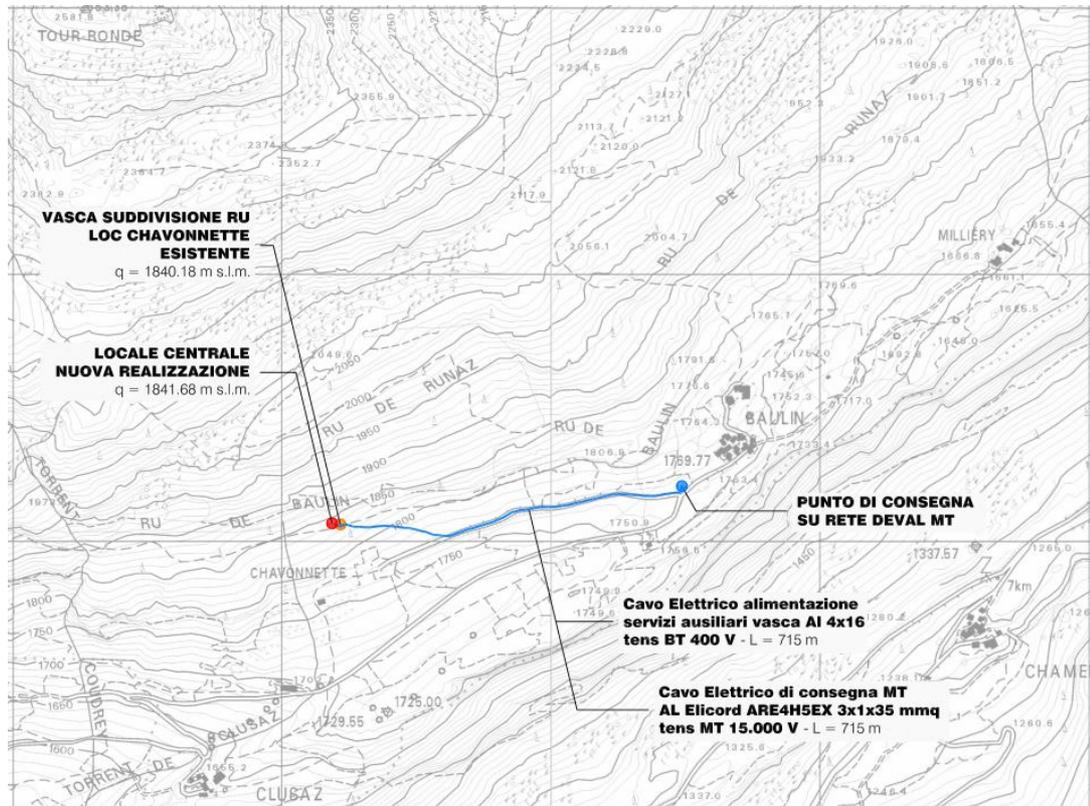
Per conto della ditta Ediluboz S.r.l., committente della presente relazione, è stata condotta un'indagine geologica s.l. su un'area sita nei comuni di Avise, a corredo del progetto di *“Realizzazione di un impianto idroelettrico in regime di cessione totale dell'energia prodotta su impianto irriguo in esercizio in fraz Baulin con le acque del CMF Runaz.”*

Il progetto, i cui elaborati tecnici sono a cura dell'Ing. Clément Clusaz, ha come fine lo sfruttamento a scopo idroelettrico di acqua già concessionata e derivata a scopo irriguo nel periodo estivo di ogni anno in loc Glacier nel comune di Avise, utilizzando le opere di convogliamento acque esistente.

Lo *“Specifico studio sulla compatibilità' dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie”* è stato redatto ai sensi della D.G.R. 10 ottobre 2008 n°2939 *“Approvazione delle nuove disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998 n. 11 previste agli artt. 35, 36 e 37 in sostituzione dei capitoli i, ii e iii dell'allegato a alla deliberazione della giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008”* che stabilisce la disciplina d'uso per gli interventi che ricadono all'interno delle aree perimetrate ai sensi della L.R. 06 aprile 1998 n°11 e s.m.i. nelle cartografie relative a:

- art.35/1 *“terreni sedi di frane”*

Corografia



3. Descrizione sintetica degli interventi

(a cura dell'Ing Clusaz)

1. Intercettamento della condotta irrigua in loc Chavonette, stacco dalla stessa e messa in opera di un locale centrale, posizionato poco più a monte della vasca "Chavonette" di proprietà del CMF Runaz e del CMF Baise Pierre e Plan Raffort, quasi totalmente interrato con tetto inerbato, per la collocazione della centralina idroelettrica e degli organi di regolazione. Verrà sfruttata l'attuale pendenza del terreno per permettere l'interramento del locale mantenendo il fronte a vista con muretti di raccordo con il terreno circostante a secco. Il locale sarà addossato ad altra opera idroelettrica in progetto, di proprietà di altra ditta, che sfrutterà la quota parte delle acque di spettanza del CMF Baise Pierre e Plan Raffort. La quota di posizionamento della centralina, rispetto al quale viene calcolato il salto utile, al lordo degli abbattimenti dovuti alle perdite di carico, è a 1841,68 m s.l.m.
2. Realizzazione di bypass per garantire l'approvvigionamento irriguo in condizioni di fermo macchina con valvola a comando automatico azionata automaticamente in caso di fermo turbina
3. Restituzione delle acque turbinate all'interno della vasca di suddivisione dei Ru della rete irrigua dei CMF in loc Chavonette in prossimità del locale centrale in progetto alla quota 1840,18 m. s.l.m. La restituzione delle acque verrà effettuata mediante tubazione in comune con altro impianto idroelettrico in progetto, di altra proprietà, che sfrutterà le acque di spettanza del Consorzio Miglioramento Fondiario Baise Pierre e Plan Raffort
4. Posa, all'interno del locale centrale delle apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla produzione e alla trasformazione dell'energia nonché alla partenza della linea per raggiungere il punto di consegna previsto sulla rete Deval S.p.a., nei pressi dell'abitato Baulin
5. Posa di una linea elettrica interrata MT 15.000V per una lunghezza indicativa pari a 715 metri lineari. Il tracciato sarà interamente interrato e percorrerà per un primo tratto il tracciato trattorabile facente parte progetto di sfruttamento delle acque del CMF Baise Pierre e Plan Raffort, e in seguito la strada poderale in falso piano che da Baulin porta a La Chavonette
6. Posa in parallelo alla rete di consegna dell'energia, di una linea per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale
7. Posa del punto di consegna all'interno del locale interrato non oggetto del presente progetto, in fase autorizzativa, di proprietà di altra ditta, da adibire a cabina elettrica MT/BT condivisa con altro impianto idroelettrico, posta in prossimità del bivio dove parte la strada poderale che porta a La Chavonette.

4. Caratterizzazione dei vincoli presenti nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare, rappresentati anche su idonea cartografia

La perimetrazione della cartografia degli ambiti inedificabili (L.R. 06 aprile 1998 n°11 e s.m.i.) è aggiornata periodicamente dall'Amministrazione regionale, Dipartimento Programmazione, Risorse idriche e Territorio. La cartografia riportata nel seguente documento è aggiornata alla data della presente relazione ed è consultabile dal sito internet www.regione.vda.it.

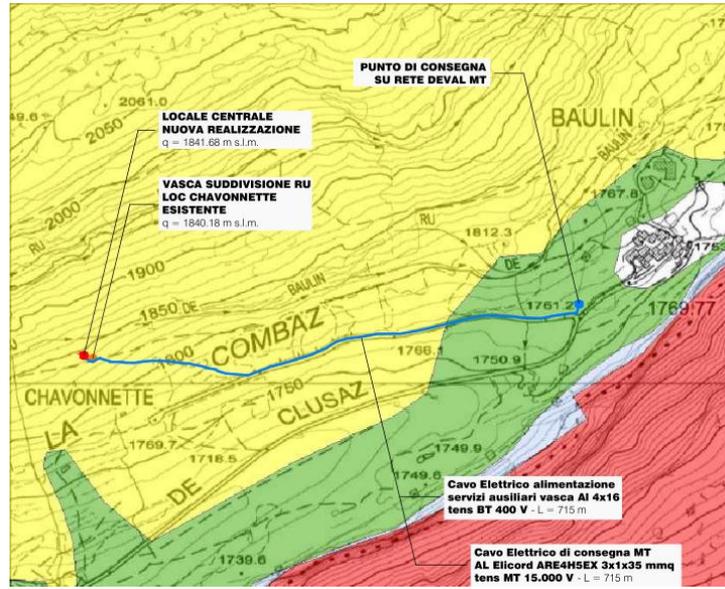
Art. 35 comma 1 "terreni sedi di frane"

Gli interventi interessano areali in cui è individuato un basso (zona F3) e medio (zona F2) livello di pericolosità.

Art. 36 "terreni a rischio di inondazione"

Gli interventi non ricadono all'interno della perimetrazione relativa al vincolo.

Estratto cartografia ambiti inedificabili art. 35 comma 1

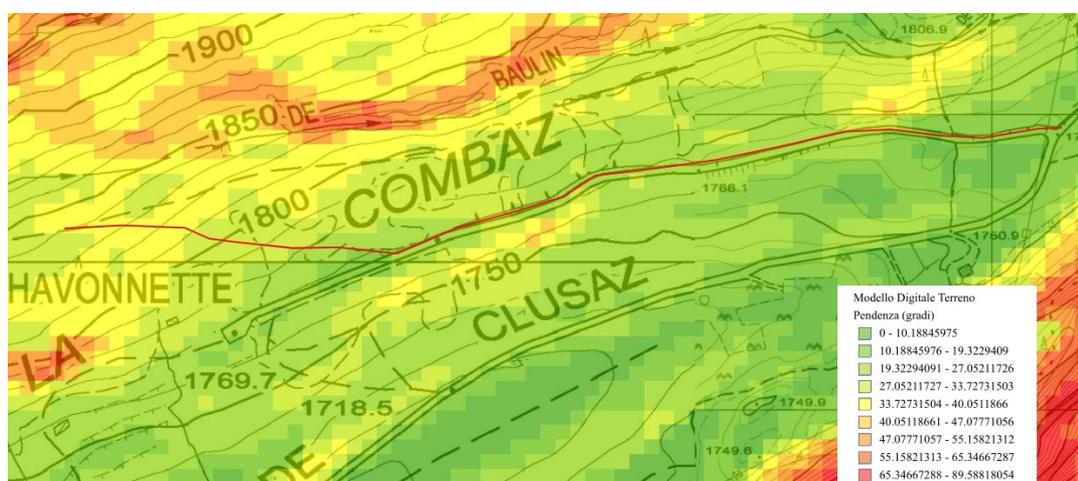


5. Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo

L'analisi delle cartografie motivazionali individua l'area interessata dall'intervento all'interno di aree potenzialmente coinvolgibili da fenomeni di dissesto conseguenti la dinamica dei versanti.

L.R. 11/98 Art.35 comma 1

Il tracciato interessa una vasta porzione di versante caratterizzata da valori di pendenza moderati; nell'analisi svolta analizzando il database regionale dei dissesti (Geoportale SCT – a cura della RAVA) non si evidenzia la presenza di fenomeni di dissesto censiti.



Estratto Carta clivometrica

L'intervento è posto alla base di una zona di versante prevalentemente modellata nel substrato roccioso subaffiorante, coperto da detriti di origine gravitativa e glaciale; il substrato è interessato da un diffuso stato di fratturazione e disgregamento ad opera in particolare degli agenti atmosferici: alla base delle pareti si sono dunque costituite delle falde detritiche in parte interessate a loro volta da fenomeni di trasporto colluviale.

Una possibile fonte di dissesto nell'area possono essere dunque le pareti rocciose situate poco a monte dell'area d'intervento che appaiono più evidenti osservando la carta delle pendenze proposta.

Il substrato roccioso che costituisce tali pareti è caratterizzato da un diffuso stato di fratturazione che predispone il distacco di blocchi rocciosi con volumetrie contenute inferiori al mezzo metro cubo. La presenza di vegetazione di alto fusto testimonia la scarsa attività di distacco dalla suddetta parete. Attualmente si registra una maggiore attività nella parte posta immediatamente alla base della parete, in una fascia di circa 10 m calcolati rispetto alla base della parete stessa: il tracciato dell'opera è posto al di fuori di tale fascia.

6. Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

A seguito di sopralluoghi effettuati in sito non sono stati individuati segni di dissesto in atto che potranno essere riattivati nel corso della realizzazione dell'opera.

1. **Realizzazione locale centrale.** Il locale centrale sarà posizionato poco più a monte dell'esistente vasca "Chavonette" ; sarà quasi totalmente interrato con tetto inerbato. Verrà sfruttata l'attuale pendenza del terreno per permettere l'interramento del locale mantenendo il fronte a vista, esposto verso valle, con muretti di raccordo con il terreno circostante a secco. L'interferenza con l'assetto geomorfologico del versante una volta terminata l'opera è minimo: le attuali tensioni di versante in equilibrio, verranno compensate dalla realizzazione della stessa opera strutturale che fungerà da sostegno.
2. **Realizzazione di bypass per garantire l'approvvigionamento irriguo in condizioni di fermo macchina.** Non incide sul assetto geomorfologico
3. **Posa di tubazione per la restituzione delle acque turbinate.** Non incide sul assetto geomorfologico
4. **Posa, all'interno del locale centrale delle apparecchiature elettromeccaniche**
Non incide sul assetto geomorfologico
5. **Posa di una linea elettrica interrata MT 15.000V .** La posa del cavidotto interesserà parte della pista trattabile temporanea di altro progetto e la pista poderale esistente. I cavi verranno interrati a circa 50 cm dal piano campagna. L'intervento non incide sul assetto geomorfologico
6. **Posa in parallelo alla rete di consegna dell'energia, di una linea per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale.** Valgono le considerazioni esposte per il punto 6
7. **Posa del punto di consegna all'interno del locale interrato non oggetto del presente progetto** Non incide sul assetto geomorfologico.

7. Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata

Viene proposta per facilità di trattazione la numerazione degli interventi così come indicata nei capitoli precedenti di questo studio.

1. **Realizzazione locale centrale.** Il locale centrale sarà posizionato poco più a monte dell'esistente vasca "Chavonette"; sarà quasi totalmente interrato con tetto inerbato. La realizzazione in semiinterrato lo isola dalle dinamiche geomorfologiche esterne. Bassa Vulnerabilità
2. **Realizzazione di bypass per garantire l'approvvigionamento irriguo in condizioni di fermo macchina.** Non incide sul assetto geomorfologico. Bassa Vulnerabilità
3. **Posa di tubazione per la restituzione delle acque turbinate.** Non incide sul assetto geomorfologico. Bassa Vulnerabilità
4. **Posa, all'interno del locale centrale delle apparecchiature elettromeccaniche**
Non incide sul assetto geomorfologico. Bassa Vulnerabilità
5. **Posa di una linea elettrica interrata MT 15.000V .** La posa del cavidotto interesserà parte della pista trattorabile temporanea e la pista poderale esistente. I cavi verranno interrati a circa 50 cm dal piano campagna. L'intervento non incide sul assetto geomorfologico. Bassa Vulnerabilità
6. **Posa in parallelo alla rete di consegna dell'energia, di una linea per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale.** Valgono le considerazioni esposte per il punto 6
7. **Posa del punto di consegna all'interno del locale interrato non oggetto del presente progetto.** Bassa Vulnerabilità

8. Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera e valutazione della loro efficacia ed efficienza rispetto al fenomeno di dissesto ipotizzato

Considerato che non sono state evidenziate particolari situazioni di dissesto in atto sul versante sotteso dall'opera in progetto e lungo i torrenti interessati, saranno previste fasi di lavorazione finalizzate alla riduzione dei tempi di esposizione degli scavi aperti alle possibili fonti di pericolo.

Non è prevista la realizzazione d'interventi di protezione per ridurre la pericolosità del fenomeno, ove possibile, e/o la vulnerabilità dell'opera.

9. Conclusioni della verifica

In seguito all'analisi svolta, valutando l'interazione tra opere in progetto e livelli di pericolosità presenti sul sito si può affermare che il progetto di "Realizzazione di un impianto idroelettrico in regime di cessione totale dell'energia prodotta su impianto irriguo in esercizio in fraz Baulin con le acque del CMF Runaz" risulta compatibile con lo stato di dissesto esistente identificato dalla cartografia degli ambiti inedificabili (L.r. 11/98 art.35/).

gennaio 2019



TITOLO ELABORATO:

Regione Autonoma Valle d'Aosta / Comune di Aise
**Realizzazione di centralina idroelettrica su
impianto irriguo in esercizio in frazione Baulin**
Relazione geologico-tecnica
Analisi dei rischi e verifiche di stabilità

REALIZZAZIONE:



REV.	DESCRIZIONE	REALIZZATO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
0	Prima emissione	L. Delle Piane	28/09/2020	P. Perello	02/10/2020	P. Gabriele	02/10/2020

Nome file: 20-039_RGL_200928

TUTTI I DIRITTI RISERVATI

INDICE

Realizzazione di centralina idroelettrica su impianto irriguo in esercizio in frazione Baulin	1
SINTESI DEL RAPPORTO	4
1 PREMESSA	6
1.1 Inquadramento geografico	7
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	7
2.1 Cartografia geologica disponibile	7
2.2 Assetto geologico regionale	8
2.3 Litostratigrafia quaternaria	9
2.3.1 Depositi glaciali	9
2.3.2 Depositi di origine gravitativa	10
2.3.3 Coltre detritico-colluviale	10
2.4 Morfologia	10
2.5 Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso	12
3 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ PER CADUTA MASSI	14
3.1 Simulazioni numeriche	14
3.1.1 Dati di input	15
3.1.2 Simulazione	16
3.1.3 Dati di output	18
3.2 Sintesi dei risultati	20
4 ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO	22
4.1 Caratterizzazione geotecnica dei materiali	22
4.2 Verifiche di stabilità	27
4.2.1 Caratterizzazione sismica del sito e azione sismica di progetto	27
4.2.2 Carichi variabili	29
4.2.3 Inquadramento normativo e combinazioni di calcolo	29
4.2.4 Sezioni di verifica	30
4.2.5 Risultati delle verifiche di stabilità	30
5 ANALISI DEI RISCHI	34
5.1 Principio di analisi dei rischi	34
5.2 Analisi dei rischi	35
5.2.1 Rischi in fase esecutiva	35

5.2.2	Rischi in fase di esercizio	36
5.3	Misure di mitigazione dei rischi	37
5.4	Tabelle di sintesi	38
5.5	Incidenza dei rischi sulla fattibilità delle opere	39
6	CONCLUSIONI.....	40

SINTESI DEL RAPPORTO

Il presente rapporto riguarda gli aspetti geomorfologici e geotecnici relativi al Progetto Definitivo di sfruttamento a scopo idroelettrico di acqua già concessionata e derivata a scopo irriguo in località Glacier nel Comune di Avisè (AO), utilizzando le opere di prelievo e convogliamento acque esistenti.

In particolare, lo studio si riferisce alla realizzazione di un locale centrale in località Chavonnette, nei pressi dell'attuale vasca di rottura e divisione dei Ru e della relativa pista di accesso, che si diparte dalla poderale per Chavonnette.

Il progetto prevede il collegamento della centralina al punto di recapito alla rete Deval esistente in località Baulin, per il quale sono state esaminate due soluzioni alternative:

- **Ipotesi 1:** centralina elettrica realizzata in località Chavonnette, nei pressi dell'attuale vasca di ripartizione della rete irrigua; pista di accesso alla centralina realizzata a partire dalla pista poderale che collega Baulin a Chavonnette; recapito alla centralina Deval mediante linea interrata lungo la pista e la poderale suddette;
- **Ipotesi 2:** Condotta di derivazione interrata dalla vasca esistente in località Chavonnette alla vasca esistente a monte di Baulin, dove viene realizzata la centralina idroelettrica; recapito alla centralina Deval mediante linea interrata lungo il versante.

Dal punto di vista geologico regionale l'area si situa tra il basamento della Zona del Gran San Bernardo e la *sinclinale di Avisè* della Zona Piemontese dei calcescisti con pietre verdi. I litotipi affioranti nell'area comprendono micascisti polimetamorfici, metabasiti listate, calcemicascisti e calcescisti più o meno marmorei. L'assetto strutturale è condizionato da una scistosità regionale immergente a medio-alto angolo verso NNW, interessata da più fasi plicative e da zone di taglio regionali con direzione prevalente ENE-WSW. I terreni quaternari comprendono depositi glaciali a grossi blocchi e subordinati depositi gravitativi.

L'area presenta la morfologia tipica di un ambiente di media-alta montagna deglacializzato; prevalgono forme di modellamento e accumulo di origine glaciale, solo parzialmente rielaborate da processi successivi di erosione, trasporto e accumulo. Gran parte della morfologia locale non ha più subito modificazioni significative successivamente alla fase di ritiro del ghiacciaio di fondovalle.

I processi morfogenetici tuttora attivi nel settore studiato comprendono rari fenomeni di distacco di piccole porzioni rocciose dai settori di parete più acclivi, e fenomeni di valanga.

I depositi quaternari entro cui è prevista la realizzazione delle opere (piste e/o condotte interrate) sono rappresentati in larga parte da depositi glaciali a grossi blocchi, dal comportamento tipico di un *bimsoil*, vale a dire un terreno detritico eterogeneo, in cui l'influenza sul comportamento geotecnico complessivo, dovuta alla presenza di grossi massi annegati in una matrice più fine, non è trascurabile.

In questo contesto, modellizzando il comportamento geotecnico del terreno sulla base di alcune assunzioni derivate da dati di letteratura sui *bimsoil*, le verifiche di stabilità effettuate su due sezioni tipo scelte lungo il tracciato della pista di accesso alla centralina (ipotesi 1) mostrano i) che risultano stabili le scarpate di scavo con angolo inferiore o uguale a 43° e ii) che la stabilità del pendio secondo il profilo adottato soddisfa

i requisiti di stabilità imposti dalla normativa. Eventuali tratti con sbancamenti aventi un angolo di scarpata superiore a 43° dovranno essere adeguatamente sostenuti, ad esempio mediante il posizionamento di grossi massi a formare una scogliera basale di contenimento.

Lo studio analizza le principali problematiche legate al rischio di caduta massi per le opere, in fase di cantierizzazione e in fase di esercizio, nonché i problemi di stabilità degli sbancamenti che caratterizzano la pista di accesso prevista nell'Ipotesi 1.

Per quanto riguarda l'Ipotesi 1 si è constatato che le problematiche e i rischi che la caratterizzano, in merito agli aspetti sopra considerati, sono del tutto trascurabili e tali da non compromettere la fattibilità delle opere. L'unico aspetto di rilievo è rappresentato dal fatto che la pista di accesso interseca l'ipotetico percorso di una valanga mappata nella cartografia degli ambiti inedificabili, il che ne limiterebbe l'accessibilità nei periodi di maggiore innevamento.

L'Ipotesi 2 presenta le seguenti criticità:

- presenza di un rischio di caduta massi non trascurabile su parte del tracciato della condotta interrata (rischio in fase di cantierizzazione);
- maggiore lunghezza di scavo in depositi detritici a grossi blocchi, con necessità di ricorrere a demolizione in sito dei massi più grandi;
- maggiori rischi indiretti in fase di realizzazione (caduta accidentale di massi sulla pista poderale sottostante);
- maggiore impatto dal punto di vista ambientale (lunghezza di scavo, numero di piante da abbattere).

La soluzione 1 è quindi ritenuta preferibile in base all'analisi dei rischi e della fattibilità, in quanto offre le maggiori garanzie dal punto di vista dell'esecuzione, dell'impatto ambientale e dei rischi in fase di costruzione.

1 PREMESSA

Questo rapporto illustra lo studio geologico supplementare eseguito per incarico della ditta E-Lectrique S.r.l. (Fraz. Runaz 9, Avisè, AO), a supporto del Progetto Definitivo di sfruttamento a scopo idroelettrico di acqua già concessionata e derivata a scopo irriguo in località Glacier nel Comune di Avisè (AO), utilizzando le opere di prelievo e convogliamento acque esistenti.

In particolare, lo studio si riferisce alla realizzazione di un locale centrale in località Chavonnette, nei pressi dell'attuale vasca di rottura e divisione dei Ru e della relativa pista di accesso, che si diparte dalla poderale per Chavonnette.

Come indicato nella relazione di compatibilità redatta dal Dott. Geol. Grosso F. (gennaio 2019), la cartografia degli ambiti inedificabili (L.R. 06 aprile 1998 n°11 e s.m.i.) colloca il versante su cui sono ubicate le opere in progetto in un settore caratterizzato da un livello di pericolosità da basso (zona F3) a medio (zona F2) ai sensi dell'Art. 35, comma 1 ("terreni sedi di frane").

La relazione di compatibilità di cui sopra ipotizza che la pericolosità che caratterizza le zone F2 sia riferibile a fenomeni di caduta massi dagli affioramenti rocciosi soprastanti e alla natura detritica dei depositi che ricoprono il pendio.

È stato quindi eseguito un supplemento di indagine che comprende un'analisi approfondita della geologia, della geomorfologia e dell'effettiva pericolosità del versante in relazione ai fenomeni suddetti, nonché un'analisi dello stato di rischio che caratterizza le opere in fase sia esecutiva sia di esercizio.

L'analisi ha riguardato due diverse ipotesi progettuali:

- **Ipotesi 1** con centralina elettrica realizzata, come sopra descritto, nei pressi dell'attuale vasca di rottura e divisione dei Ru sopra a Chavonnette, con relativa pista di accesso;
- **Ipotesi 2** con centralina elettrica realizzata presso la vasca irrigua "Baulin" esistente, a monte del punto di consegna alla rete Deval S.p.A., previsto nei pressi dell'abitato di Baulin, con relativo prolungamento della condotta di derivazione per circa 600 m a mezza costa.

Contestualmente sono state inoltre eseguite alcune verifiche di stabilità del versante in corrispondenza della linea di tracciamento della pista di accesso (ipotesi A) per valutare il comportamento del pendio in relazione agli scavi di sbancamento previsti.

La zona di intervento è individuata nello schema topografico di *Figura 1*. Per i dettagli relativi al progetto si rimanda alla documentazione redatta dal progettista Ing. Clément Clusaz.

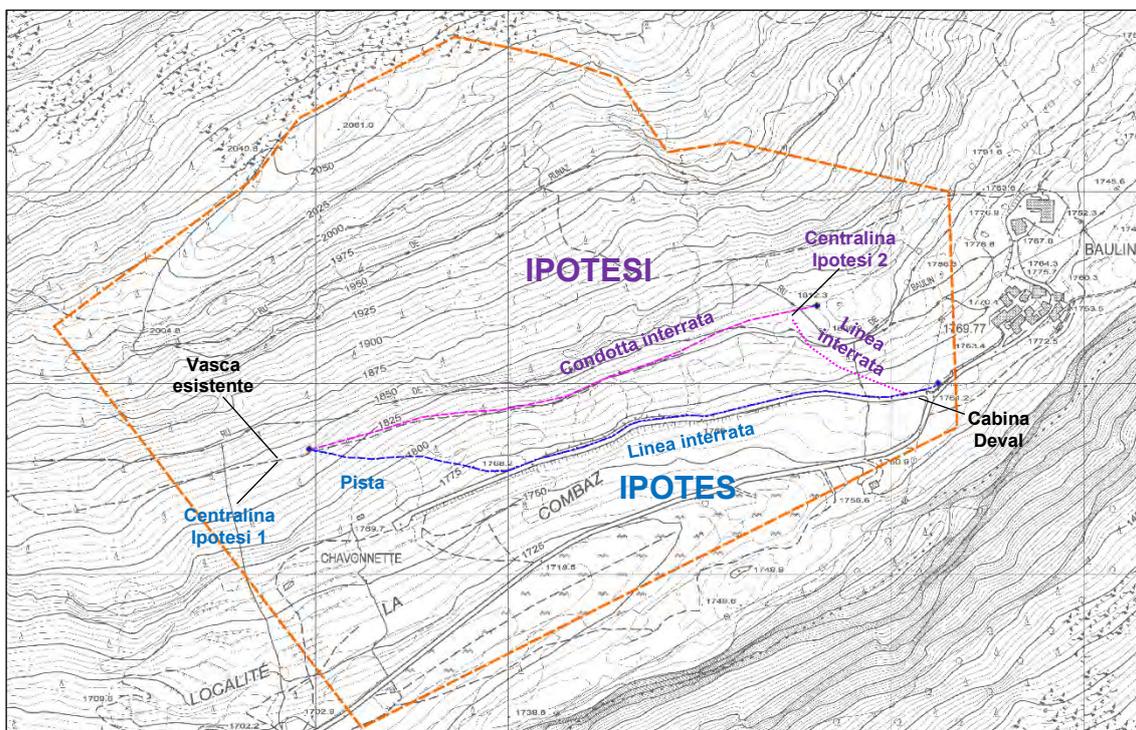


Figura 1 - Delimitazione dell'area di studio (in rosso) e individuazione delle due ipotesi di progetto considerate.

1.1 Inquadramento geografico

Il settore di studio è situato sul versante sinistro della Valgrisenche, a monte della strada comunale che collega le frazioni di Planaval e Baulin (Figura 1).

La centralina prevista nell'ipotesi di progetto 1 è situata su un versante boschivo a conifere, a quota 1840 m ca.; la pista di accesso si stacca dalla poderale esistente a circa 1768 m; la pista copre quindi un dislivello di circa 70 m per una lunghezza approssimativa di 210 m.

Lo stesso versante boschivo è attraversato dalla condotta interrata prevista nell'ipotesi 2; lo scavo della condotta si sviluppa per circa 550 m di lunghezza, con un dislivello di circa 35 m, tra 1840 e 1812 m, quota di ipotetica realizzazione della nuova centralina.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

2.1 Cartografia geologica disponibile

L'area di studio è rappresentata nelle seguenti carte geologiche ufficiali:

- Carte Géologique de France in scala 1:50.000 - Foglio n. 728 "S.te Foy – Tarentaise" (Debelmas et al., 1991);

- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, foglio nr. 90 "Aosta" (Progetto CARG).

La carta geologica di *Figura 2* presenta un estratto ingrandito della cartografia CARG, con la relativa legenda, mentre in *Figura 3* è rappresentata la carta geologica di dettaglio dell'area di studio, come ricostruita in base al rilievo geologico-geomorfologico di terreno.

2.2 Assetto geologico regionale

La Valgrisenche è in gran parte modellata nelle rocce appartenenti al sistema pennidico della Zona del Gran San Bernardo, caratterizzato da un'impronta metamorfica alpina in facies scisti verdi e, in alcune unità più interne, in facies scisti blu.

La Zona del Gran San Bernardo è suddivisa in Valgrisenche in due unità, l'Unità del Ruitor e l'Unità di Leverogne, separate da una fascia di calcescisti con pietre verdi di pertinenza della Zona Piemontese, denominata "sinclinale di Avisè" o "zona di taglio di Avisè-Tzaboc", affiorante su entrambi i versanti della valle (*Figura 2*).

L'area di studio si colloca essenzialmente a cavallo tra il basamento del Gran San Bernardo (unità del Ruitor) e la zona di Avisè.

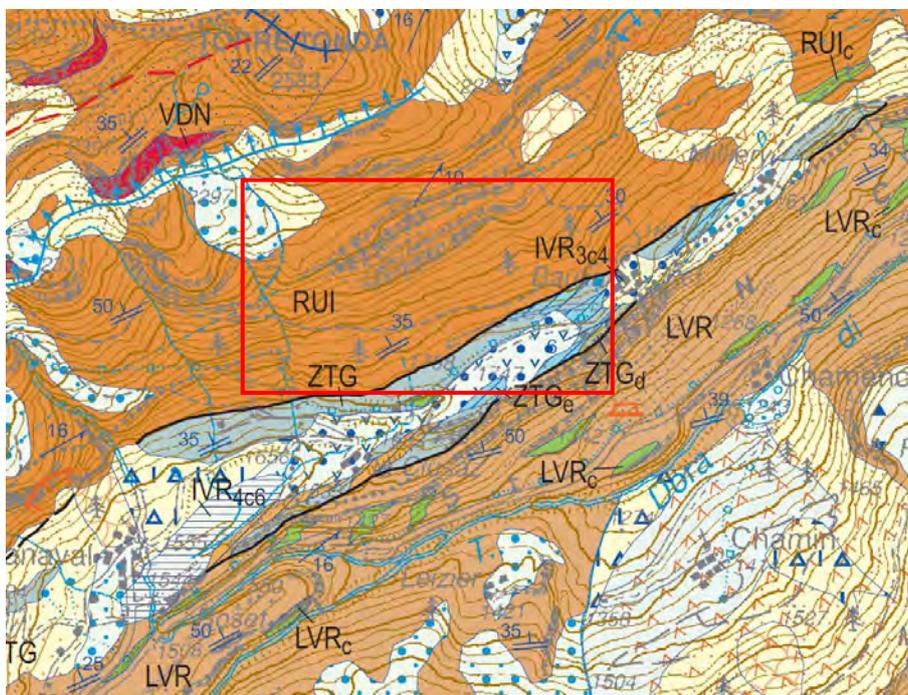


Figura 2 - Estratto del Foglio 90 "Aosta" della carta geologica d'Italia. RUI: paragneiss e micascisti a granato \pm cloritoide e paragneiss a due miche con riequilibrio alpino in facies scisti blu ad epidoto (unità del Ruitor); VDN: ortogneiss di Vedun; LVR: micascisti quarzosi e paragneiss a granato in facies scisti blu ad epidoto di età alpina, con glaucofaniti a Gt e prasiniti (LVRc) (complesso di Leverogne); ZTG: calcescisti \pm marmorei, calcemicascisti e scisti filladici neri con marmi e marmi dolomitici (ZTGe)(zona di taglio di Avisè-Tzaboc).

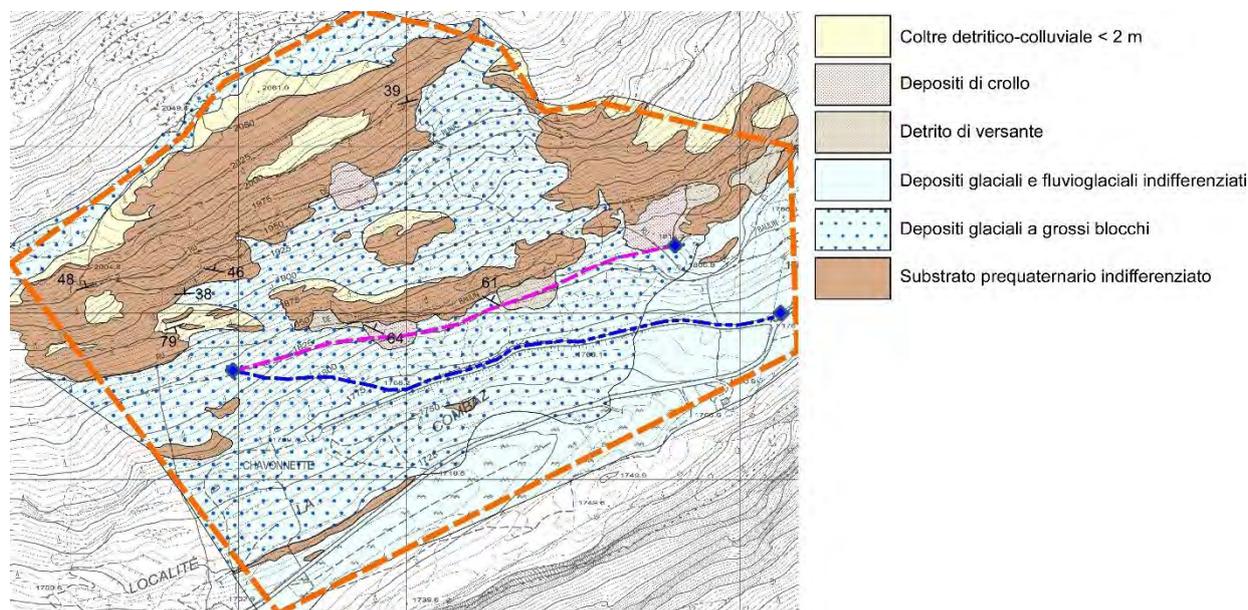


Figura 3 - Carta geologica schematica dell'area di studio.

In affioramento l'Unità del Ruitor è rappresentata in questo settore da litotipi polimetamorfici, in cui però le paragenesi prealpine di alta pressione sono piuttosto rare; la litostratigrafia comprende:

- micascisti alluminiferi a fengite, clorite, cloritoide e glaucofane quasi completamente retrocesso, con associati *micascisti argentei*, ortogneiss leucocratici, e livelli di prasiniti ad anfibolo, biotite, clorite, epidoto e granato.
- Micascisti clorito-albitici ricchi in fengite, clorite e biotite verde che definiscono la foliazione, spesso ripiegata. L'albite tardiva è più abbondante del quarzo e vi sono quantità variabili di granato, epidoto e ankerite, il glaucofane invece è raramente conservato. All'interno dei micascisti si possono trovare intercalazioni di prasiniti ad attinoto, biotite verde, epidoto, clorite e granato.

Per quanto riguarda la zona di taglio di Avisè, i pochi affioramenti presenti nei pressi dell'area di studio sono costituiti da calcescisti, calcescisti marmorei e calcemicascisti.

Per gli scopi del presente rapporto il basamento prequaternario non è stato differenziato dal punto di vista litostratigrafico in quanto la pericolosità per eventuali fenomeni di caduta massi prescinde dalla composizione litologica del substrato.

2.3 Litostratigrafia quaternaria

2.3.1 Depositi glaciali

I *depositi glaciali* rappresentano i depositi quaternari più antichi e costituiscono la quasi totalità dei depositi quaternari osservati nell'area studiata. In questo senso, la cartografia geologica già disponibile andrebbe in una certa misura rivisitata, in quanto non vi è traccia sul pendio di estesi accumuli detritici di versante.

Prevalgono i *depositi di ablazione* (till di ablazione), depositi clastici a tessitura caotica (*diamicton*) a supporto di clasti, a ciottoli e blocchi eterometrici (fino a 1000 m³ e oltre) in matrice ghiaioso-sabbioso-limoso presente in percentuale variabile, localmente assente (*Figura 13*).

Depositi a granulometria più fine sono localizzati lungo il fondo dell'impluvio che si estende tra Combaz e Baulin e potrebbero costituire una facies di tipo fluvioglaciale o un lembo ridotto di depositi di alloggiamento, preservati sul fondo dello spillway.

I depositi glaciali sono completamente stabilizzati e colonizzati da un bosco di conifere di età avanzata.

2.3.2 Depositi di origine gravitativa

I *depositi* riferibili ai processi gravitativi sono estremamente ridotti dal punto di vista areale, essendo limitati a una fascia di pochi metri o decine di metri al piede delle pareti più acclivi.

Sono rappresentati da accumuli detritici a granulometria grossolana (ciottoli e blocchi di taglia submetrica), a supporto di clasti, con scarsa matrice fine, originati dalla disgregazione localizzata di piccole porzioni di affioramento.

Sono presenti alcuni accumuli di crollo antichi, di piccole dimensioni, costituiti da blocchi di taglia fino a 1-2 m, completamente stabilizzati e colonizzati dalla foresta.

2.3.3 Coltre detritico-colluviale

Con il termine di coltre detritico-colluviale si indicano i prodotti detritici incoerenti, a granulometria medio-fine e a tessitura caotica derivanti dall'alterazione, erosione e trasporto per breve distanza dei prodotti della disgregazione, a carico di roccia o detrito in posto.

La coltre detritica ha in genere spessore ridotto (< 2 m), è pedogenizzata e colonizzata da vegetazione spontanea; forma placche addossate ai versanti, per lo più stabili anche se potenzialmente soggette ad erosione per ruscellamento.

Ciò è dovuto principalmente alla granulometria fine, alla permeabilità relativamente bassa e al fatto che la coltre spesso poggia direttamente su roccia impermeabile, il che favorisce, in caso di forti precipitazioni, il rapido incremento delle pressioni neutre e la conseguente saturazione.

2.4 Morfologia

I depositi quaternari presenti nel settore studiato sono l'espressione dei processi morfodinamici che hanno interessato l'area, legati principalmente al glacialismo.

In particolare, la morfologia dell'area è quella caratteristica della fase di deglaciazione, con forme tipiche di erosione ed accumulo; il ritiro del ghiacciaio di fondovalle ha portato ad affiorare settori più o meno estesi di substrato roccioso modellati dall'esarazione, tra cui dossi montonati allungati secondo la direzione di flusso del ghiacciaio e delimitati da avvallamenti laterali (spillways) a fondo roccioso, colmati da depositi

glaciali fini; ne è un esempio l'ampia vallecchia che si estende tra Clusaz e Baulin, delimitata verso valle da una dorsale rocciosa montonata con allungamento WSW-ENE, subparallela all'asse vallivo principale. Una particolarità di questa piccola valle è la sua pendenza, contraria alla direzione di drenaggio principale della Valgrisenche, una caratteristica abbastanza frequente degli spillway laterali di piccole dimensioni, dove il ghiacciaio poteva procedere per alcuni tratti in contropendenza, adattandosi ad asperità locali del substrato.

Nell'area a monte della centralina in progetto e in generale lungo tutto il versante esaminato affiorano inoltre estesi settori di placche levigate e striate dall'esarazione, a testimonianza del fatto che la zona si è evoluta poco, dal punto di vista geomorfologico, in seguito al ritiro del ghiacciaio. La presenza di placconate con superfici montonate integre è indizio di un basamento roccioso indisturbato da movimenti gravitativi.

Come già accennato, i depositi che ricoprono il versante sono quasi esclusivamente costituiti da depositi glaciali a grossi blocchi, talora con massi erratici di dimensioni superiori a 1000 m³. La natura glaciale di questi depositi è inequivocabile, dimostrata da diversi elementi osservabili sul terreno:

- la morfologia del versante in sé, che non è quella di un versante impostato in detriti di falda;
- la morfologia dei blocchi di maggiori dimensioni, che sono per lo più a spigoli smussati e con facce levigate;
- la taglia plurimetrica di molti blocchi, poco compatibile con un detrito di falda;
- la presenza tra i clasti di una matrice fine, a granulometria sabbioso-limosa, con ciottoli subarrotondati;

Oltre a ciò, vi sono anche da rilevare:

- l'assenza, a monte del pendio detritico su cui è prevista la realizzazione della centralina e della pista di accesso, di pareti di proporzioni tali da aver determinato l'accumulo dei volumi detritici osservati;
- l'assenza di importanti forme di distacco gravitativo: gran parte delle pareti soprastanti l'area di intervento è caratterizzata da superfici lisce dall'esarazione glaciale. Fanno eccezione alcuni crolli a grossi blocchi, i cui depositi sono accumulati alla base delle pareti e lungo il pendio, rimanendo però piuttosto circoscritti.

In sintesi, la morfologia e la stratigrafia quaternarie dell'area sono essenzialmente il risultato delle ultime fasi di ritiro del ghiacciaio: questo ha lasciato dietro di sé estesi settori di rocce levigate, inframmezzati a depositi glaciali grossolani. Il successivo detensionamento del substrato roccioso ha interessato le porzioni di affioramento più acclivi ed è stato favorito, in quest'area, dall'orientazione della scistosità principale dei micascisti, che immerge contro il versante di angoli variabili tra 40 e 70°. Ciò ha determinato il distacco parziale di porzioni rocciose e l'accumulo di piccole quantità di depositi gravitativi al piede delle pareti, oltre ad alcuni crolli di dimensioni maggiori.

Il fatto che i depositi gravitativi siano nettamente subordinati rispetto ai depositi glaciali indica che l'area non si è più evoluta in maniera significativa dal punto di vista morfodinamico, dopo la fase di

detensionamento post-glaciale. Anche i crolli sono chiaramente riferibili alla fase post-glaciale più antica e risultano del tutto stabilizzati e colonizzati da conifere di età avanzata.

Ne consegue che il versante è da considerare stabile dal punto di vista della suscettibilità a frane e movimenti superficiali a carico dei depositi detritici.

2.5 Stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

Come già osservato, gli affioramenti sono in gran parte caratterizzati da superfici levigate e integre. Lo stato di fratturazione è alquanto modesto, con discontinuità maggiori (quelle con persistenza superiore a 5 m) spaziate in media di 2-4 m e con discontinuità minori molto spaziate. La superficie di discontinuità principale è rappresentata dalla scistosità, che però nel caso dei micascisti non ha una persistenza tale da isolare grandi masse di roccia instabile. Laddove affiorano metabasiti listate, come lungo il Ru de Baulin, la scistosità può determinare localmente il distacco di blocchi e lastre di dimensioni fino a 0.5 m³, ma solo nelle porzioni di affioramento subverticali.

L'analisi strutturale degli affioramenti ha evidenziato tre set di discontinuità principali, elencati di seguito e rappresentati graficamente nello stereogramma polare di *Figura 4*. Dall'esame di quest'ultimo si osserva come il set J1 sia subparallelo al versante, potendo quindi agire come superficie di scivolamento basale per eventuali cunei rocciosi isolati dai set J1 e JS.

L'intersezione dei due sistemi è però fonte potenziale di distacchi solo a scala locale, perché esige che la superficie del fronte roccioso abbia inclinazione maggiore di quella del set J1, mentre come si vede dalla tabella il set J1 ha praticamente la medesima inclinazione del fronte, il che suggerisce che siano le discontinuità J1 a condizionare la morfologia del pendio, anche se la loro direzione si discosta leggermente da quella media del versante.

Set	DipDir	Dip	Tipo
S/JS	344-356	39-46	Scistosità principale e giunti lungo scistosità
J1	143	48	Giunti subparalleli al pendio
J2	254	77	Giunti trasversali
slope	164	50	Orientazione media del versante

Tab. 1 – Principali famiglie di discontinuità rilevate nell'area di studio.

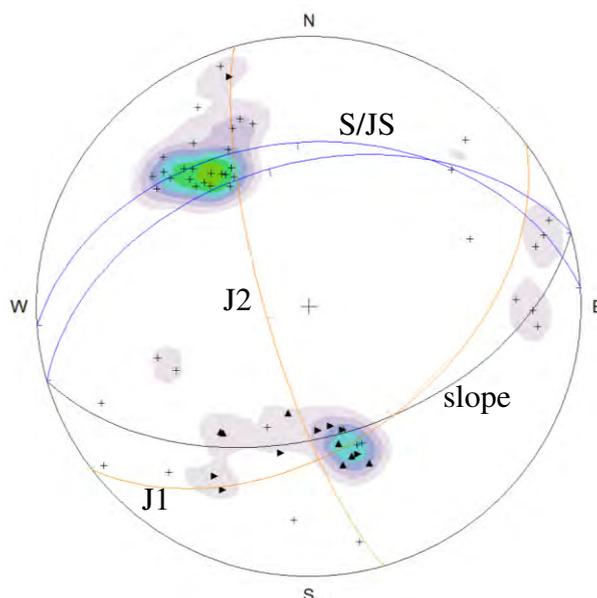


Figura 4 - Proiezione equiareale di Fischer delle discontinuità misurate (croci: giunti J; triangoli: scistosità S e giunti lungo scistosità JS). Slope: orientazione media del versante.

Questa circostanza si verifica molto di rado e per piccoli volumi rocciosi, perché il set J1 ha spaziatura in genere plurimetrica e quindi è difficile che possa isolare blocchi instabili; inoltre, i settori di affioramento roccioso con fronte subverticale sono limitati al piede delle pareti principali e hanno estensione molto ridotta, il che giustifica che, come si è osservato, gli accumuli di detrito di falda lungo il pendio siano pochi e discontinui.

Un esempio è rappresentato nell'immagine seguente, dove si notano dei prismi di roccia isolati da discontinuità basali ad alto angolo, su un affioramento di rocce montonate. La giacitura delle discontinuità è tale per cui la maggior parte di esse entra comunque nell'affioramento andando verso la base della parete e non può quindi costituire un fattore di instabilità.

Anche il set J2, che potrebbe in teoria agire come superficie di svincolo laterale, ha in realtà spaziatura da plurimetrica a pluridecametrica e non concorre, se non localmente, a isolare volumi instabili.

Alle considerazioni sopra esposte si aggiungono i dati del rilievo di terreno, che hanno permesso di localizzare con precisione la posizione dei singoli massi e/o volumi instabili, laddove per "volumi" si intendono porzioni di affioramento disarticolate e isolate dai sistemi di discontinuità descritti, mentre con "massi" si intendono blocchi individuali, per lo più provenienti dal detrito e appoggiati in posizione potenzialmente instabile.

La carta geologica di Figura 3 individua tutti i massi e volumi identificati, unitamente ai settori di versante in cui eventuali discontinuità del set J1 (se presenti) possono risultare potenzialmente meno inclinate del pendio. Si sottolinea che non sono state riscontrate situazioni di instabilità al di fuori di quelle cartografate; le aree sorgente di blocchi hanno quindi estensione molto esigua e sono localizzate per lo più in settori che non interessano la posizione della centralina come progettata nell'ipotesi 1.



Figura 5 - Prismi rocciosi isolati da discontinuità posteriori ad alto angolo, immergenti nel pendio.

3 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ PER CADUTA MASSI

Per valutare le condizioni di pericolosità correlate a fenomeni di caduta massi è stata ispezionata in dettaglio tutta la fascia di affioramenti rocciosi che sovrasta l'area di intervento, tra Chavonnette e il settore a monte di Baulin, dove in teoria si potrebbe estendere l'intervento nell'ipotesi 2 di progetto.

3.1 Simulazioni numeriche

Per analizzare in dettaglio la distribuzione della pericolosità da caduta massi lungo il pendio è stata eseguita una simulazione numerica mediante il software RockyFor 3D (www.ecorisq.org).

Rockyfor3D simula la traiettoria di caduta massi con un vettore che memorizza i valori tridimensionali (di posizione e velocità), attraverso il calcolo di una sequenza di cadute libere del blocco, descritte dalla classica legge parabolica di caduta libera in aria e di rimbalzi sulla superficie del pendio, includendo, se richiesto, gli urti contro gli alberi (Figura 6). Il rotolamento è rappresentato con una sequenza di rimbalzi a piccola distanza, mentre lo scivolamento (inteso come slittamento) dei massi non è modellato.

I dati di ingresso richiesti consistono in un set di raster ASCII creati in ambiente GIS, che definiscono la topografia e le caratteristiche della superficie del pendio, e in un insieme di parametri che definiscono le condizioni di distacco.

Il software simula la caduta di elementi rocciosi dotati di grandezze fisiche finite (forma, dimensioni, volume e densità) utilizzando informazioni relative ai coefficienti di restituzione e al grado di scabrezza (altezza

- Simulazione con presenza o assenza di bosco.
- simulazione con presenza o assenza di reti paramassi o barriere di calcolo (in questo caso assenti).
- velocità iniziale orizzontale e verticale, fissate da Rockyfor3D in 0.5 m/s.

Le mappe raster sono suddivise in celle con la stessa estensione e risoluzione del DEM; le informazioni riportate in ogni mappa riguardano:

- Volume del blocco in m³.
- Densità del blocco (kg/m³).
- Dimensioni del blocco in tre direzioni ortogonali (tre raster differenti).
- Forma del blocco (cubico, parallelepipedo, sferoidale, ellittico, ecc.).
- Geologia superficiale (roccia in posto, coltre, detrito ± grossolano, ecc.).
- Altezza media degli ostacoli presenti sul terreno (alberi esclusi), espressa dai parametri Rg70, Rg20 e Rg10 (tre raster), che descrivono di quanto gli ostacoli sporgono in media dalla superficie del terreno nel 70, 20 e 10% dei casi rispettivamente.
- Densità di foresta (n° alberi per ettaro).
- Diametro medio dei tronchi a 1.5 m da terra e relativa deviazione standard (due raster)
- Tipo di alberi presenti (% di conifere rispetto alle latifoglie)

3.1.2 Simulazione

È stata eseguita la simulazione di 100 distacchi per punto, utilizzando un blocco di progetto con caratteristiche rispondenti a quelle medie osservate sul terreno: forma parallelepipedica e volume pari a 0.5 m³ (± 10%). Come punti sorgente sono stati presi in considerazione tutti i volumi e/o blocchi potenzialmente instabili osservati sul terreno, più una serie di punti di distacco fittizi (*Figura 7*), che non rappresentano blocchi reali ma che permettono di valutare il comportamento del pendio in relazione a possibili, generici distacchi dal ciglio delle pareti principali, qualora le attuali condizioni di sostanziale stabilità e assenza di volumi instabili dovessero in futuro subire delle modificazioni.

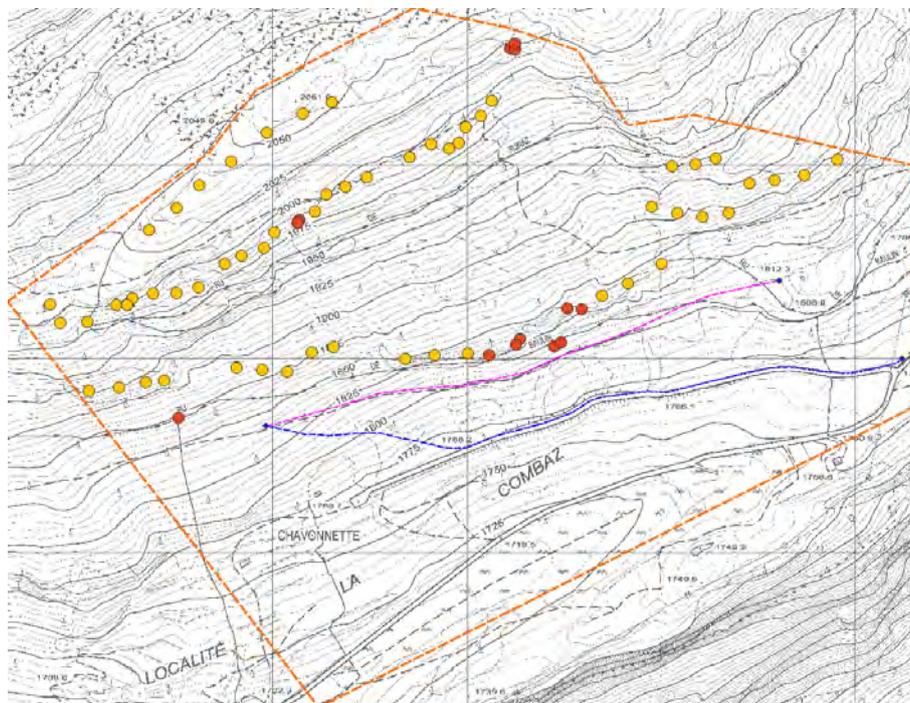


Figura 7 - Posizione dei punti sorgente di blocchi simulati. In rosso sono rappresentati i blocchi/volumi reali, cartografati sul terreno; in arancione i blocchi teorici disseminati casualmente lungo il ciglio delle principali pareti rocciose.

La simulazione è stata fatta in presenza di alberi, per tenere conto della riduzione di energia cinetica dei blocchi conseguente all'impatto con i tronchi. La densità della foresta in n° di alberi/ha è stata definita in base alle immagini aeree della zona ed è rappresentata nella figura seguente. Va sottolineato che nel corso dei rilievi di terreno è stata fatta particolare attenzione all'individuazione di tracce di impatti pregressi contro gli alberi, senza riscontrare alcun indizio in tal senso.

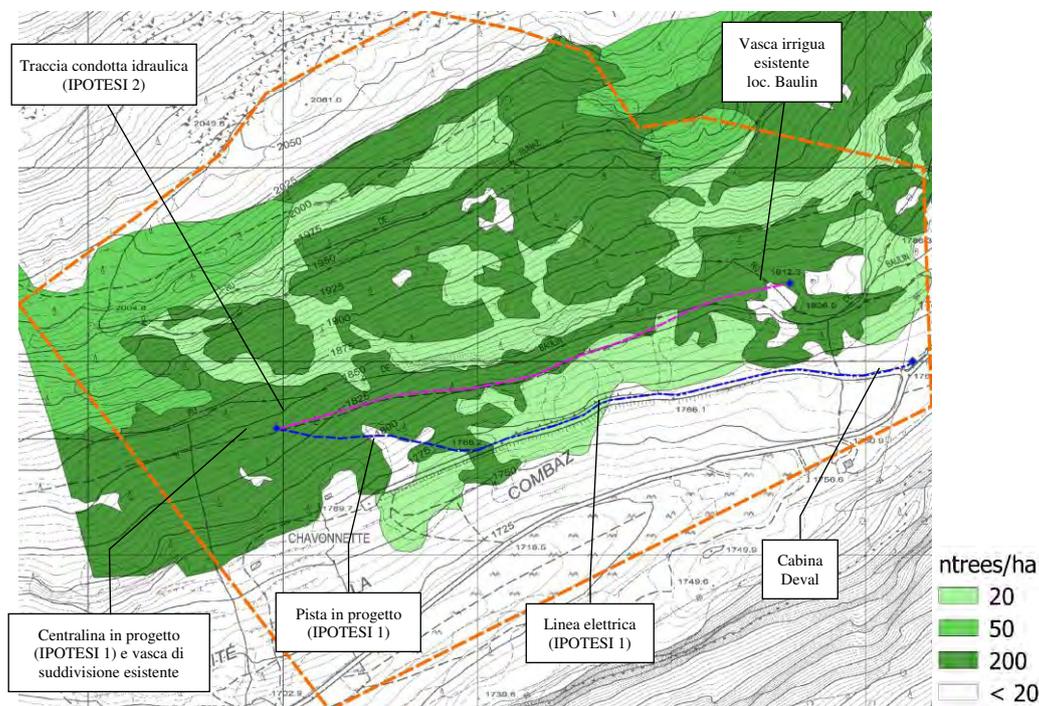


Figura 8 - Classi di densità di foresta stimate in base alla foto aeree dell'area (numero di alberi per ettaro).

In sintesi, i parametri utilizzati per la simulazione sono i seguenti:

Rockyfor3D v5.2.14 - Simulations completed on Mon Sep 07 12:26:41 2020

simulation settings:

- rock volume variation = +/- 10%
- nr. of simulations per source cell = 1000
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 70000
- additional initial fall height = 0.500000 m
- Simulation with forest and without nets

Overall simulated block volumes:

- min = 0.500000 m3
- mean = 0.500000 m3
- max = 0.600000 m3

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 1835.000000 kj
- maximum energy value = 2928.400000 kj

3.1.3 Dati di output

L'output grafico grezzo del software in fase di elaborazione è presentato nella figura seguente (non in scala). Come ulteriore output, Rockyfor3D restituisce una serie di mappe tematiche in formato ASCII che

descrivono la distribuzione delle energie, le probabilità di passaggio in ogni cella del DEM, la distribuzione dei punti di arresto, le altezze di caduta, il numero di impatti contro gli alberi.

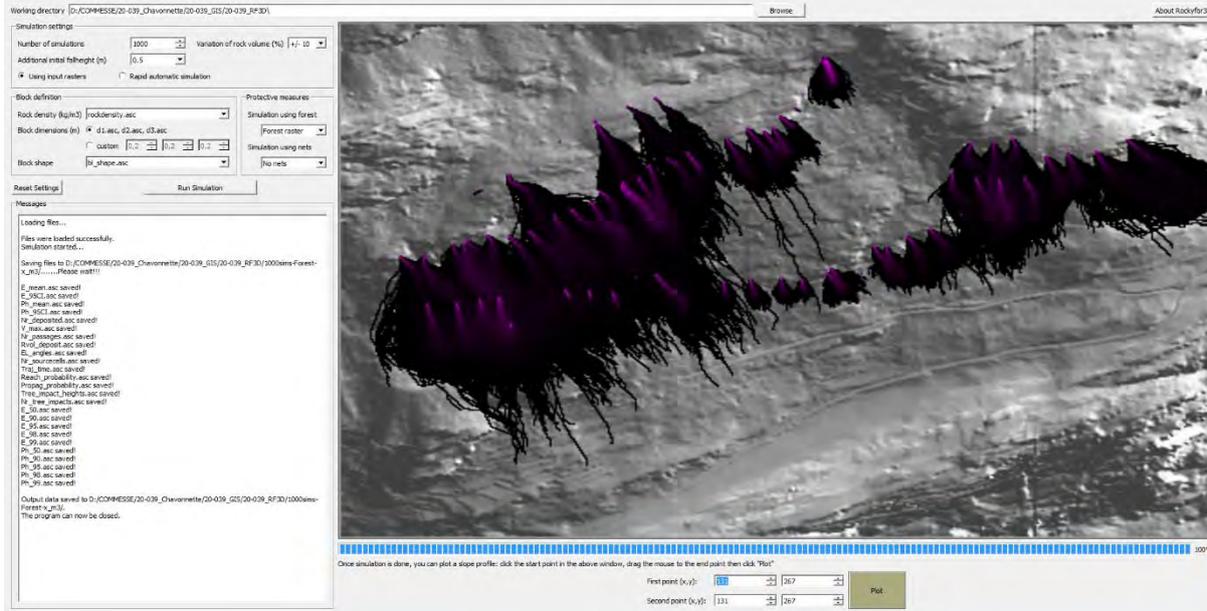


Figura 9 - Simulazione di caduta massi. Output grafico di Rockyfor3D per simulazione in presenza di foresta.

Nel caso in esame, il parametro più utile per valutare la pericolosità del pendio è rappresentato dalla "reach probability" (Rp), che definisce se è probabile (valori più elevati nella mappa) o improbabile (valori più bassi ma sempre > 0) che un masso passi per una data cella durante la sua traiettoria di caduta. In ogni cella del raster di output della Rp è rappresentato in percentuale un valore derivato dal seguente calcolo:

$$(Nr_passages \cdot 100) / (Nr_simulations_per_source_cell \cdot Nr_sourcecells) [\%];$$

dove "Nr_passages " è il numero di passaggi di blocchi attraverso la cella, "Nr_simulations_per_source_cell" è il numero di simulazioni per ogni cella sorgente , "Nr_sourcecells" è il numero di celle sorgente.

Per valutare l'effettiva pericolosità del pendio, viene solitamente definita una soglia inferiore, compresa tra 1 e 1.5%, al di sotto della quale (per un numero di simulazioni per ogni cella sorgente pari a 100) la pericolosità si può considerare trascurabile [1]. Nel caso in esame la soglia è stata fissata al valore più basso (1%), a favore della sicurezza.

Le due figure seguenti mostrano la mappa della Rp ottenuta simulando le traiettorie dei blocchi in assenza di alberi (Figura 10) e con alberi (Figura 11). In toni di verde sono riportate le zone con Rp < 1%, in toni dal giallo al rosso sono rappresentati valori di Rp > 1% e via via crescenti fino a 100%.

[1] Dorren L.K.A., 2016. Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 32 p.

3.2 Sintesi dei risultati

Dall'analisi delle due mappe, nei confronti delle opere in progetto si può osservare quanto segue:

- Il valore di R_p in corrispondenza delle opere dell'ipotesi 1 è inferiore all'1%, quindi trascurabile, già nella simulazione senza foresta.
- In presenza di bosco, tale valore si riduce ulteriormente, come si può constatare dalla riduzione areale delle zone con campitura verde.

La mappa successiva (Figura 12) evidenzia ancora meglio questo aspetto, riportando in colore solamente le zone con $R_p > 1\%$. Si vede chiaramente come le opere in progetto nell'ipotesi 1 ricadano interamente al di fuori di tali aree e quindi non siano soggette in maniera significativa alla caduta di blocchi.

Queste considerazioni si rafforzano ulteriormente se si considera che le simulazioni sono state effettuate utilizzando una serie di blocchi fittizi, non reali, posizionati in maniera regolare e casuale, lungo il ciglio delle principali pareti rocciose. I blocchi effettivamente instabili rilevati sul terreno, a monte delle opere in progetto, sono in numero molto minore di quelli simulati, come si vede in Figura 7, per cui la pericolosità reale è ancora significativamente più bassa di quella teorica.

Quanto sopra è in accordo con le osservazioni geologiche di terreno riguardanti i) la natura essenzialmente glaciale del materiale detritico che ricopre il pendio e ii) lo stato sostanzialmente poco fratturato degli affioramenti rocciosi, inoltre si accorda con l'assenza di tracce di impatto sui tronchi degli alberi che hanno colonizzato il pendio.

Per contro, nell'ipotesi 2, che prevede una condotta realizzata a mezza costa fino ad arrivare alla vasca irrigua esistente a monte della frazione di Baulin, vi sono alcuni tratti caratterizzati da pericolosità per caduta massi non trascurabile, peraltro relativa a blocchi e/o volumi instabili reali, osservati in sito lungo il ciglio della fascia di pareti più bassa, immediatamente soprastante l'ipotesi di tracciato considerata.

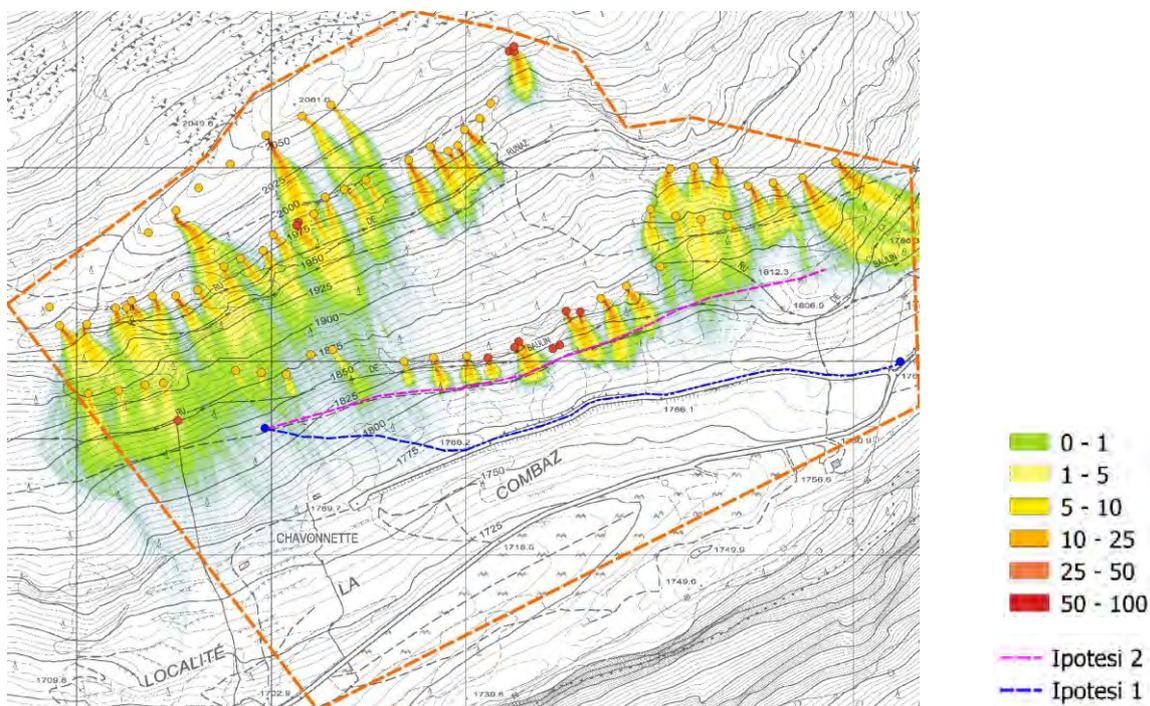


Figura 10 - Simulazione di caduta massi. Valori % del parametro Reach Probability (R_p) in assenza di alberi.

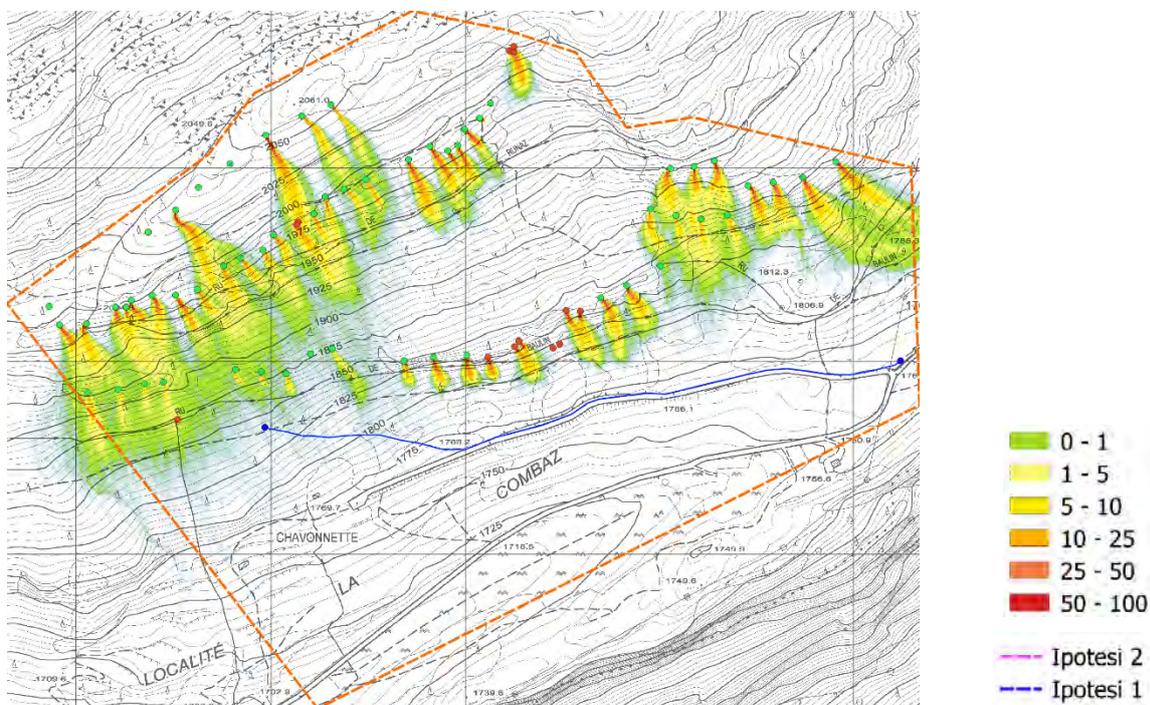


Figura 11 - Simulazione di caduta massi. Valori % del parametro Reach Probability (R_p) in presenza di alberi.

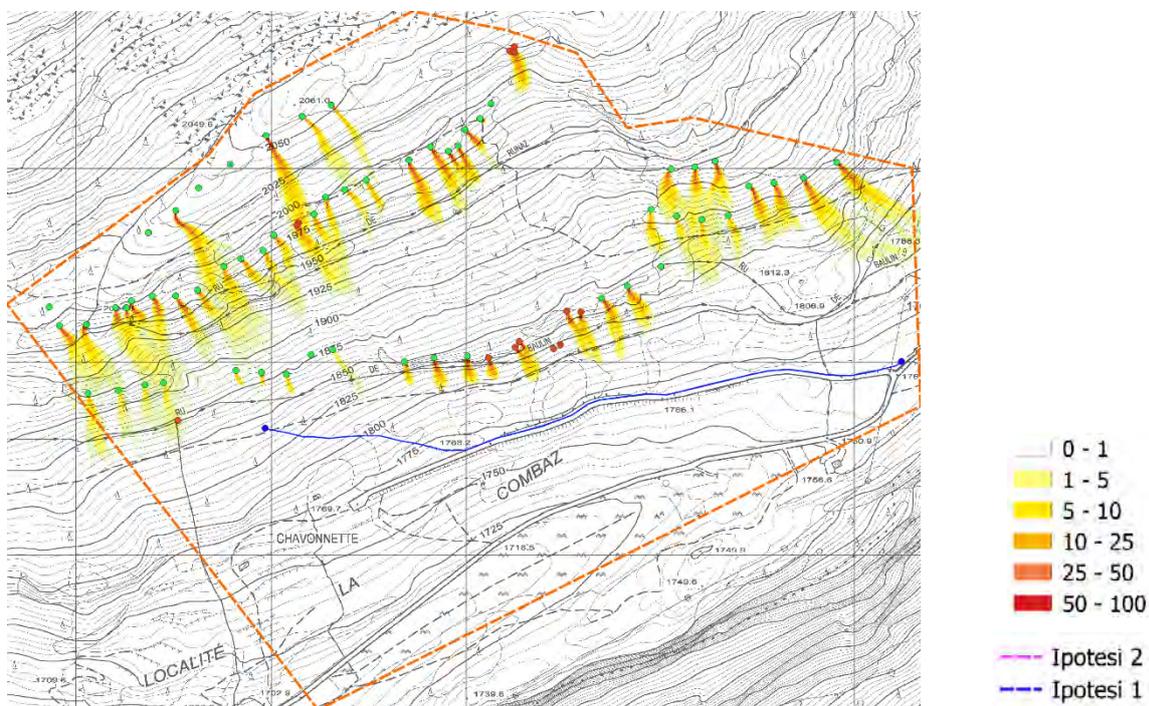


Figura 12 - Simulazione di caduta massi. Valori % del parametro Reach Probability (Rp) in presenza di alberi, con soglia all'1%.

4 ANALISI DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

4.1 Caratterizzazione geotecnica dei materiali

Come precisato nel capitolo 2, il settore di pendio interessato dal progetto è impostato in depositi glaciali a grossi blocchi (fino a plurimetrici), con massi submetrici e ciottoli immersi in matrice ghiaioso-sabbiosa (Figura 13).

Dal punto di vista geotecnico, i depositi glaciali a grossi blocchi rappresentano un materiale estremamente eterogeneo alla scala dello scavo, a causa della presenza diffusa di massi di dimensioni medie da 1 m³ a diversi metri cubi, distribuiti in maniera casuale lungo il pendio. Il tipo di terreno considerato è più correttamente classificabile, dal punto di vista geotecnico, come un *bimsoil* (*blocks-in-matrix soil*).



Figura 13 - Caratteristiche della matrice del deposito, costituita da massi, ciottoli e ghiaia grossolana in frazione fine prevalentemente sabbiosa. Si noti il grado di arrotondamento dei clasti, tipico di un deposito glaciale.

La definizione di bimsoil è quella di una miscela di litotipi composta da blocchi *geotecnicamente significativi* in una matrice fine. La "significatività" dal punto di vista geotecnico è intesa nel senso che ci deve essere un contrasto meccanico tra blocchi e matrice e che la geometria e proporzione dei blocchi influenzano il comportamento del terreno su un pendio alla scala delle opere considerate [2].

Ciò ha alcune importanti conseguenze in relazione alle verifiche effettuate e stabilità degli sbancamenti della pista nella configurazione di progetto:

- Il materiale non è assimilabile a un terreno granulare omogeneo.
- Il fattore di scala incide profondamente sul comportamento del terreno, soprattutto nel caso in esame in cui i blocchi hanno lo stesso ordine di grandezza delle dimensioni dello sbancamento.

[2] Kalender et al, 2014; An approach to predicting the overall strengths of unwelded bimrocks and bimsoils; Engineering Geology 183 (2014) 65–79

In un bimsoil rappresentato da un deposito glaciale come quello considerato, le zone di debolezza lungo cui si sviluppano eventuali superfici di scivolamento sono in generale rappresentate dalle superfici di contatto tra blocchi litoidi e matrice.

Il loro andamento, quindi, non segue le classiche superfici curve regolari che si utilizzano normalmente per le analisi di stabilità di terreni granulari omogenei a granulometria fine, ma sono influenzate da dimensione, forma e disposizione dei blocchi e hanno in generale uno sviluppo molto più tortuoso (Figura 14), perché, come è ovvio, i massi non si fratturano lungo la superficie di scivolamento, avendo resistenza al taglio molto superiore a quella della matrice. Queste superfici di scivolamento tortuose si sviluppano generalmente in maniera del tutto imprevedibile nel dettaglio.

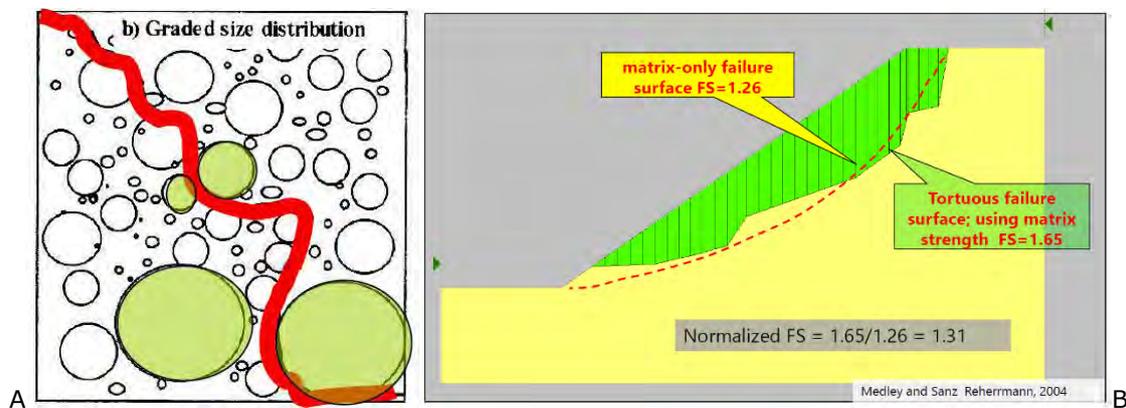


Figura 14 - Esempio di sviluppo di una superficie di taglio tortuosa in un bimsoil a grossi blocchi (A) e conseguenze pratiche sulle verifiche di stabilità (B).

Prove sperimentali hanno dimostrato che l'angolo di attrito interno di un bimsoil aumenta considerevolmente rispetto all'angolo di attrito della sola matrice fine, all'aumentare del parametro "Volumetric Block Proportion":

$$\text{VBP} = \text{volume blocchi} / \text{volume totale del terreno.}$$

Come si vede dal diagramma seguente, per valori di VBP compresi tra 10% e 70%, si osservano sperimentalmente incrementi di ϕ fino al 30° in più rispetto all'angolo di attrito della sola matrice.

In sostanza quindi, la resistenza al taglio dei bimsoil è significativamente maggiore della resistenza al taglio di terreni granulari costituiti dalla sola matrice fine e i fattori di sicurezza aumentano di conseguenza.

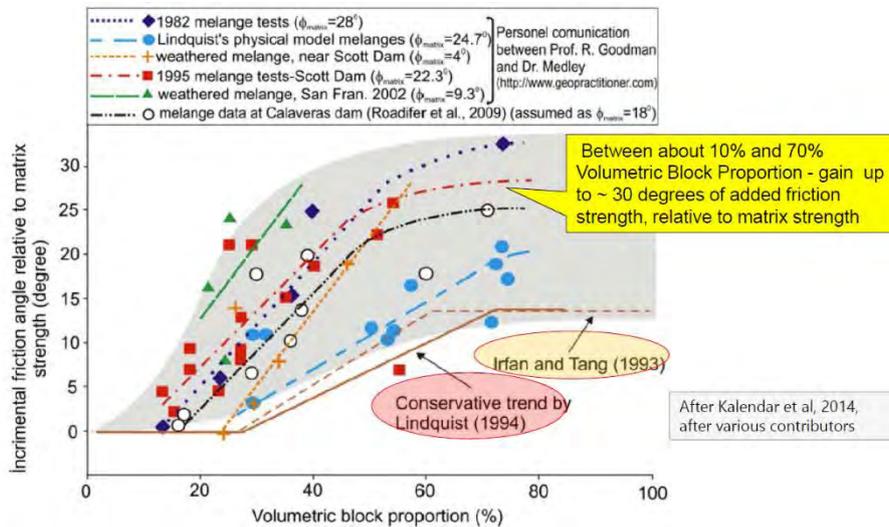
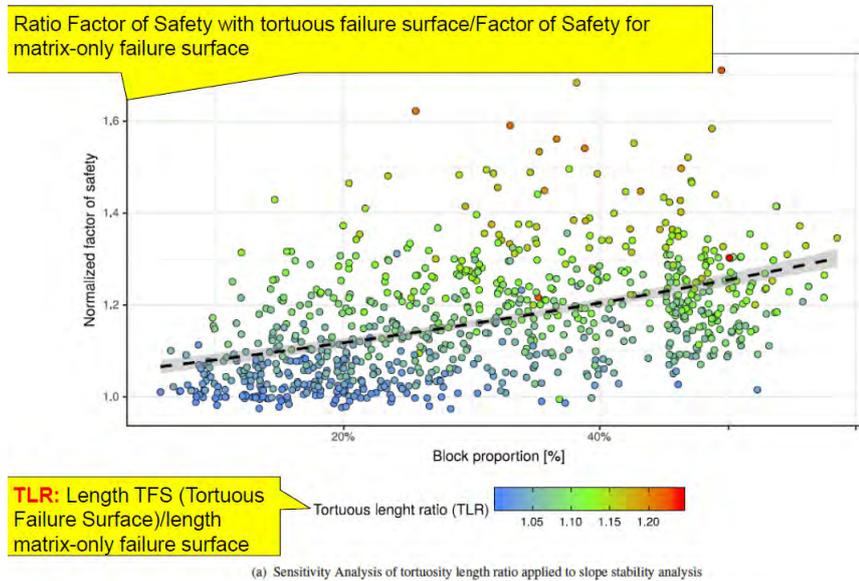


Figura 15 - Incremento dell'angolo di attrito del bimsoil rispetto al medesimo angolo relativo alla sola matrice, all'aumentare di VBP.

Ovviamente non è possibile analizzare in maniera deterministica ogni singola sezione su cui si fanno le verifiche, perché ciò implicherebbe il dover ricostruire per ogni singola sezione l'esatta posizione e dimensione di tutti i blocchi che influenzano il comportamento del pendio. Sono quindi state proposte delle relazioni empiriche tra il fattore di sicurezza ottenuto modellizzando la sola matrice fine (mediante le proprie caratteristiche geotecniche) e il fattore di sicurezza del bimsoil nel suo complesso. Queste correlazioni permettono di definire un fattore di sicurezza modificato (Figura 16), partendo dalle classiche analisi di stabilità eseguite utilizzando solamente i parametri propri della matrice, ipotizzando quindi delle superfici di scivolamento di forma circolare in terreni granulari fini e omogenei.



E. Montoya-Araque, 2019 "Slope stability assessment for Block-in-matrix composite-materials by the Tortuous Surface Method", M.Eng Dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Faculty of Engineering, Medellin, Colombia.

Figura 16 - Incremento del fattore di sicurezza dei bimsoil rispetto a quello ottenuto da verifiche sulla sola matrice fine.

Nel caso in esame, in base alle osservazioni di terreno è stato adottato un valore di VBP = 30%. I valori della matrice adottati per il caso in esame sono quelli riassunti nella tabella seguente

	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	E_d (GPa)
Matrice ghiaioso-ciottoloso-sabbiosa	19-22	0	36-38	0.20

Tab. 2 - intervalli rappresentativi dei parametri geotecnici dei terreni quaternari. γ = peso di volume; c' = coesione; ϕ' = angolo di attrito; E_d = modulo di deformabilità.

Per la determinazione del parametro VBP ci si è basati sull'analisi visiva dei depositi affioranti sul pendio, adottando con una stima per difetto un valore di VBP = 30%. Con tale valore, si può stimare un incremento dell'angolo di attrito del bimsoil compreso tra 5 e 15° rispetto al ϕ della sola matrice fine (Figura 15). Il fattore di sicurezza ricalcolato da quello risultante dalle verifiche di stabilità eseguite assimilando il terreno alla sola matrice fine è (Figura 16):

$$FS_{\text{bimsoil}} \approx 1.15 FS_{\text{matrix}}$$

In conclusione, il fattore di sicurezza ottenuto dalle analisi di stabilità è ampiamente sottostimato.

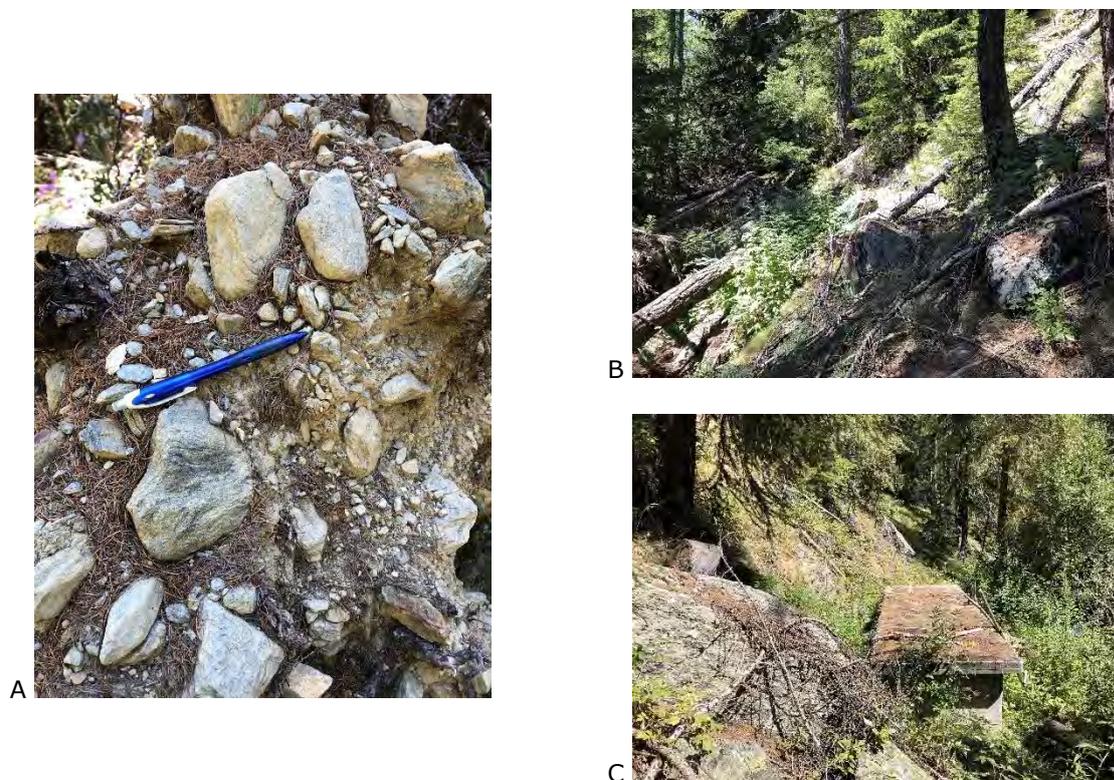


Figura 17 - Determinazione empirica del parametro VBP nei depositi glaciali affioranti sul pendio. I blocchi nella matrice in A probabilmente non influenzano molto lo sviluppo di una superficie di scivolamento teorica, quindi non sono presi in considerazione. I grandi massi in B e C hanno invece un'influenza significativa. Essi rappresentano circa il 30% del deposito glaciale.

4.2 Verifiche di stabilità

4.2.1 Caratterizzazione sismica del sito e azione sismica di progetto

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni il rispetto degli stati ultimi in condizioni sismiche si considera soddisfatto quando siano state eseguite le verifiche relative allo stato limite di salvaguardia della vita, SLV.

La pericolosità sismica di riferimento è stata ricavata, sulla base dei dati forniti a livello nazionale nel sito web dell'INGV, con il software GEOSTRU PS. Sulla base delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni, nella stima dei parametri sismici si è tenuto conto cautelativamente di una Vita Nominale di 50 anni (opera ordinaria) e di una Classe d'uso I, per costruzioni con presenza occasionale di persone. È stato assunto di conseguenza un periodo di riferimento, V_r , uguale a 35 anni. L'accelerazione massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (a_g), per la condizione di stato limite di salvaguardia della vita (SLV), è:

$$a_g = 0,091 \text{ g (SLV)}$$

Il profilo stratigrafico è cautelativamente assimilabile ai sottosuoli compresi nella categoria C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità*

del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s), per la quale il parametro di amplificazione stratigrafica S_S vale 1,5 (D.M. 17/01/2018, Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.IV). Per pendii con inclinazione media maggiore di 15° , le condizioni topografiche del sito rientrano nella categoria T2 (D.M. 17/01/2018, Tabella 3.2.III), cui corrisponde un valore di $S_T = 1,20$ (D.M. 17/01/2018, Tabella 3.2.V).

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito a_{max} può essere valutata con la relazione:

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

che, utilizzando i parametri ottenuti nei paragrafi precedenti, fornisce per il sito il valore:

$$a_{max} = 0,1638 g$$

Facendo riferimento al paragrafo 7.11.4 delle NTC, il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo può essere analizzato mediante metodo pseudostatico. In questo modo l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno/roccia potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W$$

$$F_v = k_v \times W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h$$

adottando, nelle verifiche dello stato limite ultimo di salvaguardia della vita, un valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa β_s al sito pari a 0,38.

Si possono infine determinare i valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale da utilizzare nelle verifiche (Tabella 1).

	SLV
k_h	0,062
k_v	0,031

Tabella 1 – Coefficiente sismico orizzontale e verticale per la condizione di stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

4.2.2 Carichi variabili

La pista potrà essere percorsa occasionalmente con fuoristrada per la manutenzione della centralina. Per tener conto del peso dei mezzi operativi in corso di costruzione della strada e del transito di mezzi in condizioni di esercizio, si è imposto, sulla sede stradale, un carico uniformemente distribuito pari a 20 kPa.

4.2.3 Inquadramento normativo e combinazioni di calcolo

Il DM 17 gennaio 2018 prescrive di considerare nello sviluppo delle verifiche i valori di progetto sia delle proprietà geotecniche, sia delle azioni gravanti, determinati applicando ai valori caratteristici, in funzione della combinazione indicata dalla normativa, i coefficienti parziali riportati nelle successive Tabella 2 e Tabella 3.

In condizioni statiche le verifiche sono condotte secondo quanto indicato al paragrafo 6.8 delle NTC2018 secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, con γ_R (coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza) = 1,1.

Per la verifica in condizioni sismiche, facendo riferimento a quanto riportato nel paragrafo 7.11.4 della normativa, devono essere posti pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici, impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale γ_R pari a 1,2.

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G2}

Tabella 2 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni (Tabella 6.2.I delle NTC 2018).

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 3 – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tabella 6.2.II delle NTC 2018).

4.2.4 Sezioni di verifica

Le verifiche sono state condotte lungo due sezioni della pista ritenute rappresentative, coincidenti con le sezioni di progetto 10 e 30, assunte come sezioni-tipo rappresentative del profilo finale della pista a lavori ultimati.

4.2.5 Risultati delle verifiche di stabilità

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite di Bishop per potenziali superfici di scorrimento circolari, con il programma Slide della Rocscience, adottando i parametri geotecnici definiti nei paragrafi precedenti.

Le verifiche sono state condotte con il duplice scopo di valutare l'angolo ammissibile per scarpata di scavo e la stabilità globale della pista.

Le figure seguenti mostrano le verifiche effettuate per la valutazione del massimo angolo di inclinazione ammissibile della scarpata che assicura la stabilità del taglio stradale in condizioni statiche e sismiche. Tale angolo è risultato essere pari a 43°.

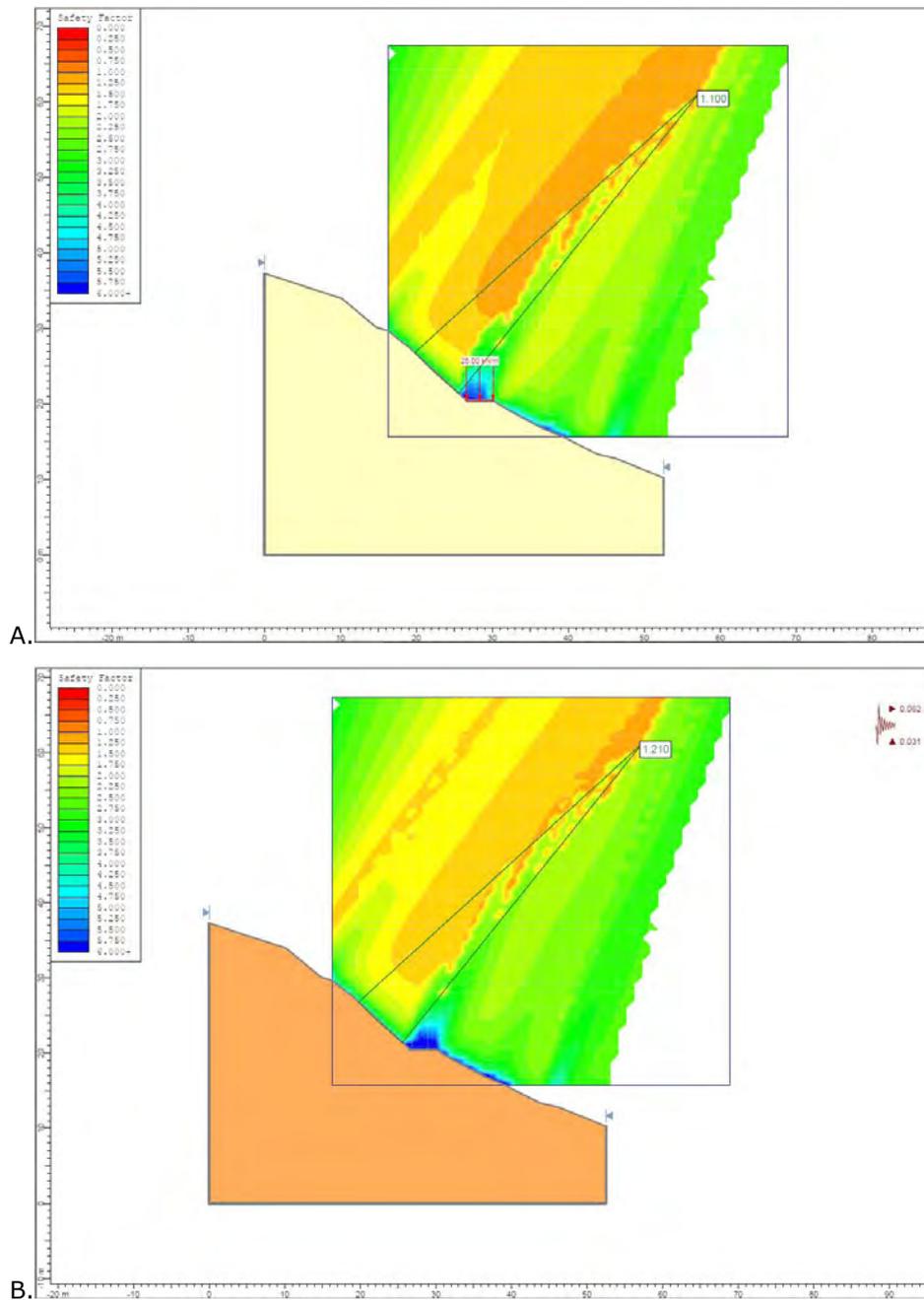


Figura 18 – Valutazione del massimo angolo ammissibile per le scarpate stradali. A. Caso statico; B. Caso sismico.

Nel seguito si mostrano le superfici di scivolamento con fattore di sicurezza minimo alla stabilità globale calcolate per le due sezioni di studio in condizioni statiche e sismiche. I risultati ottenuti mostrano come siano soddisfatti i requisiti minimi imposti dalla normativa vigente.

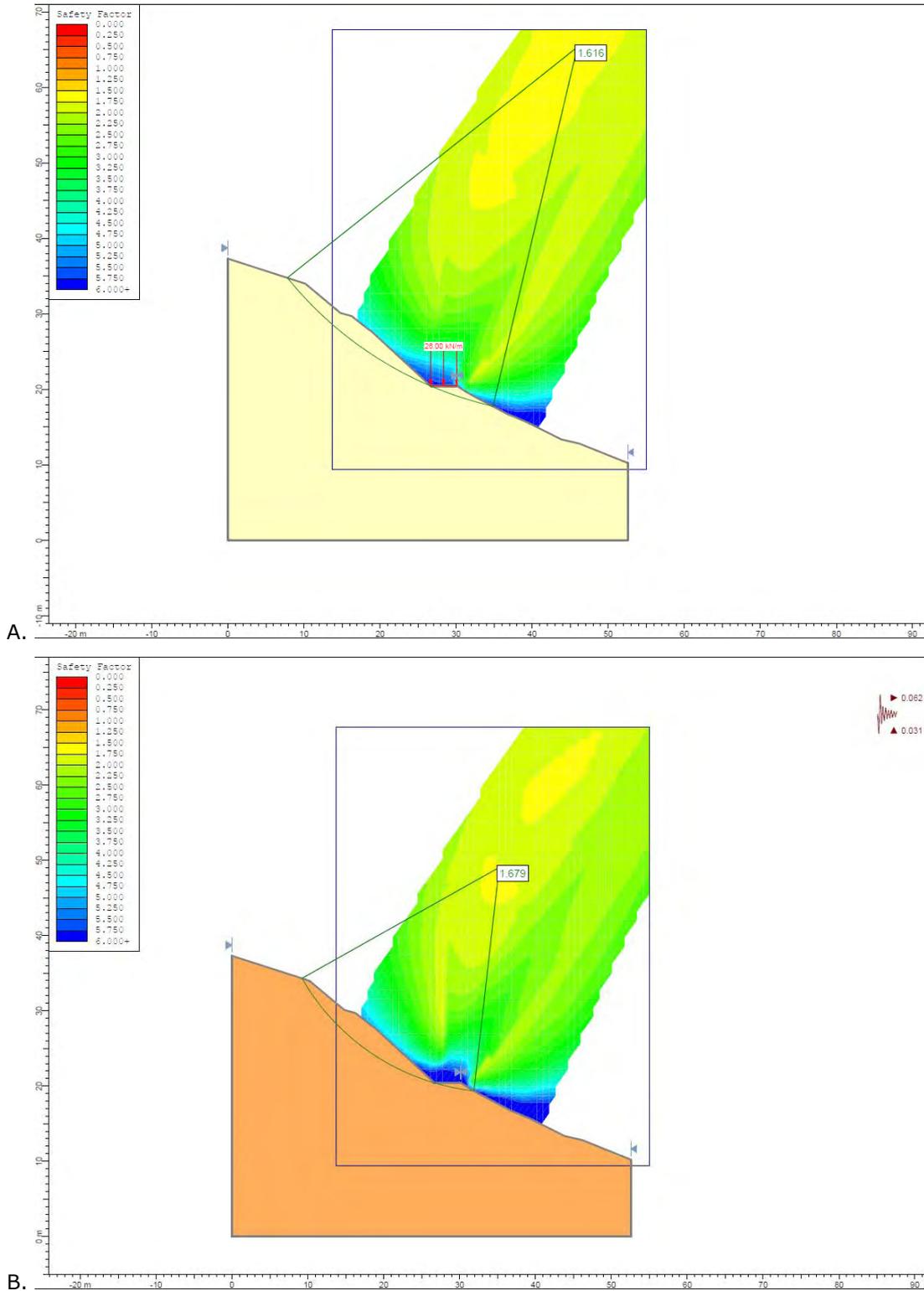


Figura 19 – Verifica di stabilità globale della pista in condizioni statiche (A) e sismiche (B) in corrispondenza della sezione 10 (le superfici mostrate sono quelle con fattore di sicurezza minimo).

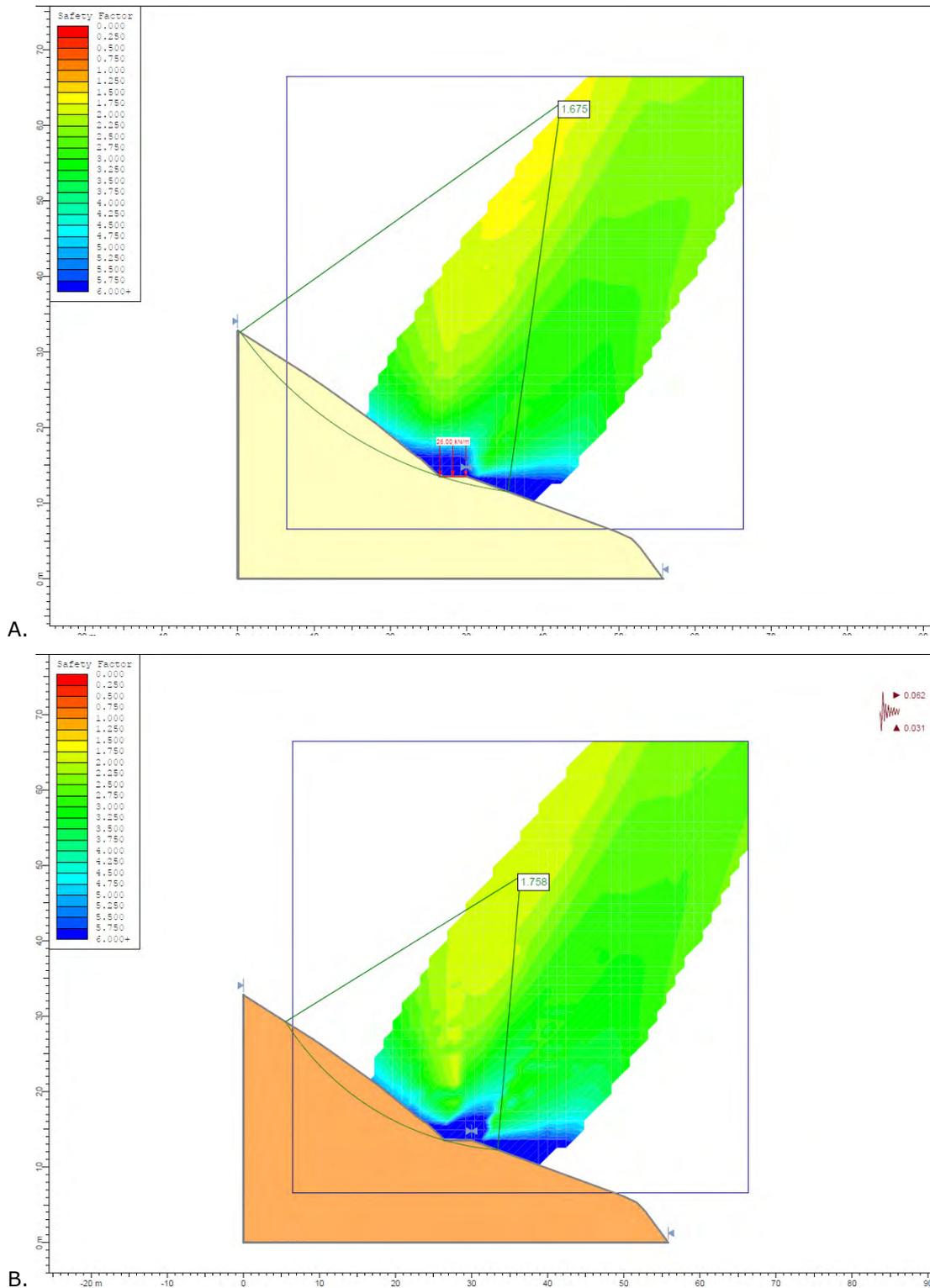


Figura 20 – Verifica di stabilità globale della pista in condizioni statiche (A) e sismiche (B) in corrispondenza della sezione 30 (le superfici mostrate sono quelle con fattore di sicurezza minimo).

5 ANALISI DEI RISCHI

Allo scopo di valutare la fattibilità delle diverse ipotesi di intervento è stata realizzata un'analisi dei rischi legati alle condizioni geologiche e geotecniche descritte nei capitoli precedenti.

5.1 Principio di analisi dei rischi

Nelle tabelle di sintesi riportate alle pagine seguenti (Tab. 3 e Tab. 4) è presentata una quantificazione dei rischi attesi, in base alla valutazione della probabilità di occorrenza di ogni evento e del relativo impatto atteso sulla fattibilità dell'opera, secondo la formula:

$$R = P \times I$$

dove

P = probabilità che il fenomeno previsto si manifesti (1: probabilità bassa; 2: media; 3: elevata)

I = impatto sull'operatività di cantiere e/o sul completamento dell'opera (1: impatto basso; 2: medio; 3: elevato)

$R = P \times I$ = rischio atteso (1: rischio trascurabile; 2/4: rischio medio; 9: rischio molto elevato)

Questa valutazione è riassunta graficamente nella figura sottostante. La classificazione di una data criticità in relazione al rischio atteso permette con questo semplice diagramma di valutare se sia o meno necessario prevedere contromisure specifiche per la mitigazione dei rischi e degli impatti.

		IMPATTO		
		1	2	3
PROBABILITA' EVENTO	3	3	6	9
	2	2	4	6
	1	1	2	3

1 = RISCHIO TRASCURABILE: non sono necessarie contromisure
2/4 = RISCHIO MEDIO: possibile necessità di contromisure
6/9 = RISCHIO ELEVATO: contromisure necessarie

Figura 21 - Griglia di valutazione dei rischi.

Di seguito verranno analizzati sinteticamente i rischi che interessano le opere previste nelle due configurazioni alternative ipotizzate, che si differenziano sostanzialmente per la posizione del locale centrale e di conseguenza per la lunghezza della condotta di derivazione, come di seguito riassunto:

- IPOTESI 1:

- centralina elettrica realizzata in corrispondenza della vasca di suddivisione di Chavonnette;
- pista di accesso alla centrale realizzata a partire dalla poderale sottostante, per una lunghezza approssimativa di 250 m;
- la linea elettrica di restituzione alla cabina Deval di Baulin segue lo sviluppo della pista di accesso, quindi la poderale fino al punto di recapito.
- IPOTESI 2
 - centralina elettrica realizzata in corrispondenza della vasca irrigua esistente a monte della frazione Baulin;
 - condotta di derivazione interrata a mezza costa, dalla vasca di Chavonnette alla vasca di Baulin, con scavo di circa 550 m.

5.2 Analisi dei rischi

Nell'ipotesi 1 le opere (centralina e pista di accesso) interesseranno esclusivamente i depositi detritici a grossi blocchi di origine glaciale che ricoprono il versante.

Nell'ipotesi 2 il tracciato della condotta interrata dovrà attraversare alcuni accumuli di crollo stabilizzati, sviluppandosi lungo il piede della fascia rocciosa che corre tra 1820 e 1850 m di quota.

Si tratta in tutti i casi di terreni non coesivi, a granulometria da grossolana a estremamente grossolana, entro i quali le scarpate di scavo risultano stabili nel breve termine anche se è opportuno prevedere in fase di scavo le opportune misure di protezione temporanea delle pareti di scavo, nonché il drenaggio delle acque di falda eventualmente intercettate.

Le opere saranno realizzate mediante scavi a cielo aperto. In fase di esercizio la condotta realizzata nell'ipotesi 2, pur se interrata, sarà posizionata a profondità modesta rispetto al piano campagna.

Le opere sono soggette, in fase sia esecutiva sia di esercizio, a una serie di processi geomorfologici potenzialmente attivi:

- Dissesti superficiali (frane)
- Fenomeni di caduta massi
- Valanghe

5.2.1 Rischi in fase esecutiva

Ipotesi 1

Per quanto riguarda l'ipotesi 1, i cantieri di scavo (pista e locale centrale) vedono una condizione di rischio genericamente mitigata:

- dalla mobilità dei lavori
- dai tempi di esecuzione relativamente rapidi;
- dal periodo di realizzazione (primavera-autunno).

Il rischio frane è ovunque trascurabile, in quanto le caratteristiche granulometriche, geotecniche e idrogeologiche dei depositi glaciali a grossi blocchi sono tali per cui la pericolosità relativa a questa classe di fenomeni è molto bassa o nulla.

Il rischio di caduta massi è trascurabile, come è stato ampiamente discusso nel capitolo dedicato all'analisi numerica del fenomeno.

Il rischio valanghe è trascurabile in fase esecutiva, pur ricadendo gran parte del tracciato della pista in area a pericolosità elevata o molto elevata ex. Art. 37 (cfr. relazione geologica di progetto), essendo previsto di realizzare i lavori in assenza di innevamento.

Ipotesi 2

Per quanto riguarda l'ipotesi 2, i rischi relativi a frane e valanghe in fase esecutiva sono trascurabili per le stesse motivazioni sopra espresse. Il rischio di caduta massi è basso ma non trascurabile perché lo scavo corre al piede di una fascia rocciosa sul cui ciglio sono stati osservati diversi blocchi o volumi potenzialmente instabili. Le simulazioni numeriche mostrano come il tracciato attraversi in più punti settori di pendio potenzialmente raggiunti dai blocchi in caduta.

Non si prevedono, in nessuna delle due soluzioni, rischi per i cantieri riguardanti la possibile invasione degli scavi da parte di acqua o colate detritiche, sia per l'assenza di aste torrentizie, sia per l'elevata permeabilità dei depositi che determina la rapida infiltrazione delle precipitazioni, anche se intense e prolungate.

Altre problematiche esecutive

Nell'ipotesi 1, lo sbancamento del pendio finalizzato alla realizzazione della pista interessa dei depositi in cui sono presenti grossi massi che andranno in parte mobilizzati e ricollocati in posizione stabile, sfruttandoli anche per migliorare la stabilità dello scavo stesso. Non si presentano comunque difficoltà particolari.

Nell'ipotesi 2, il tratto da realizzare in trincea per l'interramento della condotta è notevolmente più lungo, il che comporta una serie di difficoltà aggiuntive:

- l'apertura di un passaggio transitabile dai mezzi di cantiere per tutta la lunghezza del tracciato
- una durata del cantiere di scavo significativamente maggiore
- l'abbattimento di un numero più elevato di alberi
- la necessità di attraversare depositi di crollo con massi plurimetrici, molti dei quali sono di dimensioni tali da non poter essere semplicemente spostati con lo scavatore; tali blocchi richiederanno la demolizione con esplosivo e/o martello pneumatico; maggiore è la lunghezza di scavo, maggiore la quantità di grandi blocchi da demolire che potrà essere incontrata;
- un rischio maggiore che durante i lavori qualche masso possa cadere sulla poderale sottostante.

5.2.2 Rischi in fase di esercizio

In fase di esercizio i rischi geomorfologici sono mitigati dal fatto che gran parte delle opere sarà interrata al di sotto del piano campagna e/o raccordata al pendio soprastante mediante appositi riporti di terreno, quindi molto meno vulnerabili da eventuali processi superficiali.

Ipotesi 1

Nell'ipotesi 1, permane un rischio trascurabile nei confronti dei fenomeni di caduta massi, per l'assenza di aree sorgente a monte, per la presenza di foresta ad alto fusto e per le caratteristiche del pendio (geologiche e topografiche). Valgono quindi tutte le considerazioni esposte nel capitolo dedicato all'analisi di caduta massi. Il rischio già basso è inoltre ulteriormente mitigato dal fatto che la pista e il locale centrale non sono frequentati in maniera permanente, ma solo occasionale e da un numero ristretto di tecnici.

Il rischio valanghe, in termini di integrità delle opere è basso per la pista di accesso, poiché questa ricade in un'area a pericolosità molto elevata ex Art. 37 ma di fatto costituisce un'opera priva di strutture fuori terra e non interferisce significativamente con il fenomeno se non con un effetto di mitigazione, sia pur limitato, contribuendo a rallentare un'eventuale massa nevosa in transito. Per contro, l'eventuale transito di fenomeni valanghivi comporterà sporadicamente degli interventi di manutenzione straordinaria della pista, che dovrà essere liberata dal materiale detritico e vegetale eventualmente accumulato.

Per quanto riguarda il locale centrale, questo ricade al di fuori delle aree a pericolosità media o bassa ex Art. 37, anche se permane un rischio, molto basso, che si verifichino piccoli e localizzati scaricamenti nevosi. Per mitigare del tutto tale rischio, è consigliabile realizzare il locale in posizione addossata al versante o seminterrata, raccordando il tetto del locale al versante retrostante mediante un riporto di terreno opportunamente profilato e inerbito.

Ogni altro tipo di rischio (frane, colate) è trascurabile.

Ipotesi 2

Anche nell'ipotesi 2 i rischi in fase di esercizio sono molto bassi o trascurabili e valgono le stesse considerazioni fatte in precedenza. Permane un rischio medio di caduta massi, accentuato dal fatto che la condotta corre immediatamente alla base delle pareti su cui sono presenti le aree sorgente, tuttavia il fatto che la condotta sarà interrata non comporta problemi particolari da questo punto di vista.

Potrebbe sussistere un rischio più elevato solamente qualora fossero necessari interventi di manutenzione alla condotta che comportino l'apertura di un cantiere stabile.

Ogni altro tipo di rischio (frane, colate) è trascurabile.

5.3 Misure di mitigazione dei rischi

Nell'ipotesi 1 non sono necessarie misure particolari di mitigazione, ad eccezione della possibile protezione del locale centrale da scaricamenti nevosi, attraverso una sua realizzazione in posizione seminterrata e la realizzazione di un terrapieno di raccordo al versante soprastante.

Nell'ipotesi 2, è necessario minimizzare il rischio di caduta massi dalle pareti soprastanti la condotta, che interessa lo sviluppo dell'opera in fase esecutiva, attraverso interventi di disaggio preventivo e attraverso la stabilizzazione in sito dei volumi che non possono essere asportati o demoliti. Tali interventi richiedono la realizzazione di un progetto specifico, per l'individuazione delle misure più opportune da adottare.

5.4 Tabelle di sintesi

Dall'analisi sopra esposta emerge come, durante la fase costruttiva, alcuni rischi abbiano un impatto maggiore di altri, in relazione alle modalità e alla tempistica di realizzazione delle opere, nonché alle caratteristiche costruttive dell'impianto.

In linea generale, i rischi legati ai fenomeni superficiali (debris flow, attività torrentizia, valanghe, ecc.) sono trascurabili sia in fase costruttiva sia in fase di esercizio, con la sola esclusione del rischio di caduta massi che non è trascurabile nell'ipotesi 2.

I rischi in fase di esercizio sono invece molto bassi o trascurabili in entrambe le soluzioni.

Le due soluzioni si differenziano nettamente in termini di fattibilità, per alcune difficoltà esecutive che caratterizzano l'ipotesi 2, come sintetizzato di seguito.

Le tabelle di sintesi presentate di seguito tengono conto, nella quantificazione del fattore "probabilità", del periodo temporale relativamente breve che caratterizza la fase di realizzazione del progetto.

È comunque chiaro che i fenomeni stagionali (es. valanghe) hanno una ricorrenza piuttosto ravvicinata e quindi in ogni caso una probabilità di accadimento significativa, che diventa quasi certezza a medio-lungo termine.

La colorazione semaforica delle tabelle aiuta a valutare i rischi nel loro insieme:

- il rosso implica la necessità di adottare contromisure (nessun giudizio è dato sulla loro efficacia);
- il giallo indica la probabilità di dover adottare contromisure;
- il verde indica che non saranno probabilmente necessarie contromisure.

Gli impatti correlati alle varie tipologie di rischio sono quindi diversi per le due soluzioni progettuali analizzate e tra la fase di cantierizzazione e quella di esercizio, come si può vedere dalle tabelle sottostanti.

FASE DI ESERCIZIO	Ipotesi 1			Ipotesi 2		
	P	I	R	P	I	R
Attività torrentizia	1	1	1	1	1	1
Colate detritiche	1	1	1	1	1	1
Valanghe	1	1	1	1	1	1
Caduta massi	1	1	1	2	2	4
Frane superficiali	1	1	1	1	1	1
Scavo in materiali sciolti	3	1	3	3	1	3
Eterogeneità litologica	2	1	2	3	2	6
Presenza di acqua	1	1	1	1	1	1
Interventi di demolizione in roccia	1	1	1	2	2	4

Tab. 3 – Matrice di analisi dei rischi in fase costruttiva per le due soluzioni ipotizzate.

FASE DI ESERCIZIO	Ipotesi 1			Ipotesi 2		
	P	I	R	P	I	R
Attività torrentizia	1	1	1	1	1	1
Colate detritiche	1	1	1	1	1	1
Valanghe	2	1	2	1	1	1
Caduta massi	1	1	1	2	1	2
Frane superficiali	1	1	1	1	1	1

Tab. 4 – Matrice di analisi dei rischi in fase di esercizio per le due soluzioni ipotizzate e per l'area della centrale elettrica.

5.5 Incidenza dei rischi sulla fattibilità delle opere

L'insieme delle considerazioni esposte nei paragrafi precedenti porta alla sintesi presentata nella sottostante Tab. 5, che esprime una valutazione generale sulla fattibilità delle diverse opere, in relazione ai rischi che le contraddistinguono, sia in fase esecutiva che in fase di esercizio.

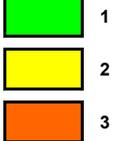
Dalla tabella emerge come la **soluzione 1** sia quella che presenta le criticità minori, poiché, in definitiva non sussistono criticità di rilievo, al di là di un eventuale limitato rischio nei confronti dei fenomeni valanghivi, che si esprime attraverso la potenziale limitazione all'accessibilità in determinati periodi dell'anno e per condizioni di innevamento specifiche, e che può essere gestibile mediante la chiusura al transito della pista se le condizioni lo richiedono.

La **soluzione 2**, per contro, pur se caratterizzata da rischi analogamente bassi in fase di esercizio, presenta rischi maggiori in fase esecutiva in relazione a possibili fenomeni di caduta massi.

Tale soluzione implica inoltre un rischio maggiore di provocare cadute accidentali di massi sulla podereale sottostante in fase di scavo e presenta diverse difficoltà esecutive aggiuntive tra cui, come sintetizzato nella tabella seguente:

- la sicurezza e la stabilità degli scavi;
- il maggiore impatto ambientale;
- i maggiori oneri esecutivi;
- l'accessibilità e la possibilità di eseguire la manutenzione.

In conclusione, riteniamo che sulla base dell'analisi svolta la Soluzione 1 sia quella che presenta minori ostacoli, soprattutto in relazione alla durabilità dell'opera e ai rischi trascurabili che contraddistinguono la fase di realizzazione.

FATTIBILITÀ	Ipotesi 1	Ipotesi 2	
Attività torrentizia	1	1	
Colate detritiche	1	1	
Valanghe	1	1	
Caduta massi	1	2	
Frane superficiali	1	1	
Scavo in materiali sciolti	1	2	
Eterogeneità litologica	1	1	
Presenza di acqua	1	1	
Interventi di demolizione in roccia	1	2	
Lunghezza scavi	1	2	
Interferenza con pista poderale	1	2	
Inaccessibilità temporanea	2	2	
Taglio alberi	1	2	
Difficoltà di manutenzione	1	1	
			

LEGENDA

- 1: FATTIBILE – gli elementi di rischio nei confronti dell'opera sono trascurabili
 2: FATTIBILE CON CONTROMISURE - l'opera è fattibile mediante l'adozione di opportune soluzioni progettuali
 3: FATTIBILITÀ CRITICA – gli elementi di rischio sono tali da condizionare fortemente la fattibilità e/o l'operatività dell'opera

Tab. 5 – Analisi di fattibilità delle opere in relazione alle diverse tipologie di rischio attese.

6 CONCLUSIONI

In base ai risultati dello studio eseguito è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- L'ipotesi di progetto denominata "Ipotesi 1", con centralina elettrica prevista a fianco della vasca di regimazione esistente in località Chavonnette e pista di accesso realizzata a partire dalla poderale proveniente dalla frazione Baulin, risulta essere, in base all'analisi dei rischi, la soluzione che presenta le minori difficoltà dal punto di vista esecutivo e della sicurezza.
- L'Ipotesi 1 è inoltre l'unica delle due considerate a essere esente dal rischio di caduta massi, in base alle simulazioni effettuate.
- Le verifiche di stabilità eseguite su due sezioni-tipo di progetto, indicano che nei terreni glaciali a grossi blocchi in cui si prevede di realizzare la pista di accesso le scarpate di scavo risultano stabili per angoli $\leq 43^\circ$. Sbancamenti con angolo di scarpa superiore a 43° dovranno essere sostenuti. Le stesse verifiche hanno mostrato come la stabilità del complesso pista/pendio soddisfi i criteri della normativa vigente.