



Comune  
di Ollomont

COMMITTENTE



Compagnia Energetica Alto Buthier S.r.l.

Frazione La Chenal, 6  
11010 Doues (AO)



OGGETTO

REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA  
IN COMUNE DI OLLOMONT

PROGETTO DEFINITIVO

DATA: DICEMBRE 2019

AGG:

SCALA:

RIF.TO: BJ 05

RELAZIONE  
GEOLOGICA  
E STUDIO DI  
COMPATIBILITA'

D.RGEO

Joël Créton  
i n g e g n e r e

Via Malherbes, 8 - 11010 Aosta (AO)  
Tel. 0165.548844  
Fax. 0165.548844  
joelc@tiscali.it



faber ingegneria  
associazione professionale  
Via Malherbes, 8  
11100 Aosta (AO)  
Tel. 0165.548844  
Fax. 0165.548844  
magliano@faberingegneria.it



**Dr. Geologo Roby VUILLERMOZ**

Partita IVA 00621420074

Tel 016541854 - 3358079496

- Fax 0165369567

- e-mail: [studio@vuillermoz.it](mailto:studio@vuillermoz.it)

rue Charrey, 6 – 11100 AOSTA (AO)

C.F. VLL RBY 69A25 A326A



Regione Autonoma Valle d'Aosta  
Comune di Ollomont  
Région Autonome Vallée d'Aoste  
Commune de Ollomont

*Intervento di realizzazione di un  
impianto idroelettrico  
in località Vouèce*

**PROGETTO MUNICIPALE**

- **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**
- **MODELLAZIONE SISMICA**
- **STUDIO DI COMPATIBILITÀ**

**Committente:**  
*C.E.A.B. s.r.l.*  
**Commessa:**  
*19196RG*  
**Emissione:**  
*dicembre 2019*  
**Versione:**  
*1*





# SOMMARIO

<b>1. GENERALITÀ.....</b>	<b>6</b>
1.1 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA.....	6
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>7</b>
2.1 OPERA DI PRESA E VASCA DI CARICO.....	7
2.2 CONDOTTA FORZATA .....	7
2.3 CENTRALE DI PRODUZIONE E CANALE DI RESTITUZIONE .....	7
2.4 CAVIDOTTO ELETTRICO E CABINA DI CONSEGNA .....	7
<b>3. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>15</b>
<b>4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....</b>	<b>23</b>
4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA .....	23
4.2 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA.....	24
4.3 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE.....	24
4.4 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA .....	25
4.5 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA.....	26
4.6 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	28
4.6.1 <i>Catasto Dissesti Regionale SCT</i> .....	28
4.6.2 <i>PAI</i> .....	35
4.6.3 <i>Studi di bacino</i> .....	36
4.6.4 <i>Studio Università di Trento - DICAM</i> .....	37
4.6.5 <i>Valanghe</i> .....	41
4.6.6 <i>Analisi conclusiva</i> .....	44
<b>5. AMBITI INEDIFICABILI E VINCOLI TERRITORIALI .....</b>	<b>44</b>
<b>6. MODELLAZIONE SISMICA .....</b>	<b>55</b>
6.1 PREMESSE .....	55
6.2 DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO .....	57
6.3 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	59
6.4 DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI.....	60
6.5 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	65
6.5.1 <i>Indagine geofisica tramite tecnica HVSR</i> .....	66
6.5.2 <i>Analisi dei risultati dell'indagine HVSR</i> .....	68
6.5.3 <i>Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss</i> .....	68
6.5.4 <i>Coefficiente di amplificazione topografica St</i> .....	69
6.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO .....	70
6.6.1 <i>Stabilità alla liquefazione</i> .....	71
<b>7. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>71</b>
<b>8. PORTATE DI PIENA.....</b>	<b>73</b>
<b>9. VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>	<b>73</b>
<b>10. VERIFICHE DI CADUTA MASSI – ROCKYFOR3D .....</b>	<b>73</b>
10.1 GENERALITÀ .....	75
10.2 IL MODELLO ROCKYFOR3D.....	76
10.2.1 <i>Algoritmi di calcolo</i> .....	76
10.2.2 <i>Traiettorie di caduta</i> .....	77
10.2.3 <i>Dissipazione dell'energia</i> .....	78
10.2.4 <i>Calcolo della velocità di caduta</i> .....	79
10.2.5 <i>Impatto con la foresta</i> .....	80
10.2.6 <i>Limitazioni del modello</i> .....	80
10.3 RASTER DI INPUT E DI OUTPUT DELLA SIMULAZIONE CON ROCKYFOR3D.....	80
10.3.1 <i>Files di input</i> .....	81

10.3.2	<i>Simulazioni con popolamento forestale</i> .....	82
10.3.3	<i>Simulazioni con opere di difesa</i> .....	82
10.4	IMPOSTAZIONI DELLA SIMULAZIONE .....	82
10.5	FILES DI OUTPUT.....	87
10.5.1	<i>Simulazione situazione attuale – 1 mc</i> .....	88
10.5.2	<i>Simulazione situazione di progetto con il riporto di materiale a tergo della centrale per accentuare il displuvio – 1 mc</i> .....	96
10.6	CONCLUSIONI VERIFICHE 3D .....	103
<b>11.</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ: SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE.....</b>	<b>107</b>
<b>12.</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ: VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI</b>	<b>108</b>
12.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) .....	109
12.1.1	<i>Azioni</i> .....	110
12.1.2	<i>Resistenze</i> .....	110
12.2	STABILITÀ DEI PENDII NATURALI .....	110
12.2.1	<i>Prescrizioni generali</i> .....	111
12.2.2	<i>Modellazione geologica del pendio</i> .....	111
12.2.3	<i>Modellazione geotecnica del pendio</i> .....	111
12.2.4	<i>Verifiche di sicurezza</i> .....	112
12.2.5	<i>Interventi di stabilizzazione</i> .....	112
12.2.6	<i>Controlli e monitoraggio</i> .....	112
12.3	BACK ANALYSIS E VALORI CARATTERISTICI.....	113
12.3.1	<i>Sezione BB – back analysis</i> .....	114
<b>13.</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ: SIMULAZIONI.....</b>	<b>115</b>
13.1	FRONTI DI SCAVO E RILEVATI .....	115
13.2	VALORI CARATTERISTICI.....	116
13.3	CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA .....	117
13.4	AZIONI SISMICHE.....	118
13.4.1	<i>Azioni sismiche in fase di scavo</i> .....	120
13.4.2	<i>Azioni sismiche in fase di progetto</i> .....	121
13.5	SITUAZIONE DI PROGETTO .....	122
13.6	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO .....	123
13.6.1	<i>Impostazione del modello – scavo per la realizzazione della centrale</i> .....	124
13.6.2	<i>Valori di riferimento del modello geologico considerato – scavo per la realizzazione della centrale</i> 124	
13.6.3	<i>Verifiche in fase di scavo – sezBB – Condizioni statiche</i> .....	128
13.6.4	<i>Verifiche in fase di scavo – sezBB – Condizioni sismiche</i> .....	130
13.6.5	<i>Verifiche in fase di scavo con opere provvisorie – sezBB – Condizioni statiche</i> .....	132
13.6.6	<i>Verifiche in fase di scavo con opere provvisorie – sezBB – Condizioni sismiche</i> .....	134
13.7	VERIFICHE DI STABILITÀ NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO .....	136
13.7.1	<i>Impostazione del modello – centrale</i> .....	136
13.7.2	<i>Valori di riferimento del modello geologico considerato – centrale</i> .....	137
13.7.3	<i>Verifiche centrale – sezBB – Condizioni statiche</i> .....	140
13.7.4	<i>Verifiche centrale – sezBB – Condizioni sismiche</i> .....	142
13.7.5	<i>Risultati delle verifiche</i> .....	144
<b>14.</b>	<b>GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</b>	<b>144</b>
14.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	144
14.2	SOTTOPRODOTTO .....	144
14.1	UTILIZZO NEL SITO DI PRODUZIONE DELLE TERRE E ROCCE ESCLUSE DALLA DISCIPLINA RIFIUTI.....	145
14.2	PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALLA DISCIPLINA DEI RIFIUTI.....	146
14.2.1	<i>Descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo</i> .....	146
14.2.2	<i>Inquadramento ambientale del sito</i> .....	146
14.2.3	<i>Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguire nella fase di progettazione esecutiva</i> .....	147
<b>15.</b>	<b>SPECIFICO STUDIO SULLA COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON LO STATO DI DISSESTO ESISTENTE E SULL'ADEGUATEZZA DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA IN</b>	

<b>ATTO E DI QUELLE CONSEGUIBILI CON LE OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO NECESSARIE .....</b>	<b>150</b>
<b>16. CONFORMITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>167</b>
<b>17. CONCLUSIONI.....</b>	<b>170</b>

## **1. GENERALITÀ**

Su incarico del committente è stata eseguita un'indagine geologico-tecnica riguardante il progetto di realizzazione di un impianto idroelettrico in località Vouèce, nel comune di Ollomont.

Al fine di raggiungere la piena conoscenza dell'area oggetto dell'opera, si è proceduto all'esecuzione di una campagna di rilievi, all'analisi delle fotografie aeree disponibili ed allo studio della letteratura esistente circa il sito in questione.

Il contenuto della presente è conforme a:

- D.M. 11.03.88 – *"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. 17.01.18 – Aggiornamento delle *"Norme tecniche per le costruzioni"*;
- CIRCOLARE n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP con oggetto: *Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*;
- Legge regionale 6 aprile 1998, n. 11 e s.m.i. – *Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta*;
- Deliberazione della Giunta regionale n. 2939 del 10 ottobre 2008 – *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 – e s.m.i.*;
- Legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 e s.m.i. – *Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche*.

### **1.1 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA**

Per la stesura della presente relazione si è consultata la seguente documentazione:

- Ambiti inedificabili del comune di Ollomont;
- Studio di bacino del torrente Gaoula (Buthier 1B);
- Studio di bacino del torrente Berruard (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Colombe (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Berrio (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Lagobin (Buthier 1B);
- Ricostruzione dell'evento di dissesto dell'agosto 2017 – DICAM Università di Trento.



## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il settore comprendente le opere in progetto, individuato sulla planimetria catastale del comune di Ollomont, si estende dalla località Crottes, ad una quota indicativa di 1.760 m s.l.m. in corrispondenza dell'opera di presa sul torrente "Eaux Blanches" (coordinate UTM x.368907, y.5082132), alla località Mont-Rion, ad una quota indicativa di 1.380 m s.l.m. in corrispondenza della cabina di consegna dell'energia elettrica.

### **2.1 OPERA DI PRESA E VASCA DI CARICO**

Il settore ove è prevista la realizzazione dell'opera di presa e della vasca di carico, individuato sulla planimetria catastale del comune di Ollomont, è situato in località Buthier, ad una quota di circa 1.760 m s.l.m..

L'area insiste su di un settore acclive, posto all'interno dell'alveo del torrente Eaux-Blanches e nei settori adiacenti posti in sinistra idrografica.

### **2.2 CONDOTTA FORZATA**

Il settore ove si realizzerà la condotta forzata, individuato sulla planimetria catastale del comune di Ollomont, è compreso tra le località Crottes e Barliard, ad una quota compresa tra 1.760 m e 1.590 m s.l.m..

La condotta si sviluppa dapprima sul versante, su di un settore mediamente acclive sino alla località Glacier, in corrispondenza della quale la stessa raggiungerà il settore di fondovalle; da qui, sino al settore posto a monte della località Barliard, essa si svilupperà in corrispondenza dei conoidi dei torrenti Gaoula e Berruard, caratterizzati da acclività moderata, attraversando anche l'alveo del torrente Buthier d'Ollomont.

### **2.3 CENTRALE DI PRODUZIONE E CANALE DI RESTITUZIONE**

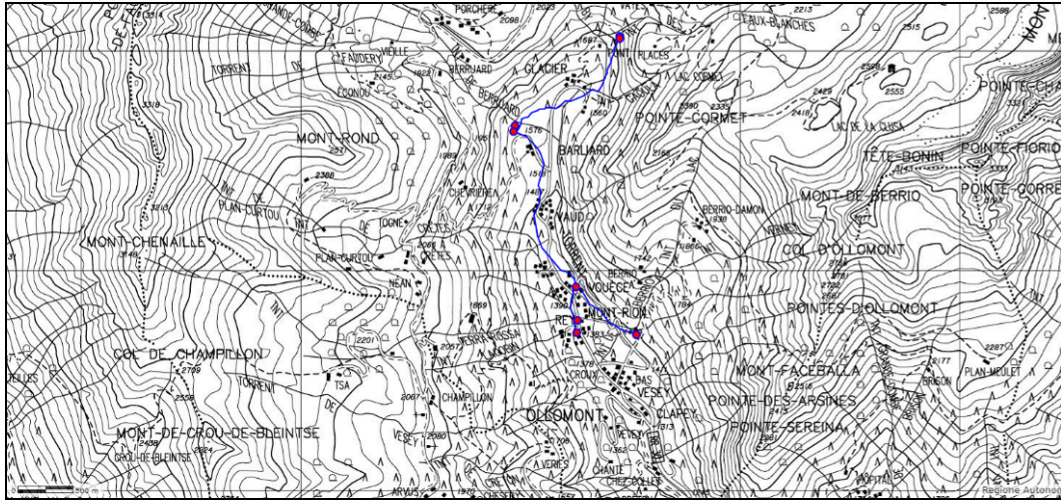
Il settore ove sorgerà la centrale di produzione, individuato sulla planimetria catastale del comune di Ollomont, è situato in località Vouèce, ad una quota di circa 1.400 m s.l.m..

L'area insiste su di un settore moderatamente acclive, posto al piede del versante della Pointe Cornet ed in prossimità dell'alveo del torrente Buthier d'Ollomont, in sinistra idrografica.

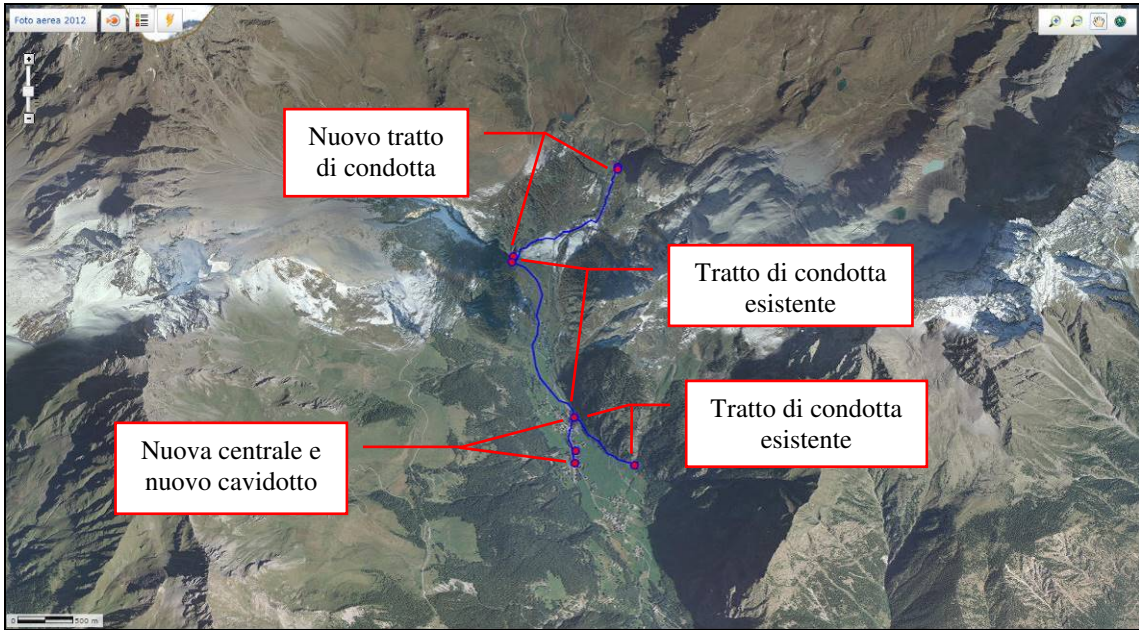
### **2.4 CAVIDOTTO ELETTRICO E CABINA DI CONSEGNA**

Il settore ove si prevede la realizzazione del cavidotto elettrico e della cabina di consegna, individuato sulla planimetria catastale del comune di Ollomont, è situato in località Mont-Rion, ad una quota compresa tra 1.380 m e 1.400 m s.l.m..

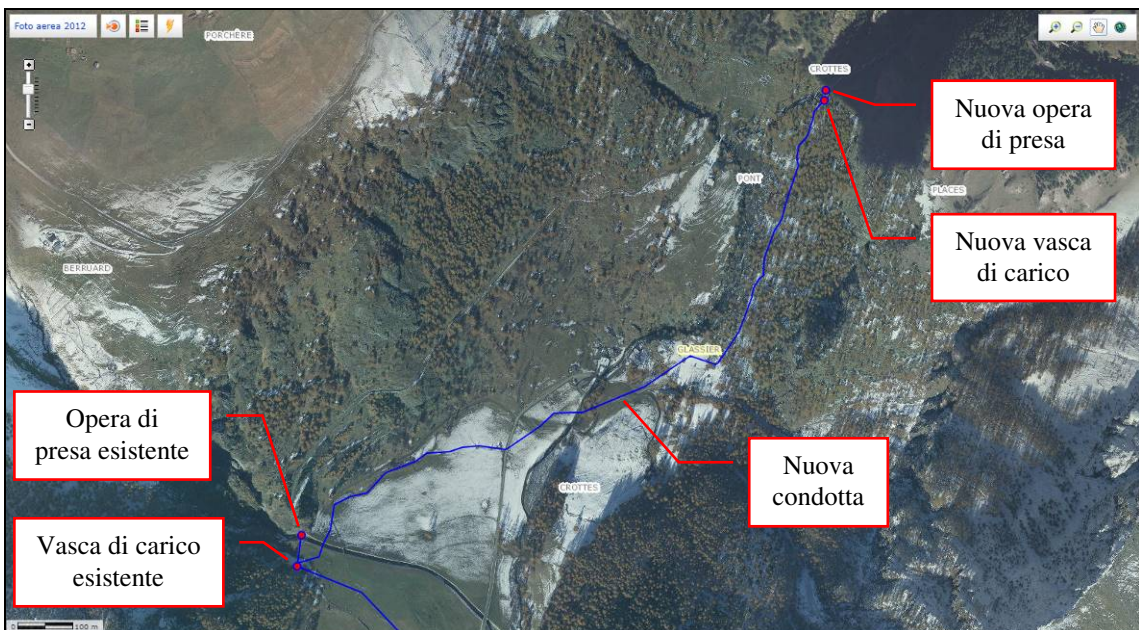
L'area insiste su di un settore sub-pianeggiante, posto in prossimità dell'alveo del torrente Buthier d'Ollomont, in sinistra idrografica.



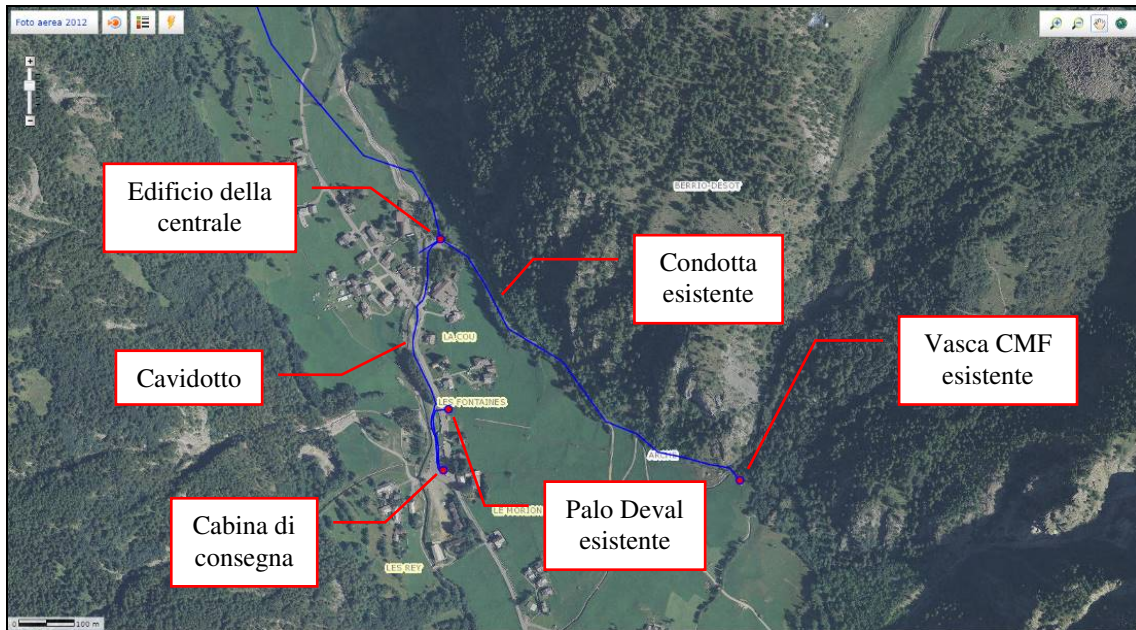
*Corografia su base C.T.R. – GeoNavigator – sito web RAVA*



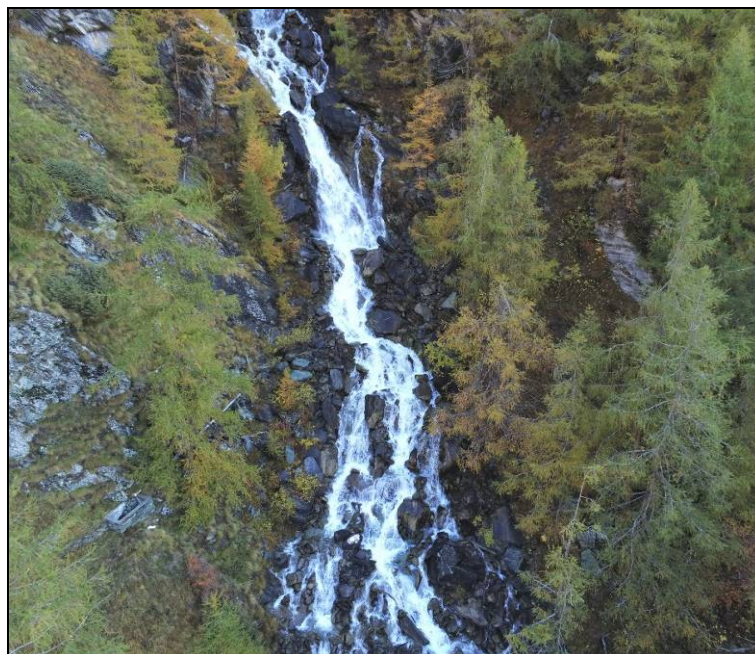
*Corografia su base Ortofoto – GeoNavigator – sito web RAVA*



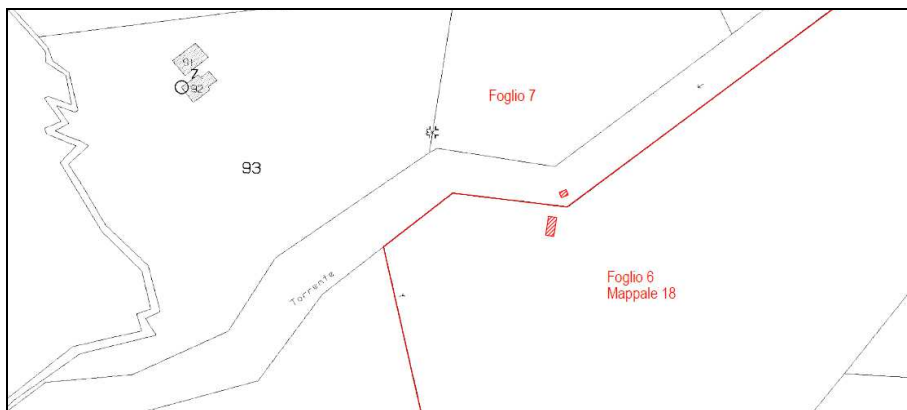
*Indicazione delle opere su base Ortofoto*



*Indicazione delle opere su base Ortofoto*



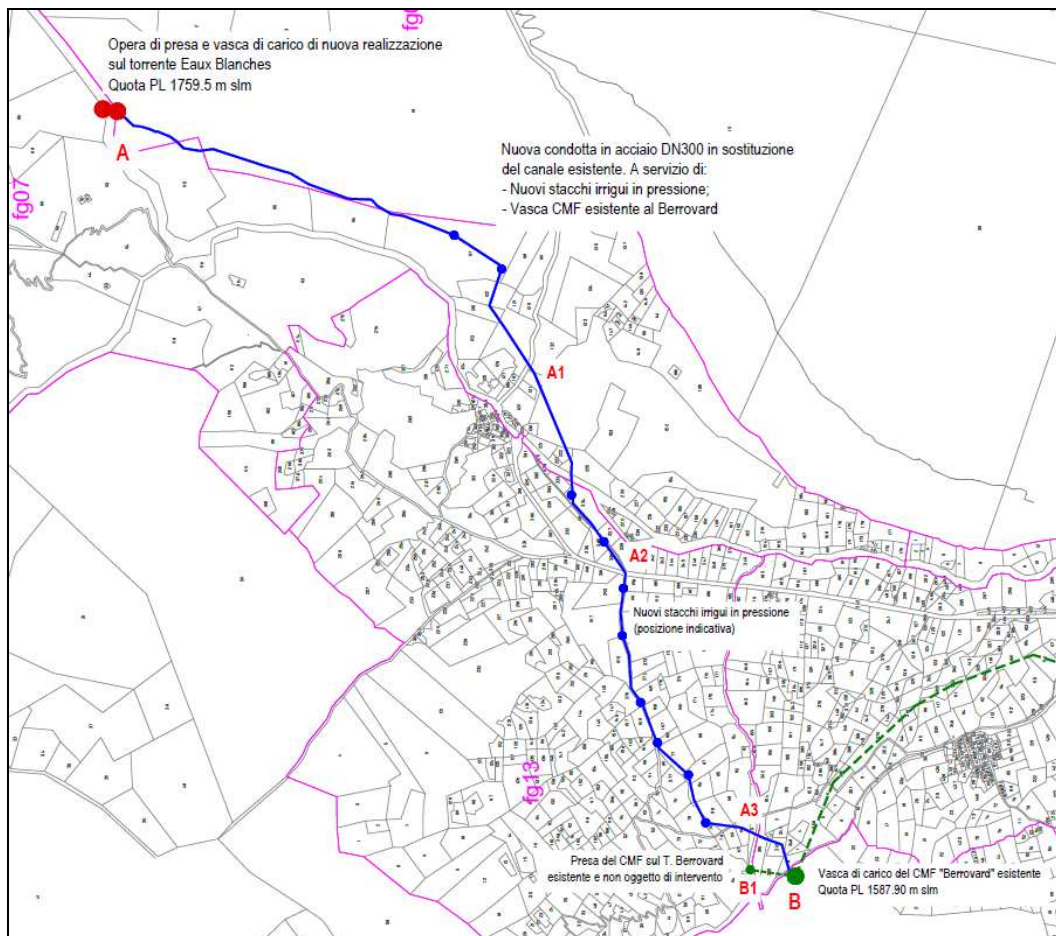
*Vista del settore di realizzazione dell'opera di presa*



*Inquadramento dell'opera di presa su base catastale*



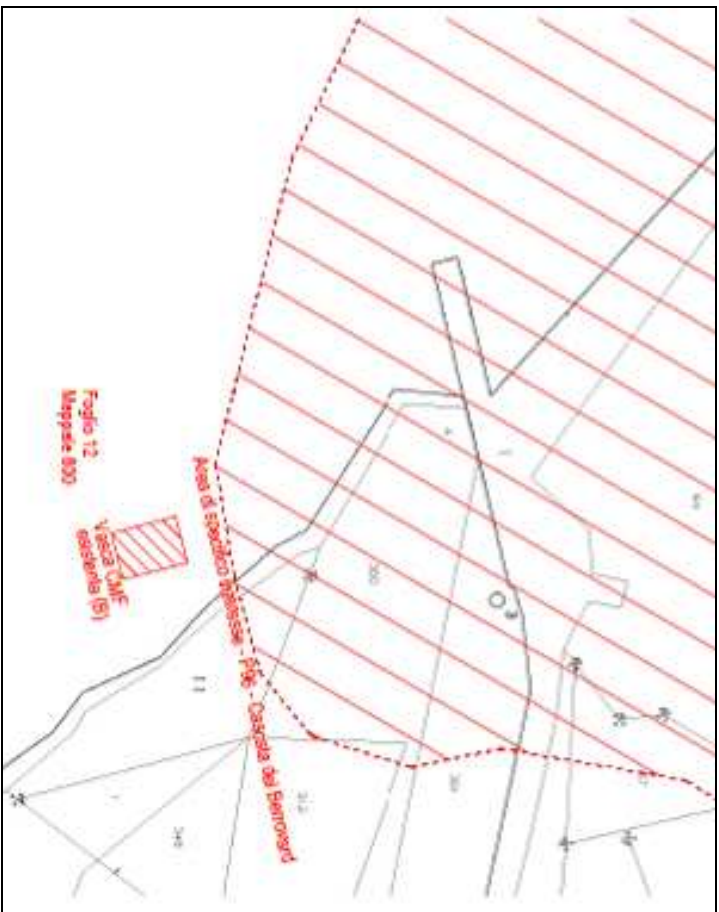
*Vista del settore di realizzazione della condotta forzata*



*Inquadramento della condotta forzata su base catastale*



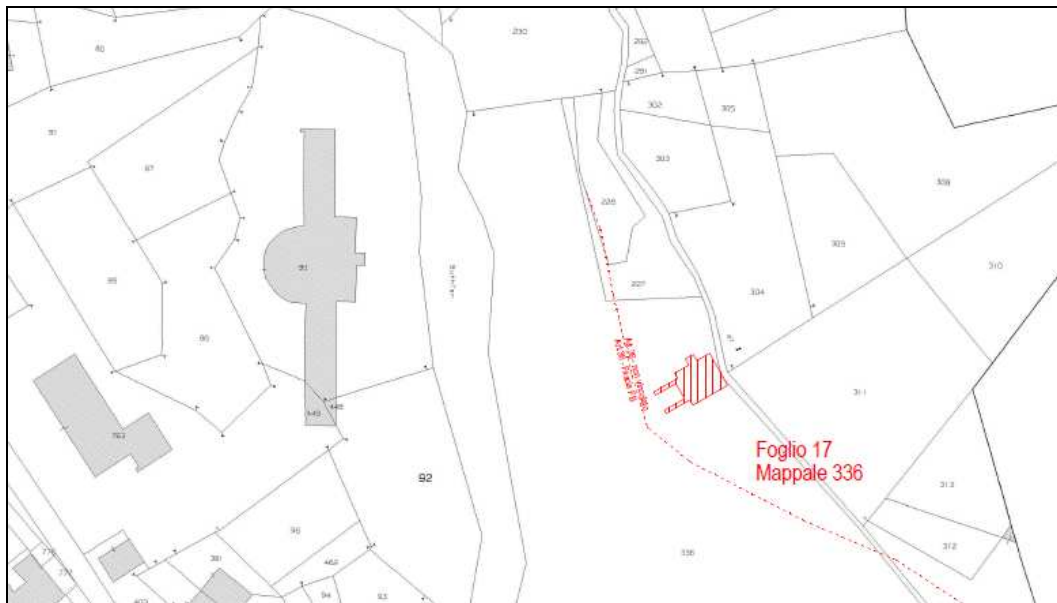
*Vista della vasca esistente*



*Inquadramento della vasca di Bertovard su base catastale*



*Vista del settore di realizzazione della centrale di produzione*

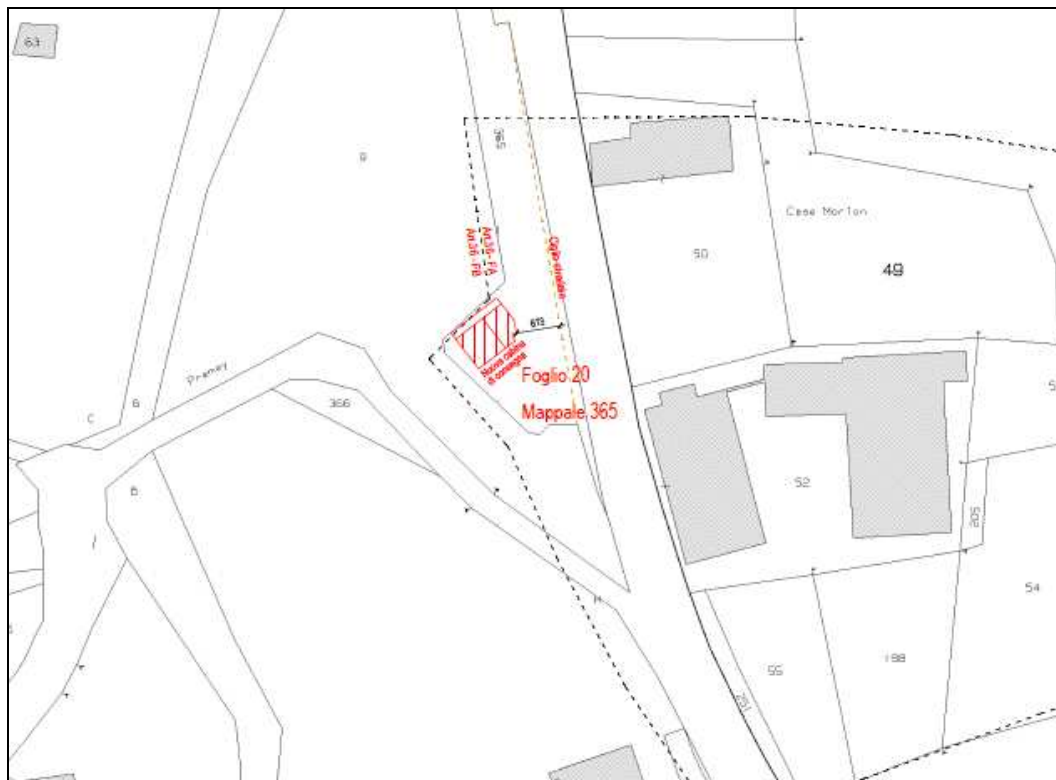


*Inquadramento della centrale di produzione su base catastale*





*Vista del settore di realizzazione della cabina di consegna*



*Inquadramento della cabina di consegna su base catastale*



### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

In base a quanto risulta dagli elaborati del progetto eseguito dall'ing. Joel Créton e dall'associazione professionale Faber Ingegneria, di cui si riportano alcuni estratti, si intende realizzare un impianto idroelettrico alimentato dalle acque dei torrenti Eaux-Blanches e Berruard, con centrale in località Vouèce nel comune di Ollomont.

In particolare:

“..."

*Il progetto prevede la realizzazione di un impianto idroelettrico fra le frazioni Berrovard e Vouèce. L'impianto sarà alimentato dalle acque dei torrenti Berrovard ed Eaux Blanches.*

*La scelta di realizzare un impianto idroelettrico sui suddetti corsi d'acqua è discesa sia da condizione idrologiche e morfologiche del pendio in quanto sono disponibili buone quantità di acqua su un versante fortemente acclive, sia dalla presenza di alcune opere su territorio. L'impianto prevede una sola macchina idraulica (turbina Pelton) che sfrutta un salto fiscale di 189.9m.*

*L'opera di presa sul T. Berrovard è già esistente, mentre la presa sul T. Eaux Blanches in progetto è costituita da una griglia coanda in alveo e da una piccola vasca ricavata su in sinistra orografica del torrente stesso. Le acque saranno tributate alla vasca esistente tramite una condotta di nuova realizzazione in acciaio DN300.*

*Entrambe le prese tributano l'acqua derivata alla vasca consortile esistente nei pressi del T. Berrovard, quota pelo libero 1587.9 m s.l.m. Da questa si sfrutterà la condotta esistente che alimenta la vasca esistente del CMF in loc. "Cognein" in sinistra idrografica del torrente Buthier d'Ollomont. Tale condotta crea pertanto un sifone dovendo attraversare aree a quota più bassa rispetto alla quota della vasca di destinazione.*

*La centrale di produzione sarà costruita ex novo in località Vouèce sulla sinistra orografica del T. Buthier di Ollomont. Il locale, che ospiterà la macchina, sarà completamente interrato fatto salvo l'accesso. Le acque turbinate saranno restituite entro il Buthier d'Ollomont poco a valle della centrale stessa tramite una nuova condotta PEAD de 500.*

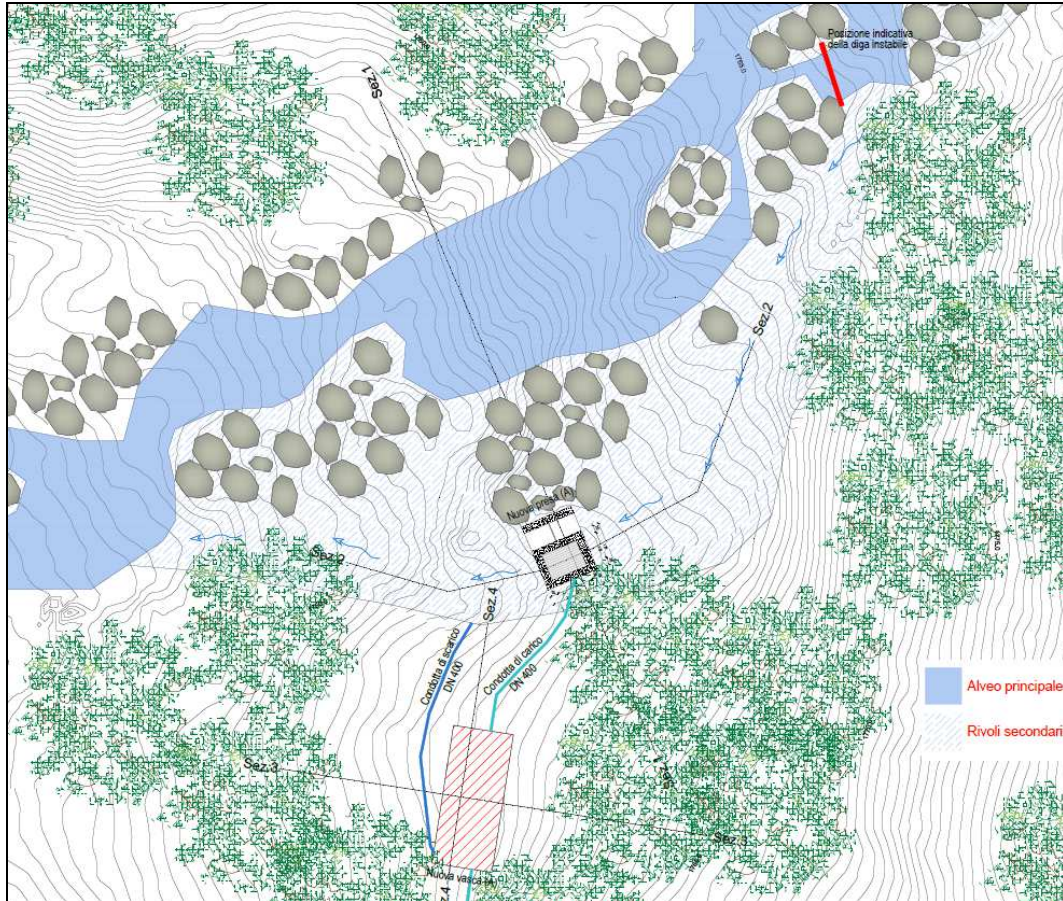
*L'intercettazione della condotta esistente avverrà in apposito pozzetto di nuova realizzazione. Esso sarà nei pressi dell'attuale scarico del sistema a sifone che mette in comunicazione le due vasche. Tale scarico verrà sostituito da quello della centrale.*

*La cabina di consegna MT sarà invece realizzata in loc. Mont-Rion / Rey.*

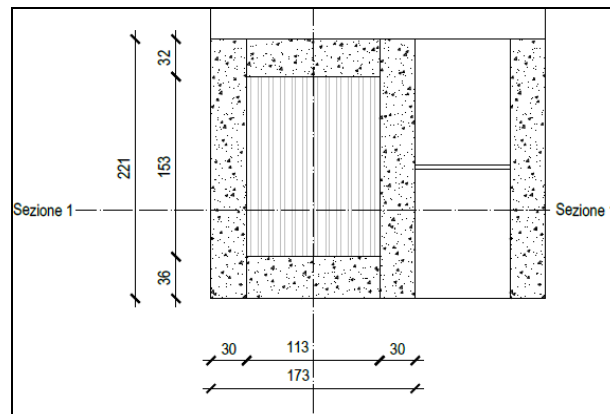
*La scelta di realizzare un impianto idroelettrico sui suddetti corsi d'acqua è discesa sia da condizione idrologiche e morfologiche del pendio in quanto sono disponibili buone quantità di acqua su un versante fortemente acclive, sia dalla presenza di alcune opere su territorio.*

*Principali interventi da effettuare*

- *Realizzazione opera di presa a monte della località Crottes su T. Eaux Blanches (A);*
- *Realizzazione nuova vasca di carico a Crottes (A);*
- *Messa in terra di tubazione in acciaio DN300 fra la nuova presa e la vasca esistente CMF a Berrovard (tratto A-B);*
- *Realizzazione di stacchi consortili a servizio del CMF (tratto A-B);*
- *Innesto della nuova condotta entro la vasca consortile (B);*
- *Realizzazione di locale, in loc. Vouèce, per allocazione centralina e del locale di consegna MT, il fabbricato sarà completamente interrato (C);*
- *Realizzazione di pozzetto per intercettazione della condotta esistente (C);*
- *Messa in terra di tubazione PEAD de500 a pelo libero per il riconvolgimento delle acque nel Buthier di Ollomont (tratto C-C1);*
- *Realizzazione cabina di scambio Produttore / Deval spa in loc. Mont-Rion / Rey (D)*
- *Posa di cavidotto MT di consegna in trincea PVC 160 mm – Impianto di utenza per la connessione (tratto C-D);*
- *Posa di cavidotto MT di consegna in trincea PVC 160 mm – Impianto di rete per la connessione (tratto D-E);*
- *Demolizione cabina a torre Deval in loc. Mont-Rion / Rey (D)*



*Planimetria di progetto – opera di presa sul torrente Eaux-Blanches*

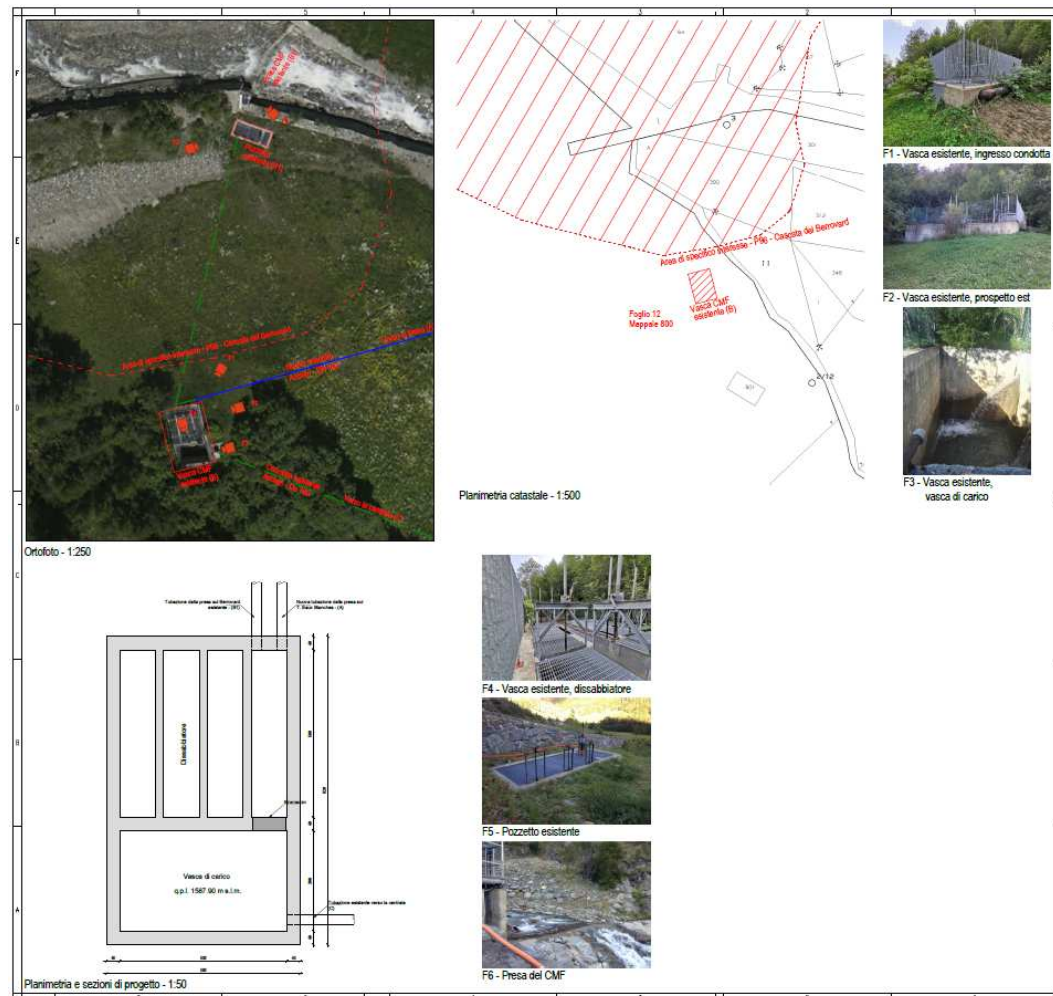


*Pianta di progetto – opera di presa sul torrente Eaux-Blanches*



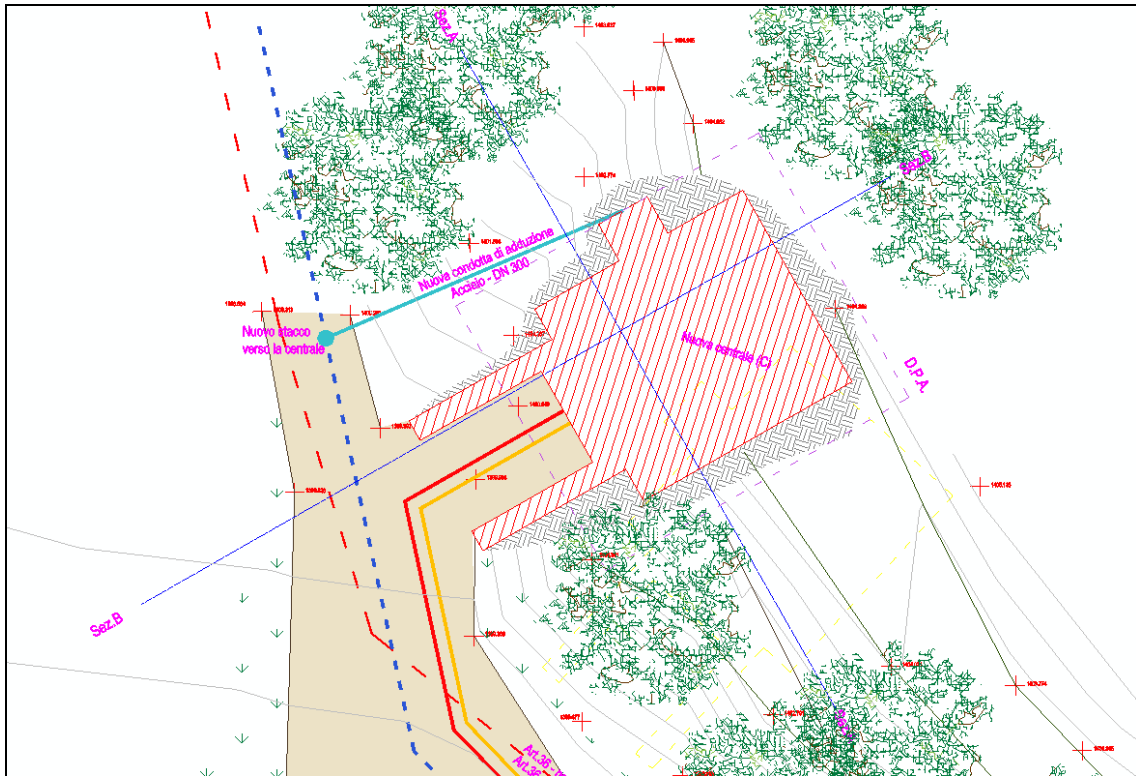


Entrambe le prese tributano l'acqua derivata alla vasca consortile esistente nei pressi del torrente Berruard, quota pelo libero 1.587,9 m s.l.m. Da questa si sfrutterà la condotta, anch'essa esistente, che alimenta la vasca del CMF sita in loc. Cognein, in sinistra idrografica del torrente Buthier d'Ollomont.

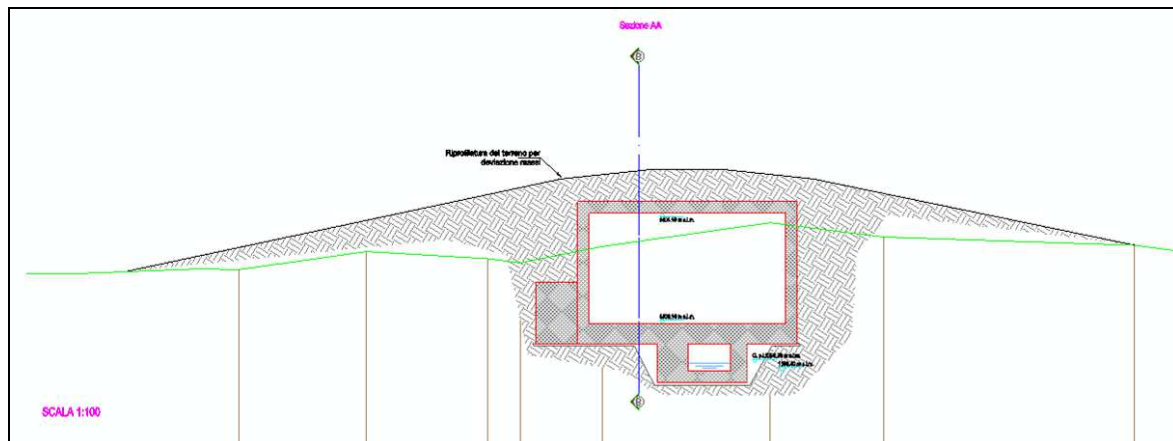


**Vasca di Berruard**

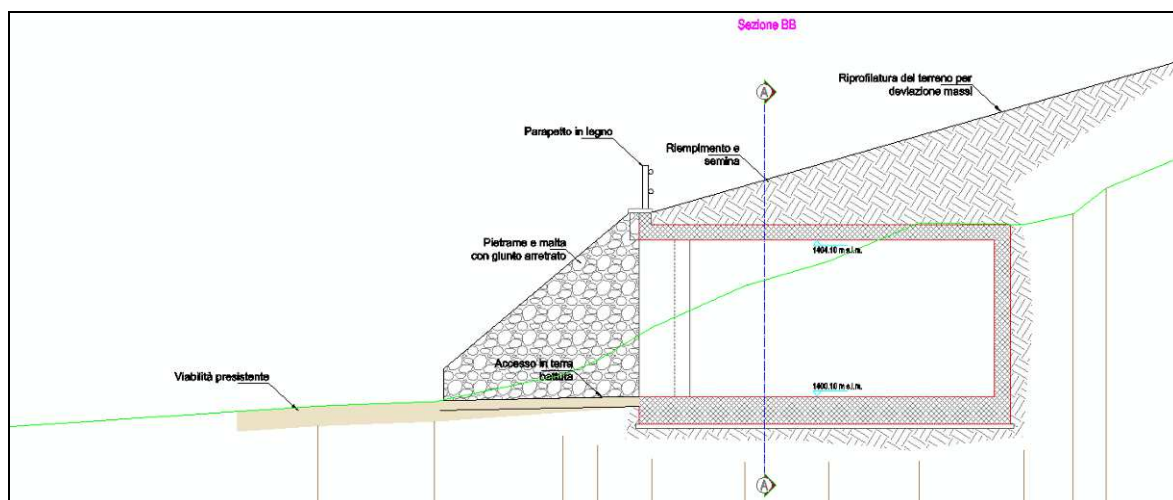
La centrale di produzione sarà costruita ex-novo in località Vouèce, sulla sinistra orografica del torrente Buthier d'Ollomont. Il locale, che ospiterà la macchina, sarà completamente interrato fatto salvo l'accesso. Le acque turbinate saranno restituite entro il Buthier d'Ollomont poco a valle della centrale stessa tramite una nuova condotta PEAD di 500.



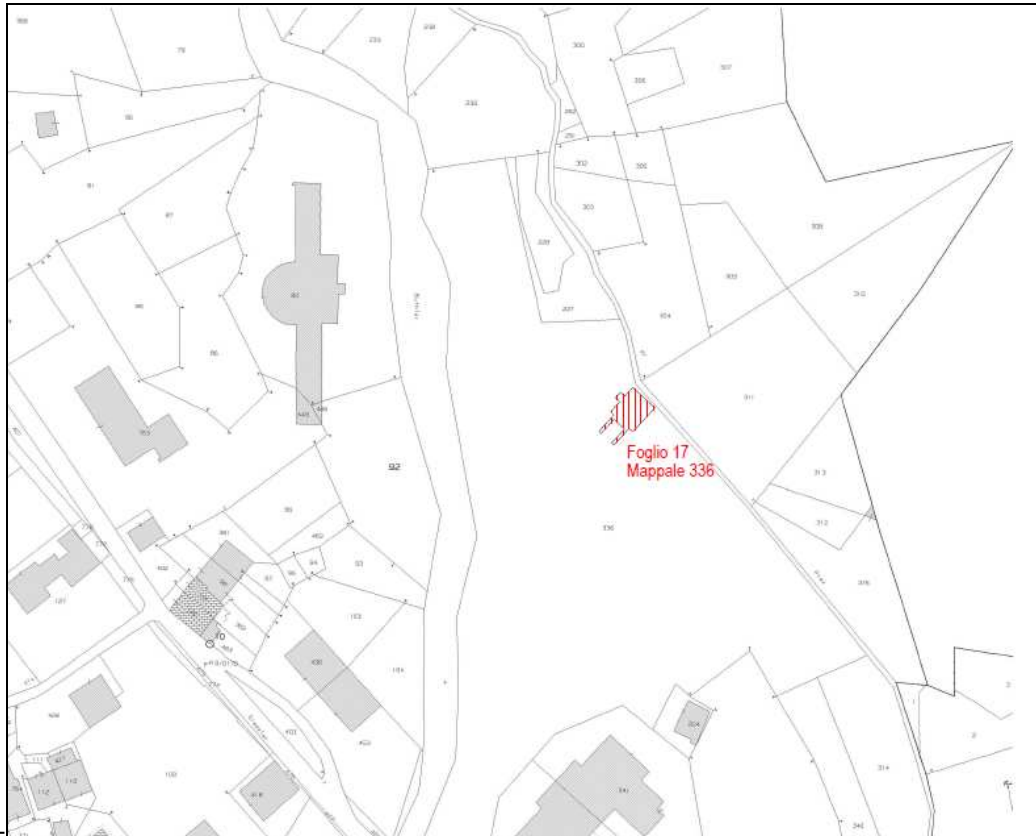
*Planimetria di progetto – edificio della centrale*



*Sezione AA – edificio della centrale*



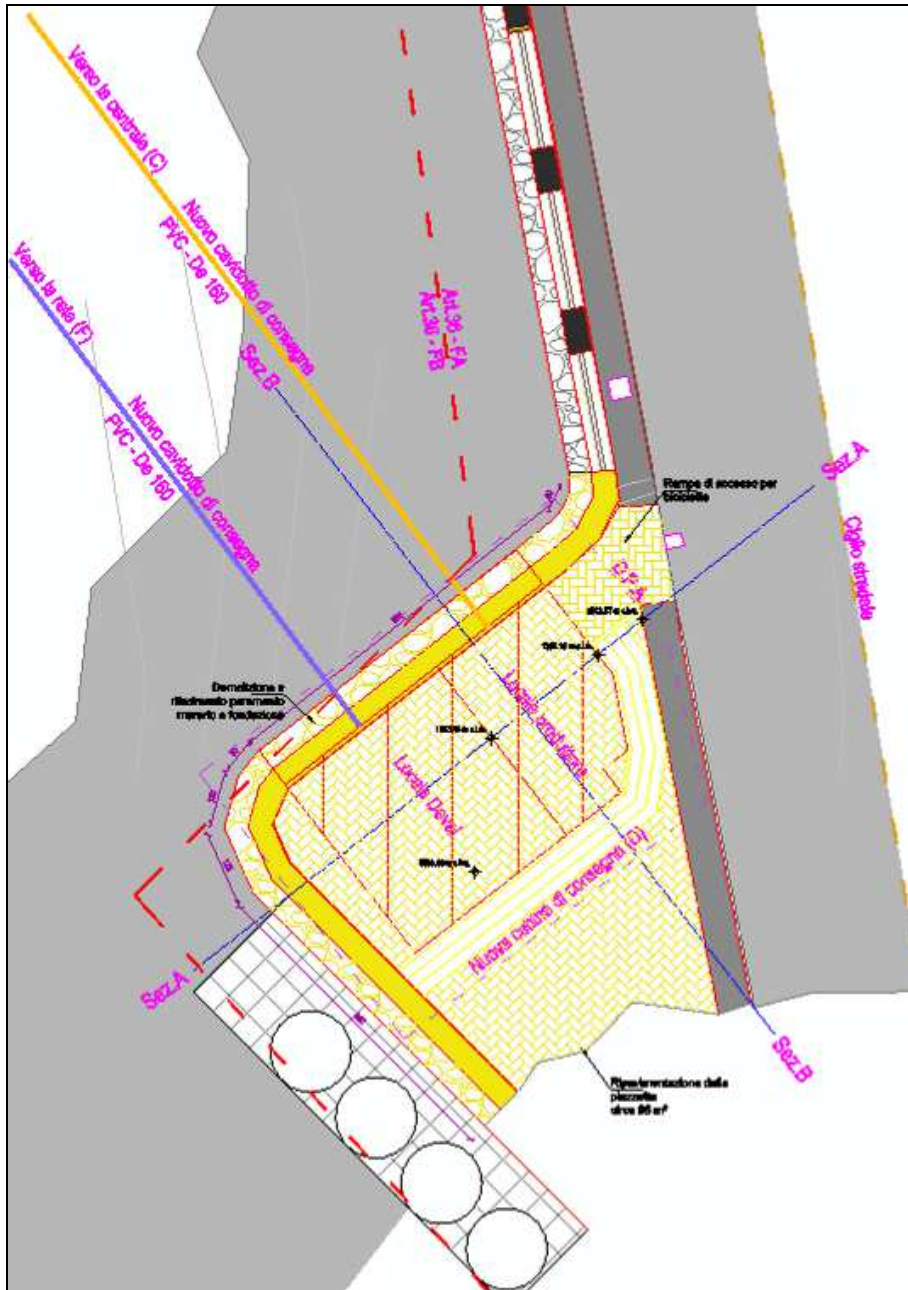
*Sezione BB – edificio della centrale*



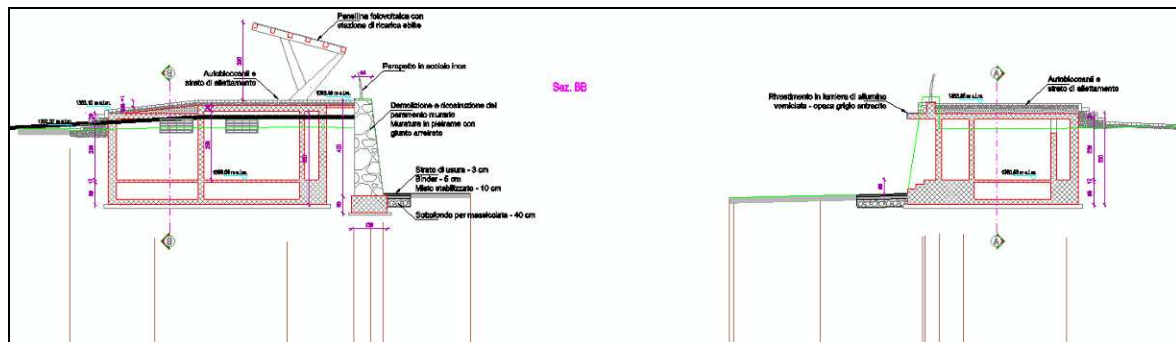
*Inquadramento dell'edificio della centrale su base catastale*

L'intercettazione della condotta esistente avverrà in apposito pozzetto di nuova realizzazione. Esso sarà realizzato nei pressi dell'attuale scarico del sistema a sifone che mette in comunicazione le due vasche (Berruard e Cognein). Tale scarico verrà sostituito da quello della centrale.

La cabina di consegna MT sarà invece realizzata a margine del piazzale sito in località Mont-Rion/Rey.

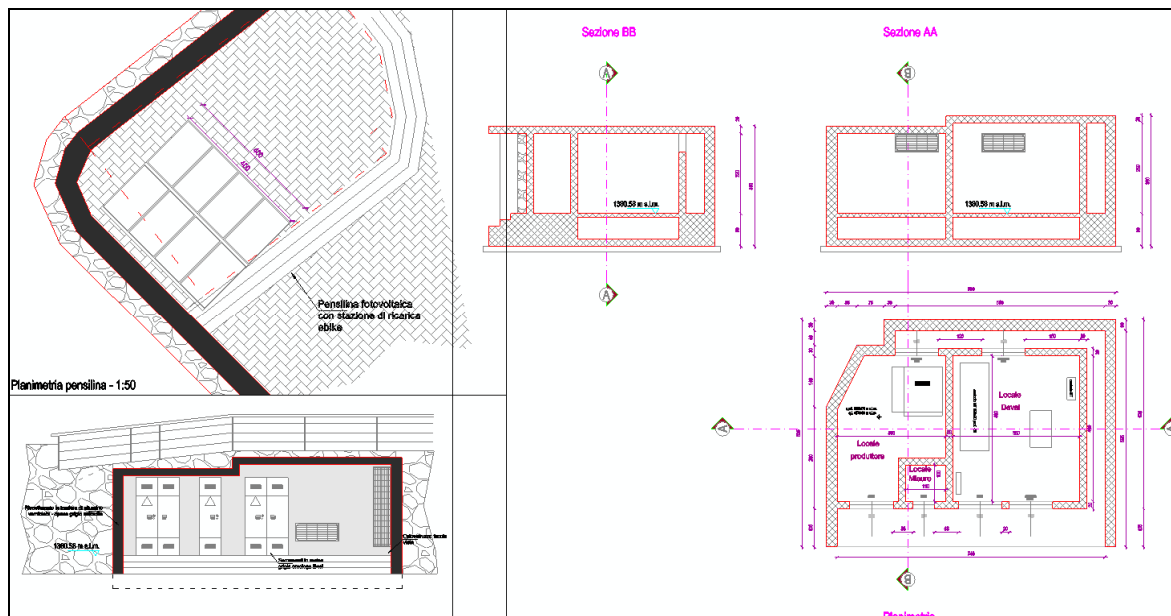


*Planimetria di progetto – cabina di consegna*



*Sezioni – cabina di consegna*





*Planimetria, prospetto e sezioni – cabina di consegna*

Per maggiori ragguagli tecnici si rimanda agli elaborati di progetto.

## 4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

### 4.1 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA

L'intera valle è incisa nella falda composta della Dent Blanche (Lembo Austroalpino superiore) che costituisce un grande lembo isolato poggiante, in contatto tettonico, su calcescisti e pietre verdi Piemontesi dell'unità del Combin, esposti con continuità al suo contorno, dalla valle di Ollomont, al Vallese, alla Valtournenche ed alla valle di Saint Barthélemy. La struttura della regione è particolarmente complicata: Austroalpino e substrato ofiolitico formano insieme una gigantesca piega sinformale il cui asse coincide, grosso modo, con l'asse del torrente Buthier. È questa la ragione del caratteristico e anomalo andamento NE-SW della valle.

I principali litotipi appartengono alle unità di basamento inferiori e sono costituiti in genere da metagranitoidi, da metadioriti e metagabbri anfibolici e da gneiss granitoidi indifferenziati.

La falda della Dent Blanche s.s. è costituita da due principali unità tettoniche, separate da una vasta zona di laminazione meccanica (shear milonitico in facies scisti verdi):

- L'unità superiore (o di Valpelline) affiora nel settore assiale della valle, dunque nell'intero areale di progetto, ribassata al nucleo della grande sinforme, e su parte dei suoi fianchi. Corrisponde ad un frammento di antica crosta continentale profonda ed è costituita da litotipi ad impronta metamorfica pre-alpina di alto grado, in parte perfettamente preservati, facilmente individuabili per la grana vistosa e per la caratteristica patina d'alterazione bruno-rugginosa. Prevalgono i paragneiss a biotite, granato, sillimanite  $\pm$  cordierite, ricchi di letti, sacche e filoni di pegmatiti a feldspato potassico, quarzo e grandi lamine micacee, di origine anatettica. A questi litotipi si associano, con passaggi netti o graduali, i loro derivati metamorfici alpini, dominanti presso il contatto milonitico con la sottostante unità di Arolla. Si tratta di micascisti e tipi filladici plumbei ad

albite, originati dalla retrocessione in facies scisti verdi e dalla trasformazione tessiturale, con sensibile riduzione di grana.

- L'unità inferiore o di Arolla (o di Arolla) è formata da originarie rocce ignee (graniti porfirici, granodioriti) di età tardo-paleozoica, trasformate dall'orogenesi alpina in ortogneiss di vario tipo: prevalgono facies minute albitiche, a due miche, epidoto, clorite, attinoto e stilpnomelano, di colore grigio chiaro o verdolino, talora con occhietti millimetrici di feldspato potassico. Tale unità affiora diffusamente nel vallone della Sassa ed in corrispondenza delle pareti del Mont Gelé.

Nel settore nord-occidentale dell'area le rocce appartengono invece alla "Falda Ofiolitica Piemontese".

L'assetto litologico della zona è schematizzabile in:

- serpentiniti massicce, oficalciti e serpentinoscisti;
- metabasiti (prasiniti e anfiboliti);
- calcescisti grigi con intercalazioni di marmi calcarei micacei.

Le serpentiniti affiorano lungo tutto il settore mediano del versante; a questa litologia si possono associare inoltre degli serpentinoscisti, delle oficalciti e delle breccie serpentinitiche.

Le metabasiti si rilevano come intercalazioni in livelli stratoidi con i calcemicascisti. La paragenesi fondamentale è data da albite, clorite, epidoto, anfibolo verde e biotite.

I calcescisti, costituiti essenzialmente da calcite, mica bianca e grafite, presentano una struttura intensamente laminata con scistosità penetrativa. In alcuni settori si rinvencono locali intercalazioni di marmi calcarei micacei di colore grigio.

#### **4.2 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA**

I depositi quaternari affiorano lungo tutto il versante. Si tratta in prevalenza di coperture detritico-colluviali formate da colluvium di depositi glaciali, costituiti da una classica associazione di blocchi di varia pezzatura e natura immersi in una matrice limoso sabbiosa. Massi erratici e trovanti, sotto forma di blocchi isolati di cospicue dimensioni, si rilevano frequentemente; l'origine di tali blocchi è da correlare al notevole rimaneggiamento subito dai depositi glaciali, ad opera soprattutto delle acque superficiali che hanno dilavato la frazione più fine, lasciando affioranti o subaffioranti i materiali più grossolani.

Lungo il settore pianeggiante più prossimo al torrente Buthier d'Ollomont sono presenti dei depositi alluvionali e fluvioglaciali costituiti classicamente da ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana: questi sono originati dalle esondazioni del torrente stesso. A tale formazione appartengono inoltre dei blocchi metrici arrotondati e di litologia eterogenea, trasportati dal torrente durante gli eventi alluvionali più intensi. Tale formazione poggia su depositi alluvionali antichi, su depositi fluvioglaciali e/o direttamente sul substrato.

Nel settore prossimo ai siti ove verranno realizzate la condotta, la cabina di consegna e la centrale sono presenti depositi di conoide alluvionale e fluvioglaciale, costituiti generalmente da ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, a ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana, a cui si associano blocchi di dimensioni maggiori trasportati dai fenomeni più intensi.

#### **4.3 CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE**

Nel settore dell'opera di presa, i litotipi del basamento prequaternario affioranti sono interessati da un'evoluzione tettonica postmetamorfica (fragile) che determina lo sviluppo

di un reticolo di giunti e fratture che, tuttavia, nel settore in oggetto, non risultano smembrare l'ammasso roccioso.

Negli altri settori non affiora la roccia.

#### 4.4 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

La circolazione idrica del settore avviene principalmente nei materiali sciolti costituenti i depositi glaciali e i depositi detritici e misti e risulta legata alla presenza di livelli impermeabili, costituiti da occasionali intercalazioni limose e dal substrato.

Il regime idrico superficiale è legato alla presenza dei torrenti Eaux-Blanches, Gaoula, Buthier d'Ollomont e Berrio, di canali irrigui, di risorgenze perenni e stagionali, particolarmente copiose nel periodo di fusione della neve ed in corrispondenza di abbondanti precipitazioni piovose.

La superficie piezometrica segue, in genere, l'andamento della superficie topografica media locale ed ha una profondità variabile in funzione della potenza della coltre detritica e glaciale. La direzione media dei filetti di flusso è inoltre disposta lungo la direzione di massima pendenza.

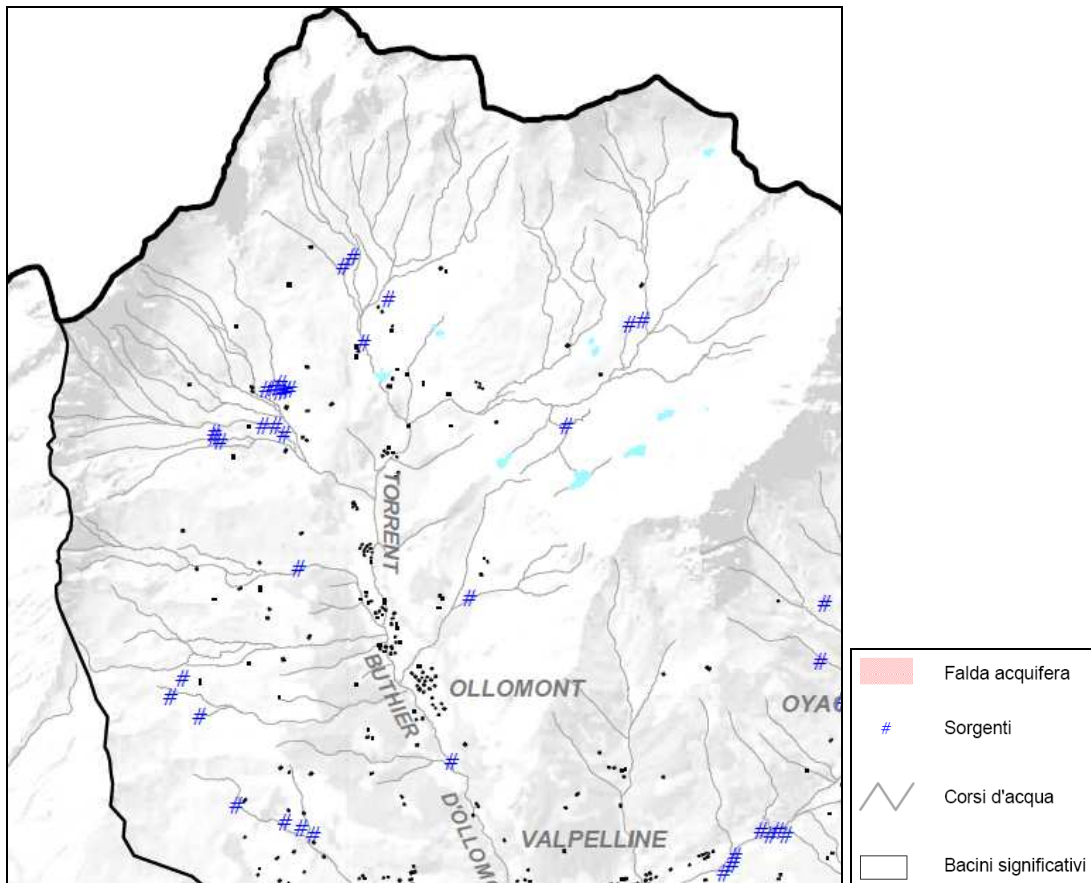
La circolazione sotterranea, prevalentemente di tipo superficiale o poco profondo, risulta influenzata da apporti provenienti dai versanti e dalle infiltrazioni di acque superficiali.

La situazione idrogeologica dell'area è infatti caratterizzata dalla presenza di due principali tipi di acquiferi:

- **acquifero in formazioni glaciali:** esso è costituito da sedimenti sabbioso-ghiaiosi, a volte limosi, di origine glaciale presenti in modeste plaghe sul versante. Questo acquifero presenta una discreta estensione ed una potenzialità idrica ridotta anche in considerazione della scarsa permeabilità.
- **acquifero in formazioni fratturate:** questo acquifero è rappresentato in buona parte dagli affioramenti rocciosi appartenenti essenzialmente alla Zona Piemontese e della Dent-Blanche". Esso risulta limitato in quanto la roccia presenta un reticolo di fratture e di piani di faglia che determinano un basso grado di permeabilità.

In corrispondenza di aste torrentizie, anche di piccola entità, la falda acquifera è direttamente influenzata dai corsi d'acqua, per cui si può verificare che l'acquifero, in occasione di periodi siccitosi, alimenti il torrente, oppure che quest'ultimo alimenti l'acquifero in relazione a portate di rilievo.

Analizzando la cartografia del  si rileva che il tracciato non attraversa areali dove sono presenti sorgenti: quelle segnalate sono infatti poste a quote più elevate.



#### 4.5 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA

L'assetto morfologico e la distribuzione delle formazioni superficiali dei settori d'intervento sono stati eseguiti, nei loro lineamenti principali, soprattutto dal modellamento operato dall'antico ghiacciaio del Mont Gelé.

I versanti sono caratterizzati infatti da una morfologia glaciale profondamente rimodellata, sulla quale si è sovrimposta successivamente l'azione delle acque superficiali e di diversi movimenti gravitativi che ne hanno determinato l'attuale assetto morfologico.

Dal punto di vista geologico, i settori in oggetto si sviluppano in aree costituite da affioramenti rocciosi del substrato e da depositi di materiali sciolti, in prevalenza di origine glaciale, di frana ed alluvionale. I depositi quaternari affiorano lungo tutto i versanti. Si tratta in prevalenza di coperture detritico-colluviali formate da colluvium di depositi morenici, costituiti da una classica associazione di blocchi di varia pezzatura e natura immersi in una matrice limoso-sabbiosa. La potenza di tale formazione risulta ridotta a causa dell'elevata acclività dei versanti.

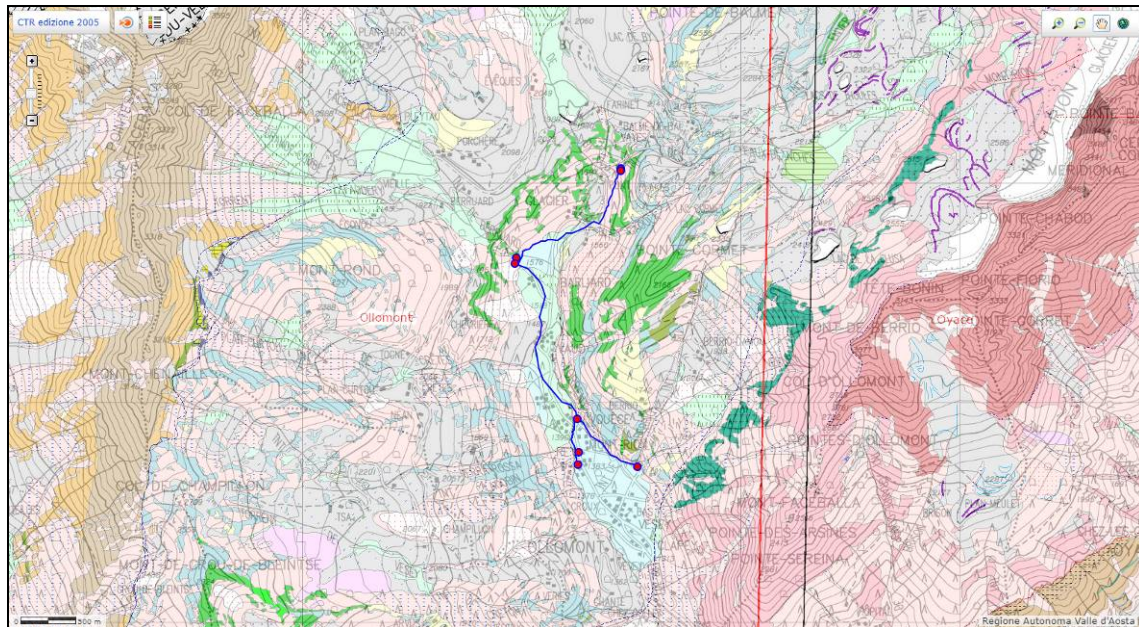
Massi erratici e trovanti, sotto forma di blocchi isolati di cospicue dimensioni, si rilevano frequentemente; l'origine di tali blocchi è da correlare al notevole rimaneggiamento subito dai depositi morenici, ad opera soprattutto delle acque superficiali che hanno dilavato la frazione più fine, lasciando affioranti o subaffioranti i materiali più grossolani.

L'azione delle acque meteoriche e di fusione delle nevi, congiuntamente all'azione della gravità, sono stati talora responsabili della erosione e della rideposizione, sotto forma di colate detritico-fangose, dei depositi morenici affioranti, che perdono pertanto il loro naturale aspetto massivo e caotico, acquistando le caratteristiche tessiturali e di classazione granulometrica dei depositi alluvionali.

I depositi alluvionali sono localizzati nei settori di fondovalle, dove la riduzione locale del livello di base dei corsi d'acqua ne consente la messa in posto, cioè ai piedi del


















versante, dove i rivi laterali confluiscono nei torrenti dei vari valloni o direttamente nel Buthier d'Ollomont. Si tratta di depositi di pezzatura in genere assai grossolana, con un rilevante apporto da colate fangoso detritiche (debris-flow) che si verificano nel corso di eventi meteorici brevi ed intensi.

Le forme alluvionali sono prevalentemente rappresentate dalle tipiche incisioni torrentizie, da una serie di conoidi legate ai torrenti indicati in precedenza.



Estratto della Carta Geologica SCT – sito web RAVA

<p><b>Conoide di origine gravitativa</b> Conoide di origine gravitativa.</p>	<p><b>Punti di osservazioni geologiche</b></p> <p> Asse di piega (piega la scistosità regionale)</p> <p> Lineazione - milonitica</p> <p> Superficie di scistosità (scistosità regionale)</p>
<p><b>Morenico scheletrico sparso</b> Morenico scheletrico sparso. Ciottoli e massi residuali, da subspigolosi a subarrotondati.</p>	
<p><b>Tilli indifferenziato</b> Tilli indifferenziato. Ghiaie sabbioso-limose con blocchi, massive, con clasti da subangolosi a subarrotondati.</p>	<p><b>Elementi geomorfologici ed antropici lineari</b></p> <p> Cresta di rock glacier</p> <p> Cresta di morena</p>
<p><b>Deposito di debris flow</b> Deposito di debris flow. Sabbie limose con ghiaie, a prevalente supporto di matrice, mal stratificate e poco selezionate, con livelli a grossi blocchi.</p>	
<p><b>Tilli di alloggiamento</b> Tilli di alloggiamento. Sabbie ghiaioso-limose massive, molto addensate, con tessitura a supporto di matrice e ciottoli sfaccettati, smussati e striati.</p>	<p><b>Unità geologiche cartografabili (lineari)</b></p> <p> Limite geologico</p> <p> Confine Italia - Svizzera</p> <p> Faglia incerta</p> <p> Limite geologico certo</p> <p> Contatto tettonico incerto</p> <p> Faglia</p> <p> Contatto tettonico</p> <p>Altri tipi</p>
<p><b>Tilli di ablazione</b> Tilli di ablazione. Deposito eterometrico grossolano, non addensato, a supporto di clasti, da massivo a mal stratificato in lenti inclinate, con ciottoli e blocchi spigolosi o smussati in matrice sabbiosa.</p>	
<p><b>Accumulo a grandi massi</b> Accumulo a grandi massi. Ammasso di bocchi spigolosi monogenici, talora in parte derivati dalla disarticolazione in situ del substrato.</p>	<p><b>Unità geologiche cartografabili (poligonali)</b></p> <p><b>Elemento Trasparente</b></p> <p> Nevali e ghiacciai Nevali e ghiacciai</p> <p><b>Elemento Trasparente</b></p> <p> Laghi e fiumi Laghi e fiumi</p> <p> Conoide di origine mista Conoide di origine mista.</p> <p> Accumulo di frana Accumulo di frana.</p> <p> Coltre detritico-colluviale Coltre detritico-colluviale. Sabbie ghiaiose, poco limose, massive o mal stratificate, non addensate, a clasti spigolosi</p> <p> Rock glacier Rock glacier.</p>
<p><b>Deposito alluvionale e fluvioglaciale</b> Deposito alluvionale e fluvioglaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.</p>	
<p><b>Detrito di falda</b> Detrito di falda.</p>	<p> Deposito palustre e torboso Deposito palustre e torboso. Alternanza di livelli sabbiosi, sabbioso-limosi e di torbe, ben stratificati e di colore nerastro.</p>
<p><b>Deposito di origine mista</b> Deposito di origine mista. Deposito eterogeneo, con stratificazione grossolana a matrice sabbiosa poco limosa, con intercalazioni di ghiaie e sabbie selezionate</p>	
<p><b>Metagranitoides</b> Metagranitoides. Principali corpi di metagranitoides porfirici, di composizione granitico-quarzodioritica, con abbondanti relitti magmatici (K-feldspato, quarzo, plagioclasio + saussuritizzato, biotite rosso-bruna + ornoboloida) e sovrapposizione alga da incipiente a moderata (albite, albite a scacchiera, epidoto, quarzo, miche chiare, biotite olivastro, egrina, actinolite, stilpnomelano), M. Morion, P. Tzan, Dents des Bouquetins, P. d'Otemma.</p>	<p> Paragneiss Paragneiss. Paragneiss a granato e biotite bruna, migmatiti e loro derivati con impronta alga in facies scisti verdi; pendenti di tetto dei granitoides del M. Morion; scisti a patina rosso-vioacea a NE del Colle delle Grandes Murailles, a sud della Dent d'Ortrin.</p>
<p><b>Gneiss milonitici in facies scisti verdi</b> Gneiss milonitici. Gneiss milonitici in facies scisti verdi, omogenei o a bande, con alternanza di letti leucocratici e grigio-verdognoli albitico-micaceo-cleritico-epidotici a biotite, anfibolo calcico, stilpnomelano, derivati da protoliti granitico-quarzodioritici; gneiss milonitici con orizzonti cataclastici, locali pseudotachiliti nere o rosso-vioacee (Pennacchioni &amp; Guermati, 1993; Manegon et al., 2007; Dal Piaz et al., 2015).</p>	
<p><b>Metadioriti e metagabbri anfibolici</b> Metadioriti e metagabbri anfibolici. Complesso gabbroico del Berrio e altri corpi di anfiboliti, dioriti e gabbri metamorfici a relliti di plagioclasio, anfibolo bruno e raro pirosseno in matrice scistosa ad anfibolo verde, sericite, clorite, epidot ed albite, con locali ultramafiti serpentizzate, massice o scistose-milonitiche, da peridotiti cumulate. FERMAIO INF.</p>	<p> Filoni acidi Filoni acidi. Gneiss aplici e leucogranitici associati ai corpi ignei permiani, variamente trasposti dalle deformazioni duttili alpine.</p>
<p><b>Filoni acidi</b> Filoni acidi. Gneiss aplici e leucogranitici associati ai corpi ignei permiani, variamente trasposti dalle deformazioni duttili alpine.</p>	

	Gneiss granitoidi indifferenziati. Gneiss granitici a biotite e/o fengite, micro-occhadini e/o occhadini (Gneiss d'Arolla Auct.), gneiss minuti ad albite-biotite-anfibolo-epidoto ± clorite e miloniti da granitoidi calcocalcinali, con dominante scistosità alpina S2, spesso crenulata. Età dei protoliti (289±2 Bussy et al., 1998); PERMIANO INF.
	Gneiss kinzigitici retrocessi Gneiss kinzigitici retrocessi. Scisti e filoniti di età alpina, in successioni anche di notevole spessore, diffusi in prevalenza lungo i contatti tra unità tettoniche.
	Marmi antichi a silicati Marmi antichi a silicati. Marmi cristallini calcareo-dolomitici a patina giallastra, puri e a silicati (mica bianca, noduli di epidoto ± anfiboli, pirosseni, granato) derivati da protoliti pre-varisici.
	Anfiboliti e granuliti basiche Anfiboliti e granuliti basiche. Intercalazioni metrico-ettometriche, stratiformi e lenticolari, di anfiboliti a plagioglasio-anfiboli calcici ± granato, granuliti basiche a granato-pirosseno e loro prodotti di retrocessione alpina in facies scisti verdi.
	Paragneiss di Valpelline Paragneiss di Valpelline (Complesso kinzigitico Auct.). Paragneiss a biotite-granato-sillimanite ± cordierite, con migmatiti a grana vistosa e locali agmatiti, filoni prealpini concordanti e discordanti di pegmatiti e leucograniti, di origine anatettica, non distinti, e con intercalazioni di marmi cristallini e rocce basiche in facies granulitica-anfibolitica di età varisica (Gardien et al., 1994) o riferite all'evento termico permiano (Manzotti et al., 2014, 2017; Kunz et al., 2017) con resetting dei sistemi radiometrici; retrocessione polifasica alpina da tenue a pervasiva.
	Calcescisti ± l. indifferenziati. Calcescisti s.l. indifferenziati. Calcescisti pelitico-carbonatici, con intercalazioni non cartografabili di marmi impuri, scisti filladici, quarziti micacee e ofoliti metamorfiche. GIURASSICO-CRETACICO ?
	Prasinititi Prasinititi. Metabasalti tholeiitici ad albite porfiroblastica e peclitica, actinolite, clorite, epidoto, talora a carbonato, in corpi maggiori e in alternanze stratoidi con i calcescisti; anfiboliti albitico-epidotiche e varietà ad albite ocellare-clorite (ovarditi Auct.); rari relitti di anfiboli sodici.
	Serpentinititi Serpentinititi. Serpentinititi antigortiche a magnetite, in corpi fratturati, scistosi o milonitici, Testa Grigia, Gressoney la Trinità, Corno del Lago, Corno Rosso, ecc.
	Metagabbri Metagabbri. Mg-metagabbri in facies scisti verdi con struttura fibroso-lenticolare a grana grossa (faser), scistosi o milonitici, in piccoli corpi dispersi nelle successioni di calcescisti con prasinititi; metagabbri ad anfiboliti sodico-calcici, cresta del Furggen.
	Scisti quarzoso-micacei Scisti quarzoso-micacei. Scisti quarzoso-micacei a clorite, quarziti impure, talora con locali noduli o livelli mm-cm di quarziti a silicati e ossidi di manganese. GIURASSICO ?
	Miloniti gabbriiche. "Miloniti gabbriiche. Gabbri milonitici biancastri, ad albite, actinolite, clorite, clinozoisite e talora "fuchsinite", finemente scistosi."
	Marmi e breccie Marmi e breccie. Marmi fillitici chiari e marmi blustri con breccie ad elementi calcarei e dolomitici.
	Marmi e dolomie Marmi e dolomie. Piccole scaglie, lenti e bande di dolomie e marmi dolomitici chiari a patina giallognola, alla base delle serpentinititi di Grande Masson e nella dorsale Gran Carré - Gh. Des Luissettes, al limite tra i calcescisti del Piereur e quelli del Combin. TRIASSICO MEDIO-SUP ?
	Micascisti e paragneiss albitico-cloritici Micascisti e paragneiss albitico-cloritici. Micascisti e paragneiss albitico-cloritici a patina di alterazione rossastra, talora con abbondante clorite ed albite porfiroblastica, gneiss quarzosi e rare quarziti a cloritoidi.
	Metabasiti Metabasiti. Metabasiti a Na-anfibolo ± granato, glaucofaniti a cloritoidi e prasinititi.
	Gneiss cloritico-albitici Gneiss albitico-cloritici. Gneiss albitico-cloritici a granato e Na-anfibolo con intercalazioni di micascisti quarzosi e di micascisti a cloritoidi e granato.
	Filoni e vene di quarzo Filoni e vene di quarzo. Filoni tardometamorfici-idrotermali di quarzo, albite e clorite, con solfuri auriferi nel distretto di Brusson, GIUGOCENE ?

## 4.6 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Il settore oggetto di intervento risulta essere posto all'interno delle aree vincolate ai sensi della L.R. 11/98 e s.m.i.

### 4.6.1 Catasto Dissesti Regionale SCT

Secondo la carta dei dissesti della RAVA, che include le zone censite dal PROGETTO IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), nel settore oggetto di studio si segnalano fenomeni di dissesto.

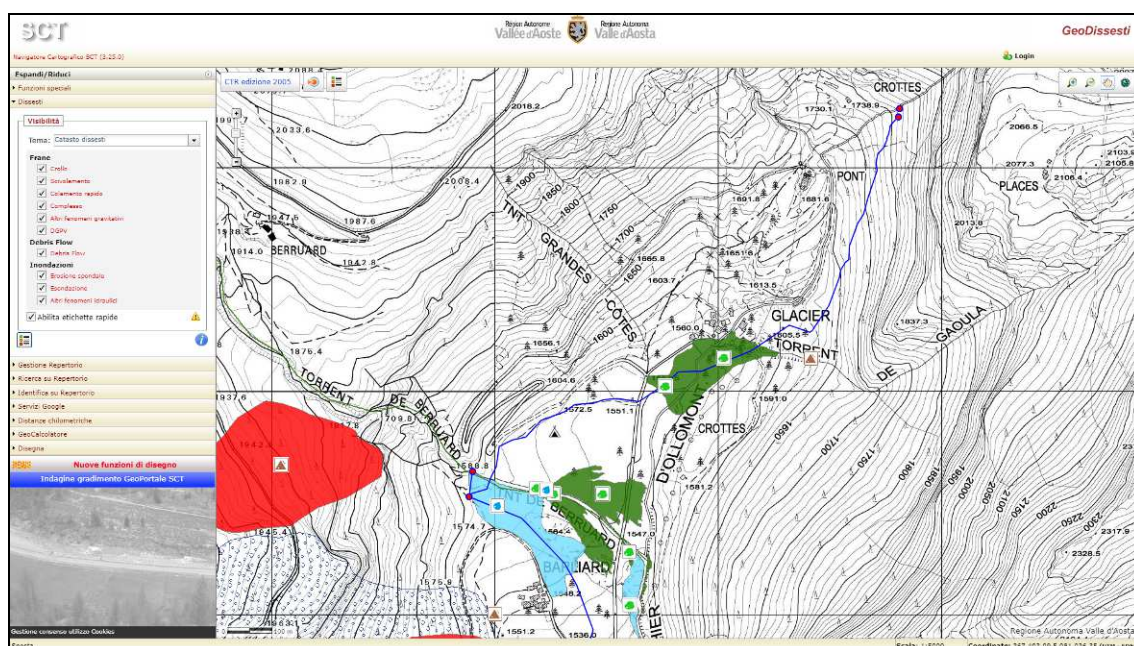
Nello specifico i dissesti segnalati sono:

- frana complessa (2000);
- esondazione (2000, 2011);
- debris flow lungo il torrente Gaoula (2000);
- debris flow lungo i torrenti Berruard e Buthier d'Ollomont (2016, 2017);
- debris flow lungo il torrente Lagobin (2000).

Parte del tracciato seguito dalla nuova condotta ed il settore ove sono previsti il cavidotto, il canale di restituzione e la cabina di consegna sono stati coinvolti da dissesti.

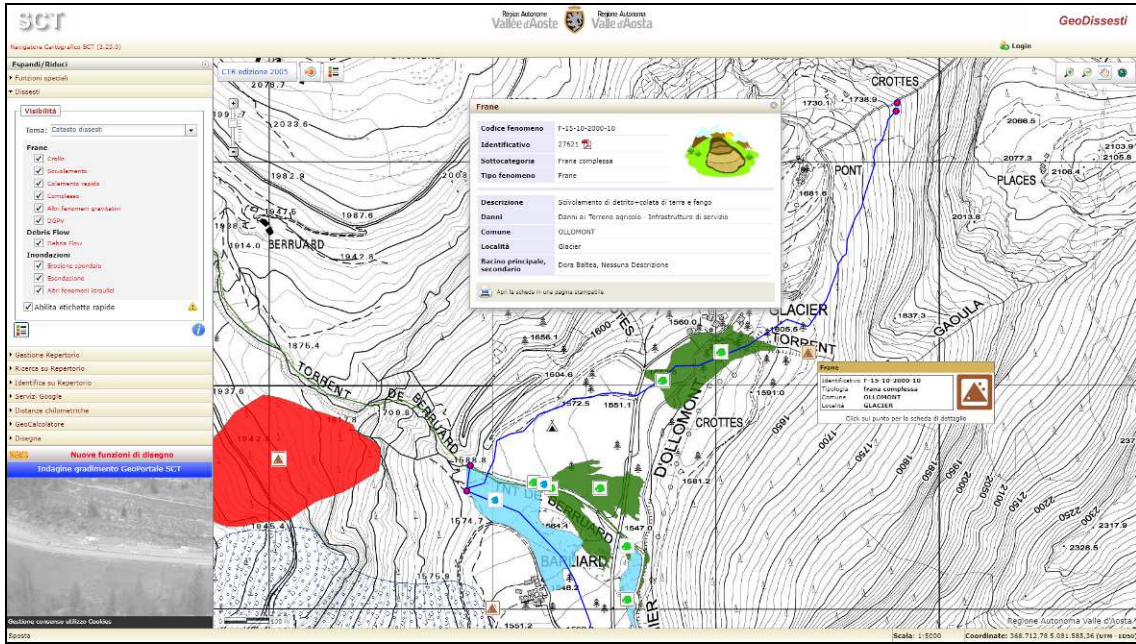
Non si prevede comunque che le opere, data la tipologia costruttiva totalmente interrata, possano essere vulnerabili agli stessi.

Si evidenzia che attualmente sono in corso di realizzazione i lavori di rifacimento delle arginature del torrente Buthier d'Ollomont proprio in corrispondenza della località Vouèce.

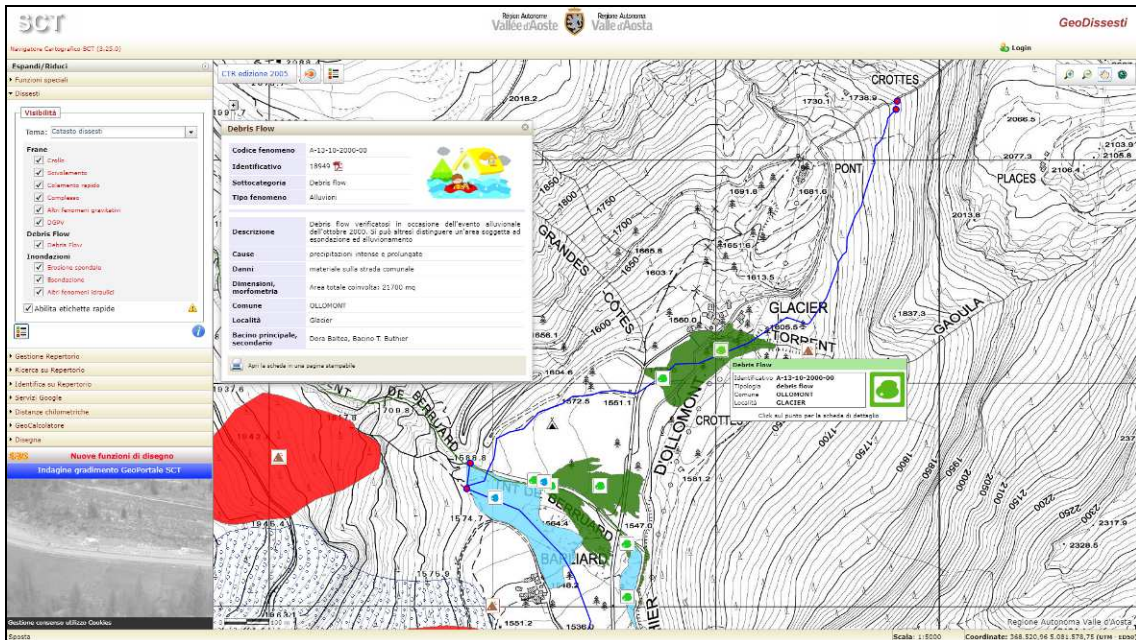


**Zona di Crottes e Berruard – GeoDissesti – sito web RAVA**

Nella zona compresa fra l’abitato di Glacier e la vasca di Berruard, in corrispondenza del tracciato della condotta di nuova realizzazione, è segnalata la presenza di alcuni fenomeni di esondazione e di debris flow occorsi in occasione dell’alluvione del 2000 nelle stagioni estive del 2011, 2016 e 2017 , che hanno interessato i gli alvei ed i conoidi dei torrente Gaoula e Berruard. Inoltre viene segnalata una frana complessa nell’incisione del torrente Gaoula (scivolamento di detrito+colata di terra e fango), che molto probabilmente ha generato il debris flow poco sopra citato.

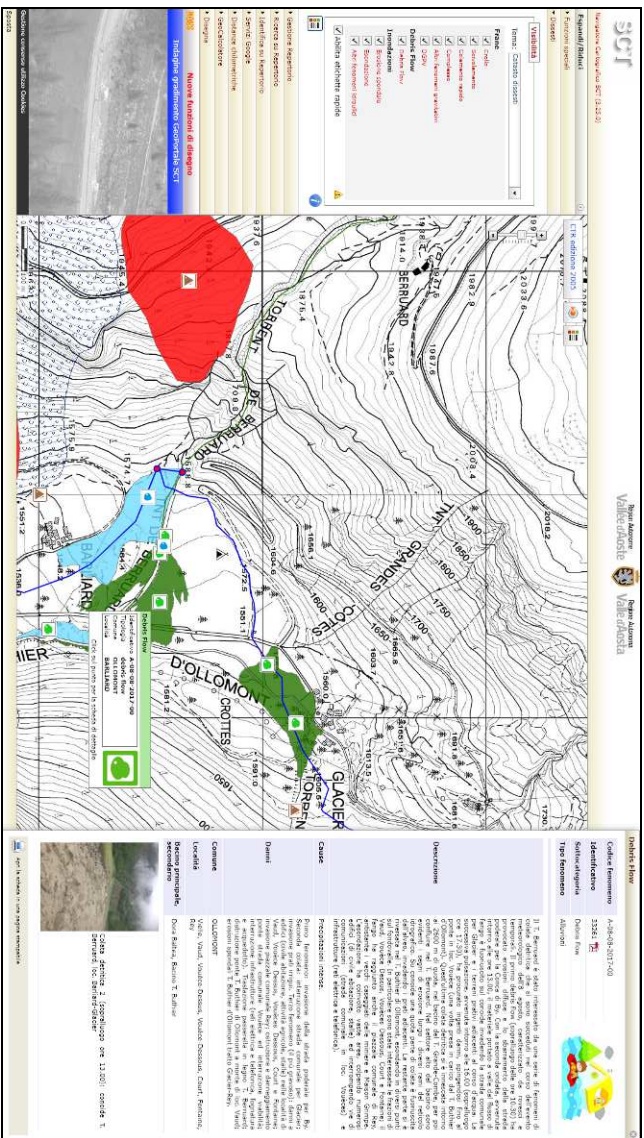


**Zona di Crottes e Berruad – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 27621**

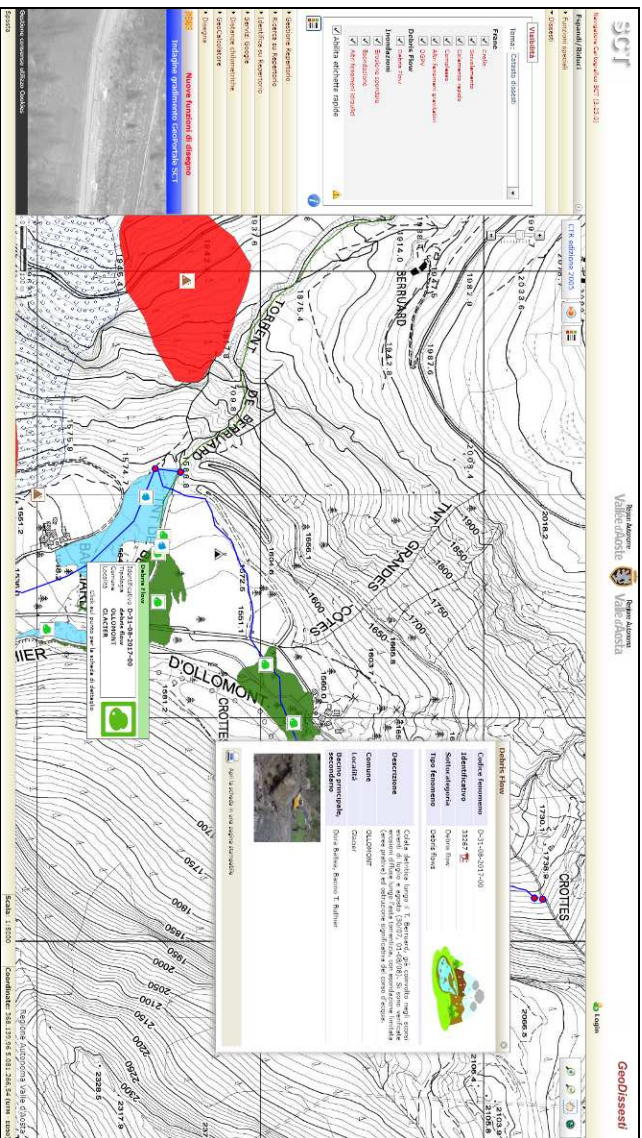


**Zona di Crottes e Berruad – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 18949**



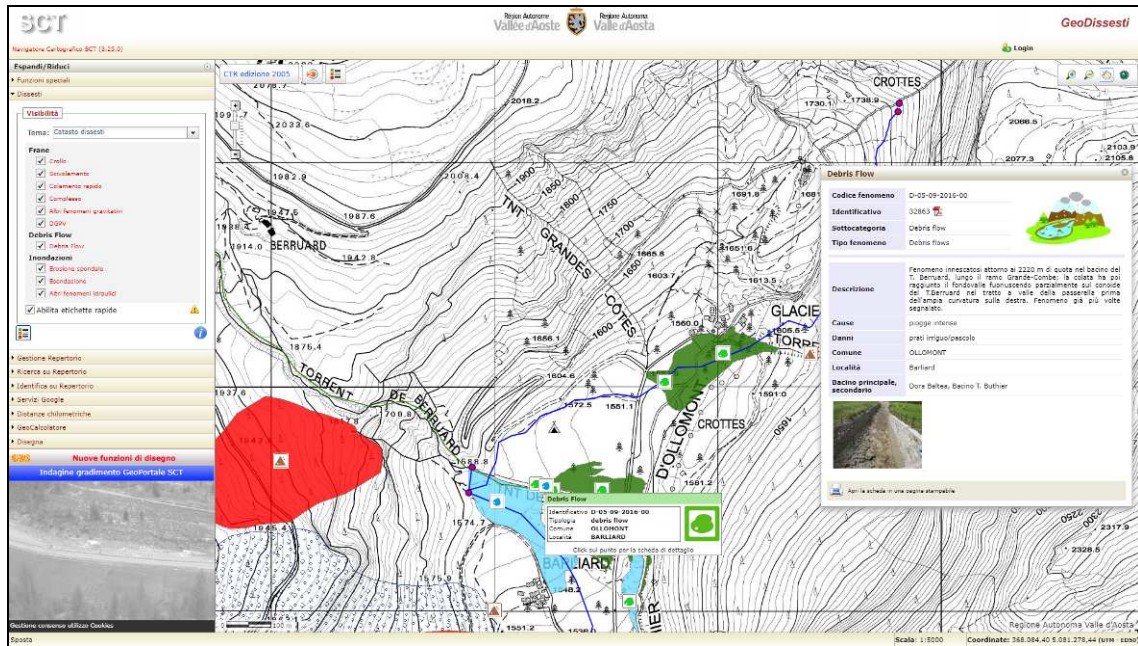


*Zona di Crotes e Bernard – GeoDissemi – sito web RA VA: dettaglio fenomeno id 33261*

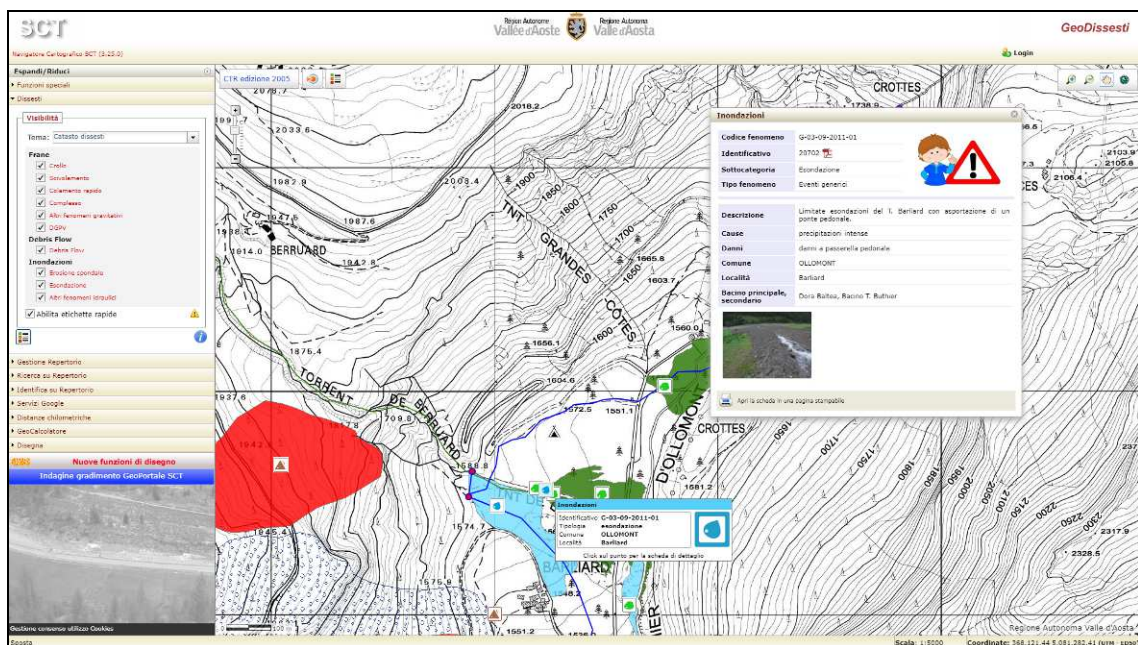


*Zona di Crotes e Bernard – GeoDissemi – sito web RA VA: dettaglio fenomeno id 33267*

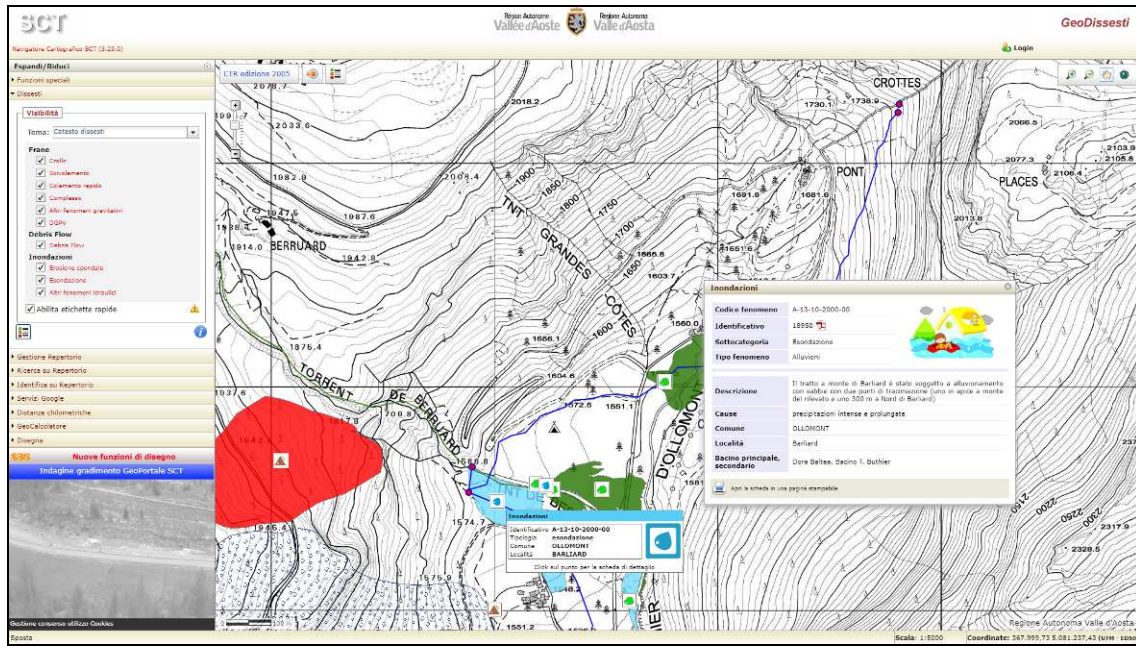




**Zona di Crottes e Berruard – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 32863**

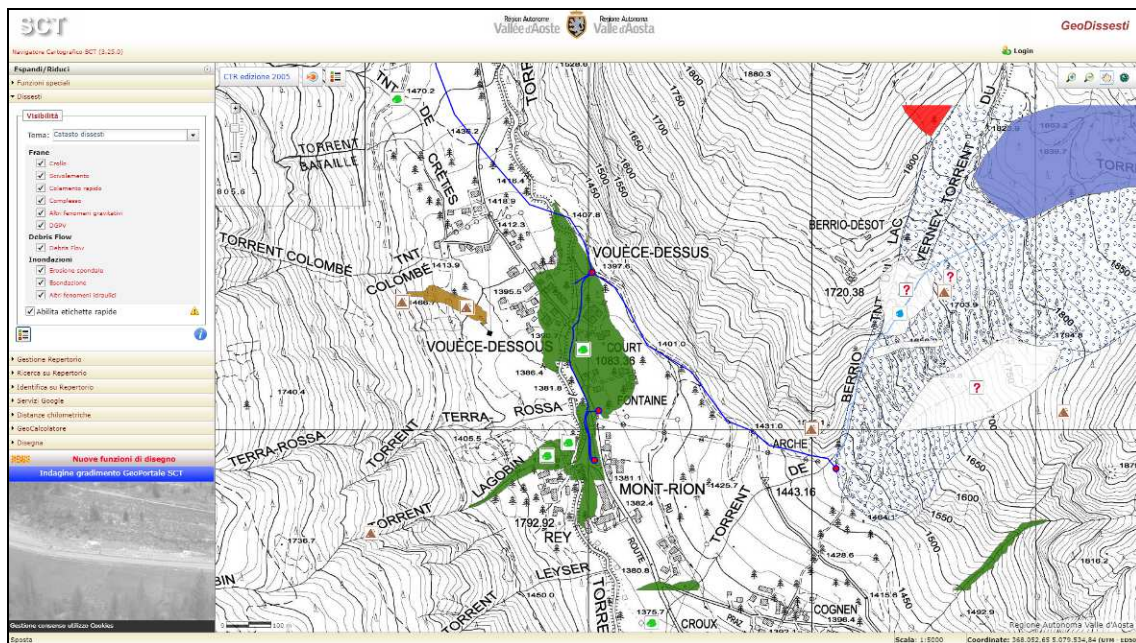


**Zona di Crottes e Berruard – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 20702**

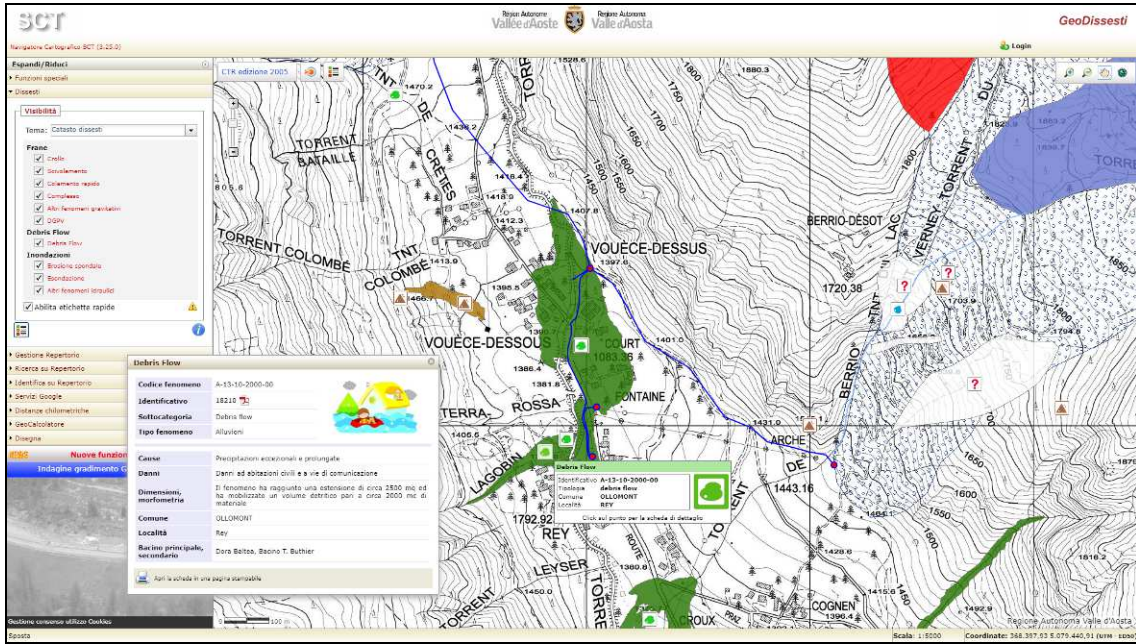


**Zona di Crottes e Berruad – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 1895**

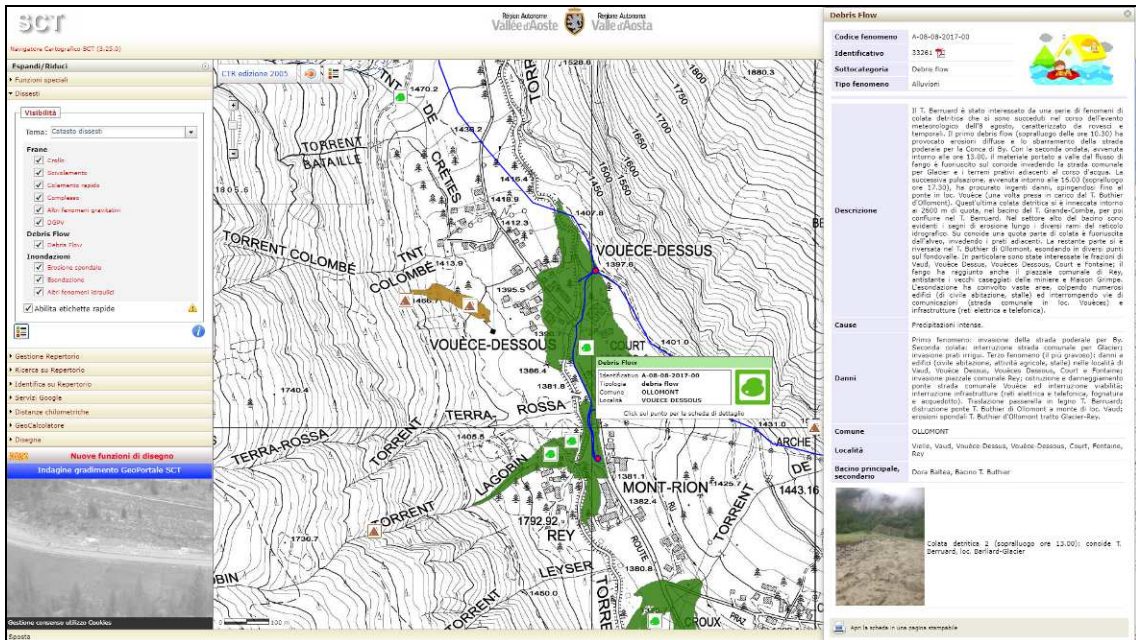
Analogamente, in prossimità dell'area in cui verranno realizzati il cavidotto e la cabina di consegna dell'energia elettrica nella zona compresa fra le località Vouèce-Dessus e Mont-Rion, sono segnalati fenomeni di debris flow: un evento si è verificato in occasione dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, mentre un altro si è verificato più recentemente, ovvero nell'agosto del 2017.



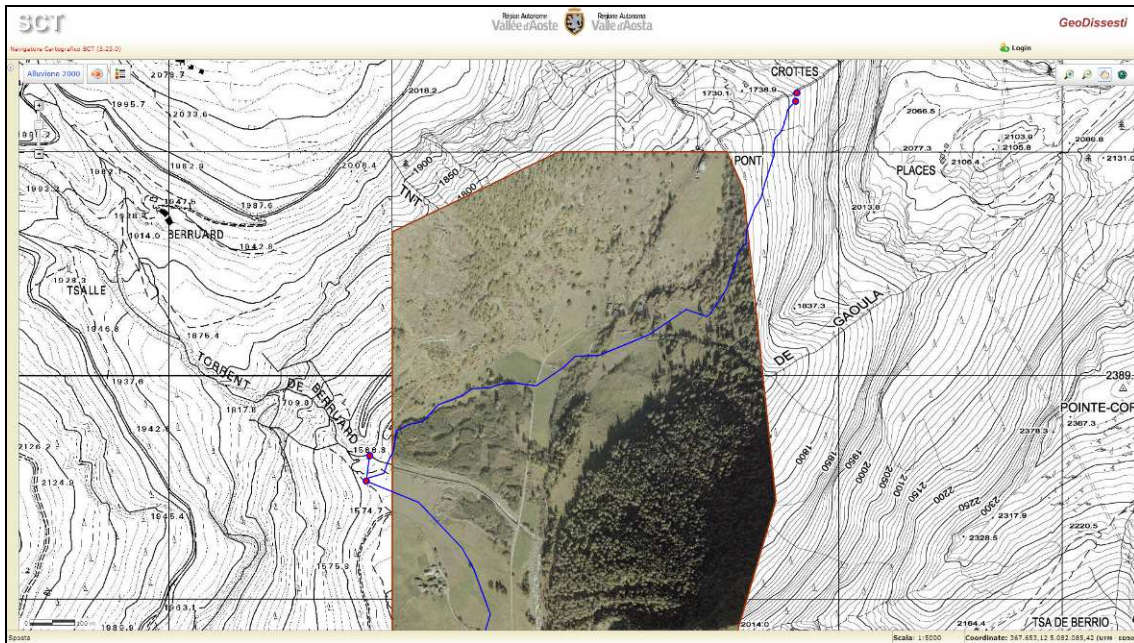
**Zona di Vouèce e Mont-Rion – GeoDissesti – sito web RAVA**



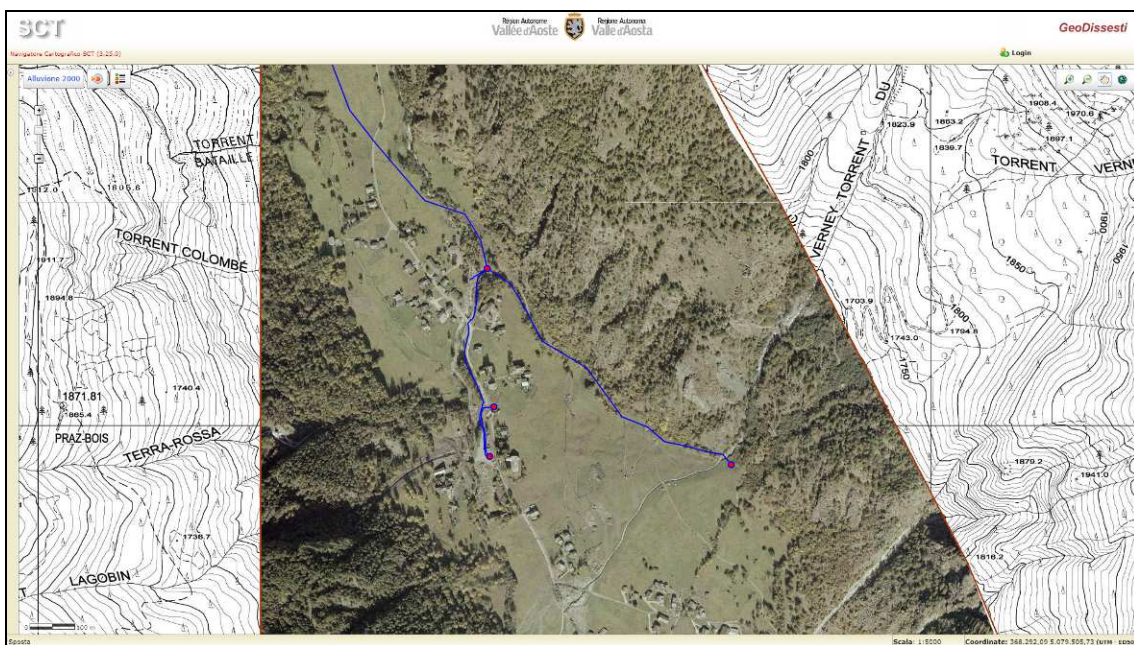
**Zona di Vouèze e Mont-Rion – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 18210**



**Zona di Vouèze e Mont-Rion – GeoDissesti – sito web RAVA: dettaglio fenomeno id 33261**



**Zona di Crottes e Berruard – Ortofoto alluvione 2000 – GeoDissesti – sito web RAVA**



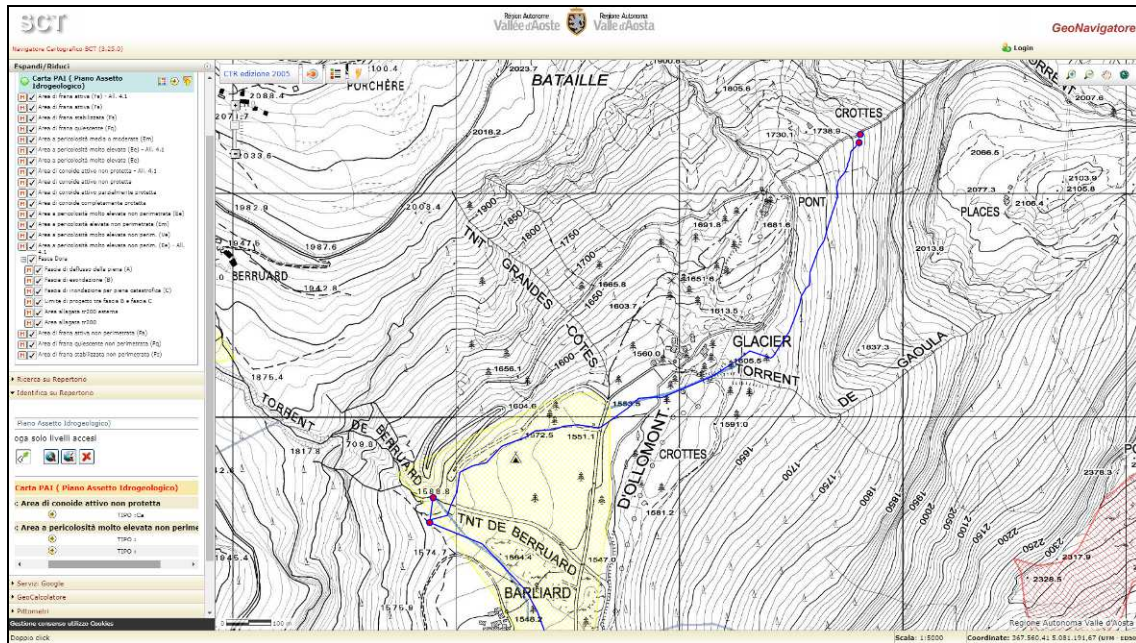
**Zona di Vouèze e Mont-Rion – Ortofoto alluvione 2000 – GeoDissesti – sito web RAVA**

#### 4.6.2 PAI

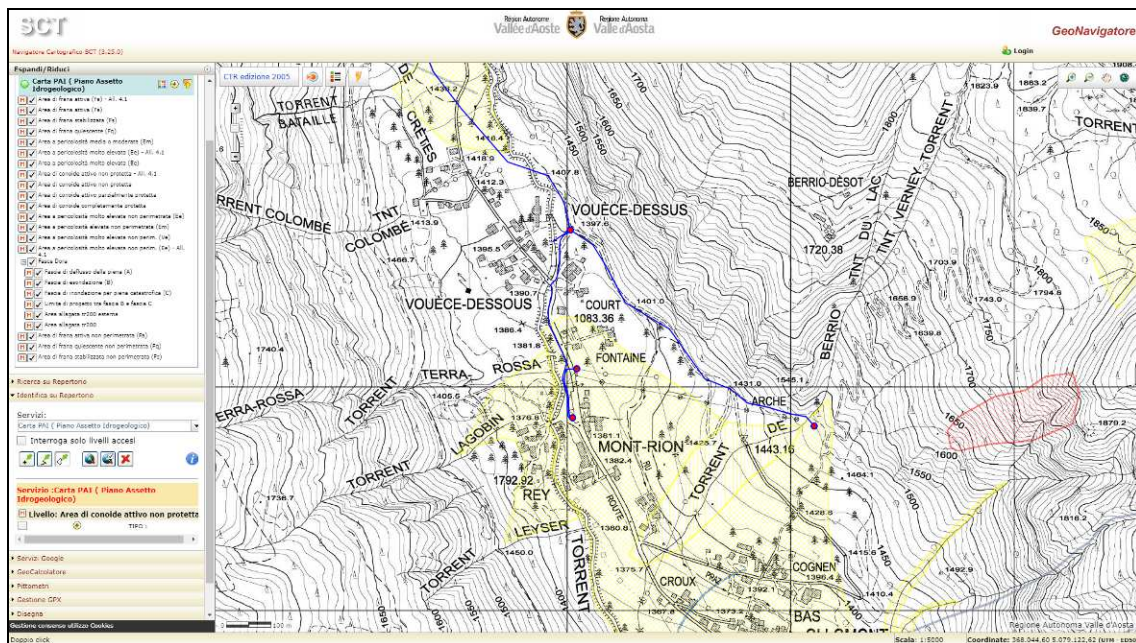
Consultando la carta PAI (Piano Assetto Idrogeologico) si evince che gli interventi attraversano diverse aree a pericolosità molto elevata.

In particolare il PAI segnala le seguenti criticità:

- area a pericolosità molto elevata non perimetrata (Ee): fasce fluviali dei torrenti Buthier d'Ollomont (località Glacier), Gaoula e Berruard;
- area di conoide attivo non protetta: conoidi dei torrenti Berruard e Berrio.



**Zona di Crottes e Berruard – Carta PAI – GeoNavigator – sito web RAVA**



**Zona di Vouèze e Mont-Rion – Carta PAI – GeoNavigator – sito web RAVA**

#### 4.6.3 Studi di bacino

Il tracciato attraversa degli areali ricompresi nei seguenti studi di bacino:

- Studio di bacino del torrente Gaoula (Buthier 1B);
- Studio di bacino del torrente Berruard (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Colombe (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Berrio (Buthier 2B);
- Studio di bacino del torrente Lagobin (Buthier 1B).

Si segnala che solo una parte delle opere in progetto rientra negli areali analizzati negli studi di bacino. In particolare si tratta delle tubazioni della condotta forzata da interrare nel settore compreso tra il villaggio di Glacier ed il conoide del torrente Berruard: la condotta risulterà rientrare in zone ad alto, medio e basso rischio per i fenomeni attesi

lungo il conoide del torrente Gaoula e a basso rischio per i fenomeni attesi lungo il conoide del torrente Berruard.

Il cavidotto elettrico e la cabina di consegna sono invece posti in un'area a basso rischio rispetto alle dinamiche attese lungo il torrente Berrio (a partire dal settore posto poco a valle della centrale di produzione in progetto sino ad arrivare, costeggiando l'argine sinistro del torrente Buthier d'Ollomont, al parcheggio comunale posto a valle della località Mont-Rion).

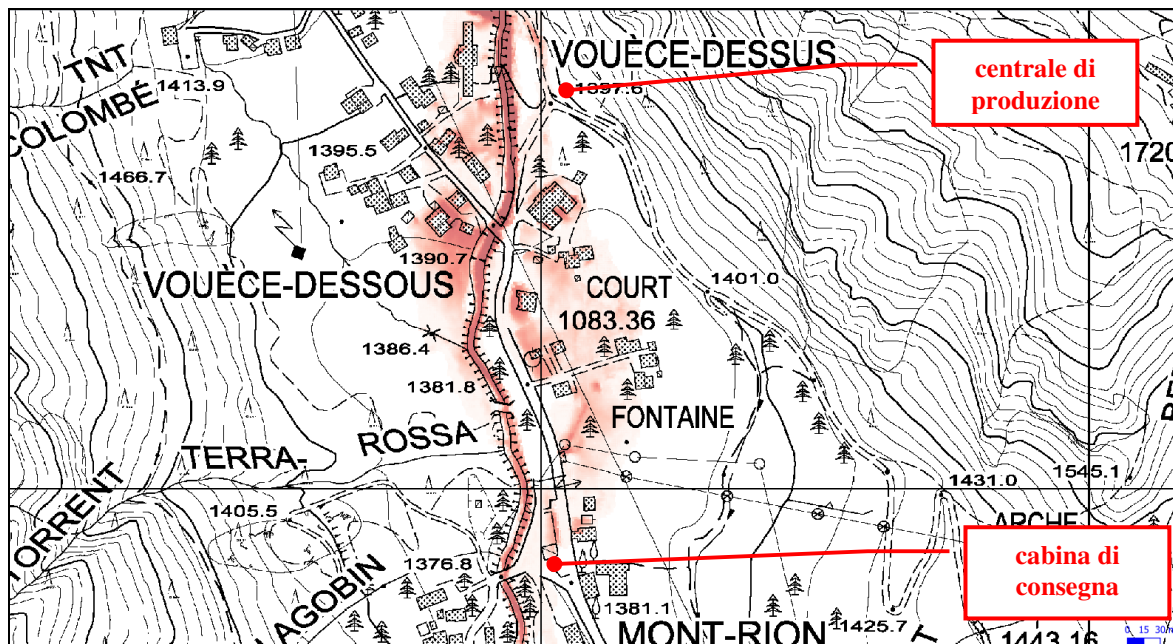
Le problematiche relative agli aspetti idraulici sono state valutate nella relazione idraulica a cura dei progettisti: da tale elaborato si rileva che le opere risultano compatibili con le dinamiche descritte negli studi di bacino.

#### 4.6.4 Studio Università di Trento - DICAM

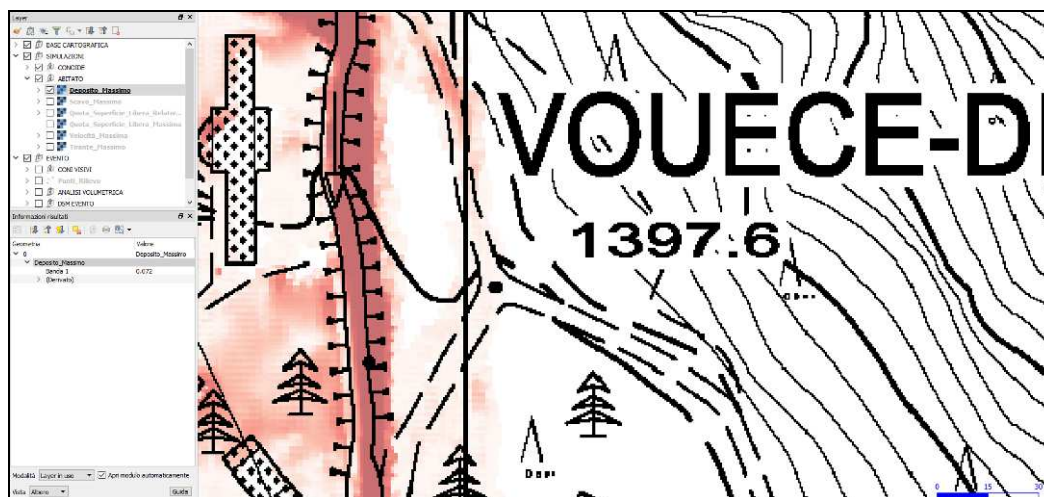
A seguito all'evento dell'8 agosto del 2017 la RAVDA ha commissionato all'Università di Trento uno studio sul territorio di Ollomont finalizzato alla progettazione di opere di protezione da eventi simili. È stato preso come evento di riferimento quello ricostruito a partire dai dati disponibili della colata detritica dell'8 agosto 2017. Relativamente a questo aspetto, consultando la documentazione consegnata dall'Università di Trento e messa a disposizione del sottoscritto dagli uffici regionali, si evince che i settori di progetto (nuova centrale di produzione e nuova cabina di consegna) sono stati coinvolti marginalmente. Nello specifico, da quanto risulta dalle simulazioni eseguite, il settore della centrale viene solamente lambito dal fenomeno in quanto lo stesso si è propagato lungo la strada podereale esistente: dove si intende eseguire la nuova centrale non si sono avuti interessamenti. Relativamente alla cabina di consegna l'evento ha interessato tale areale con tiranti massimi di circa 25 cm, con spessori massimi di circa 25 cm e con velocità di 0,2 m/s. Si tratta di valori compatibili con l'opera in progetto: la nuova cabina di consegna è stata posizionata a ridosso del muro del piazzale andando a sostituire ed eliminare la cabina di consegna attualmente esistente posizionata quasi in alveo. Per garantire una maggiore sicurezza si è valutato di sopraelevare il piano della cabina di circa 50 cm dal piano di campagna attuale: in tal modo si ritiene che la nuova cabina di consegna risulti compatibile con gli eventi parossistici che si possono avere nell'areale.

Di seguito si riportano degli stralci delle cartografie più significative, rappresentanti il deposito massimo, il tirante massimo e la velocità massima.

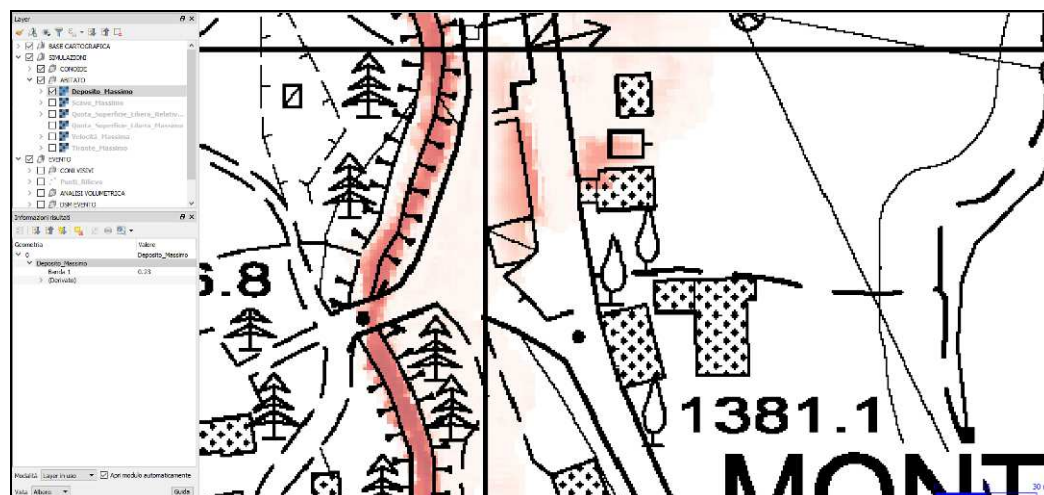
Si ritiene che lo studio, pur non essendo ancora stato validato ed essendo lo stesso tarato essenzialmente sull'evento del 2017, abbia comunque un importante valore scientifico e possa rappresentare degli eventi parossistici.



*Simulazione deposito massimo – Studio Università di Trento - DICAM*

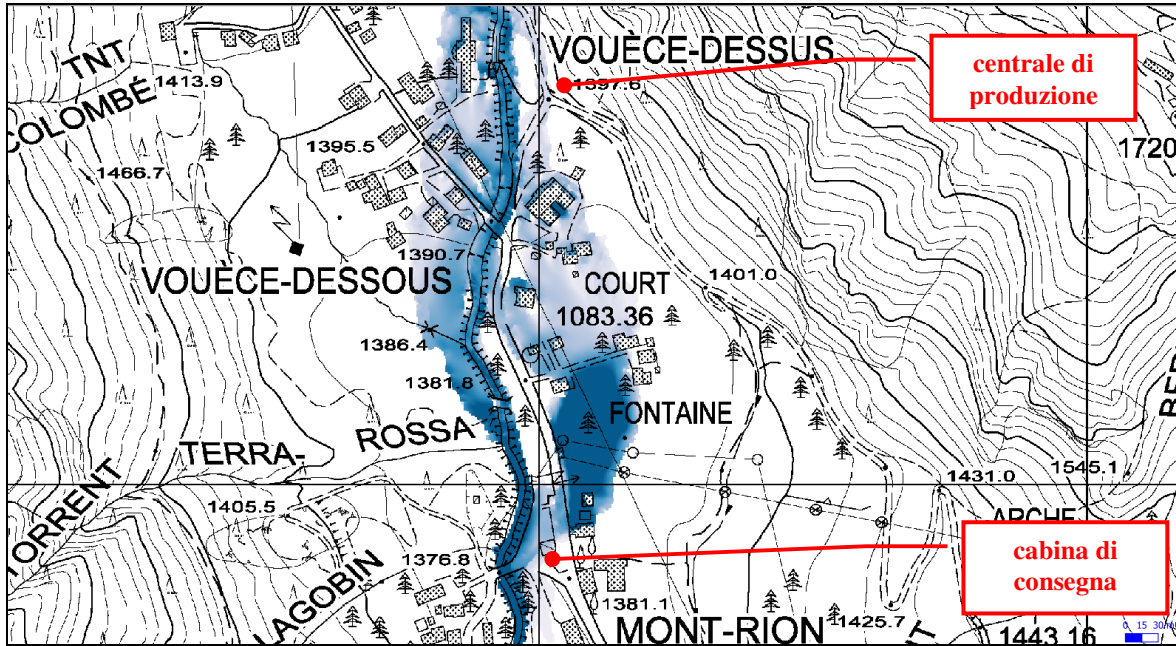


*Simulazione deposito massimo –Area di realizzazione della centrale  
Studio Università di Trento - DICAM*

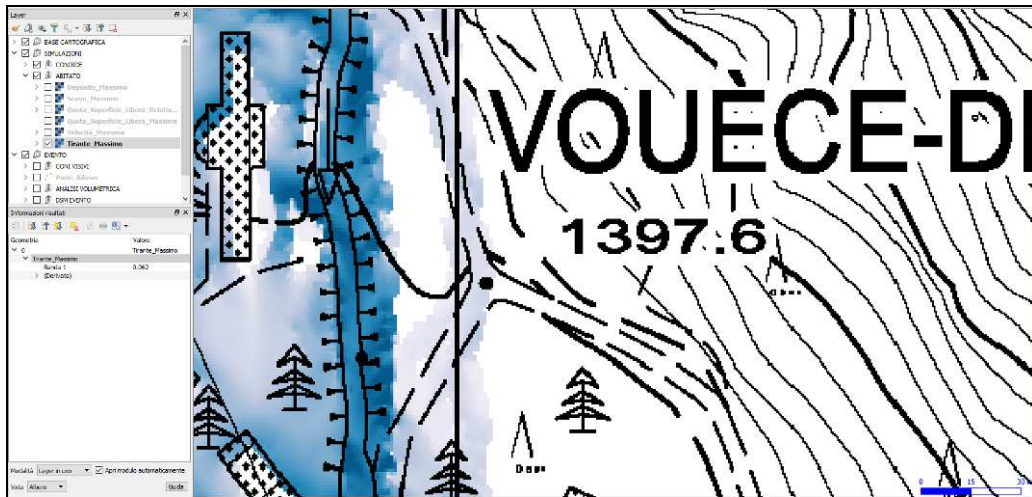


*Simulazione deposito massimo –Area di realizzazione della cabina di consegna  
Studio Università di Trento - DICAM*





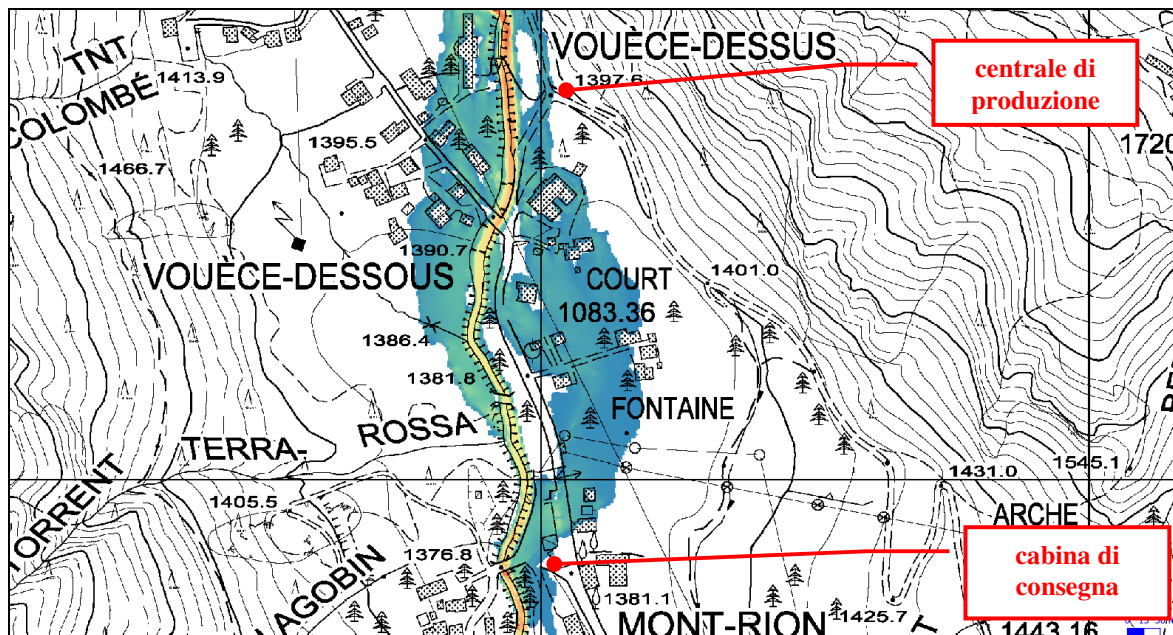
Simulazione tirante massimo – Studio Università di Trento - DICAM



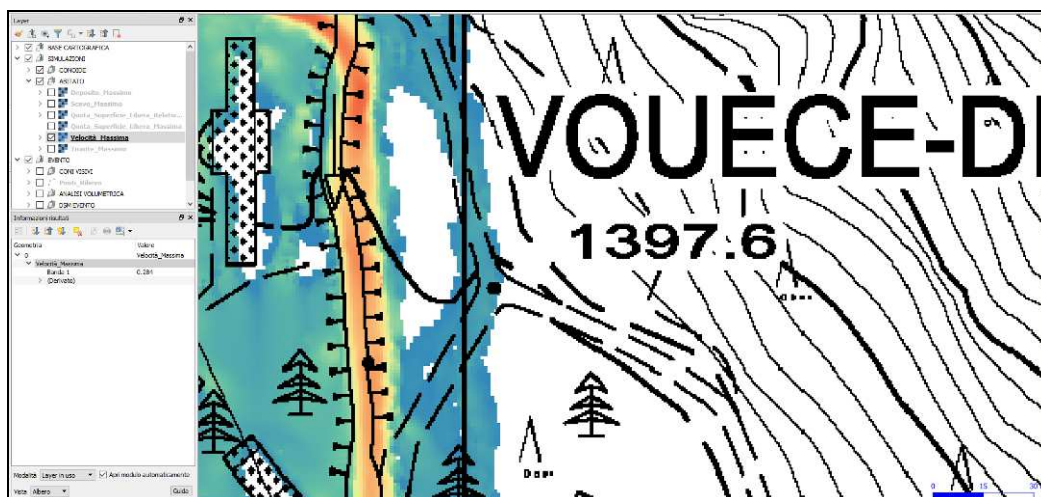
Simulazione tirante massimo – Area di realizzazione della centrale  
Studio Università di Trento - DICAM



Simulazione tirante massimo – Area di realizzazione della cabina di consegna  
Studio Università di Trento - DICAM



*Simulazione velocità massima – Studio Università di Trento - DICAM*



*Simulazione velocità massima – Area di realizzazione della centrale  
Studio Università di Trento - DICAM*

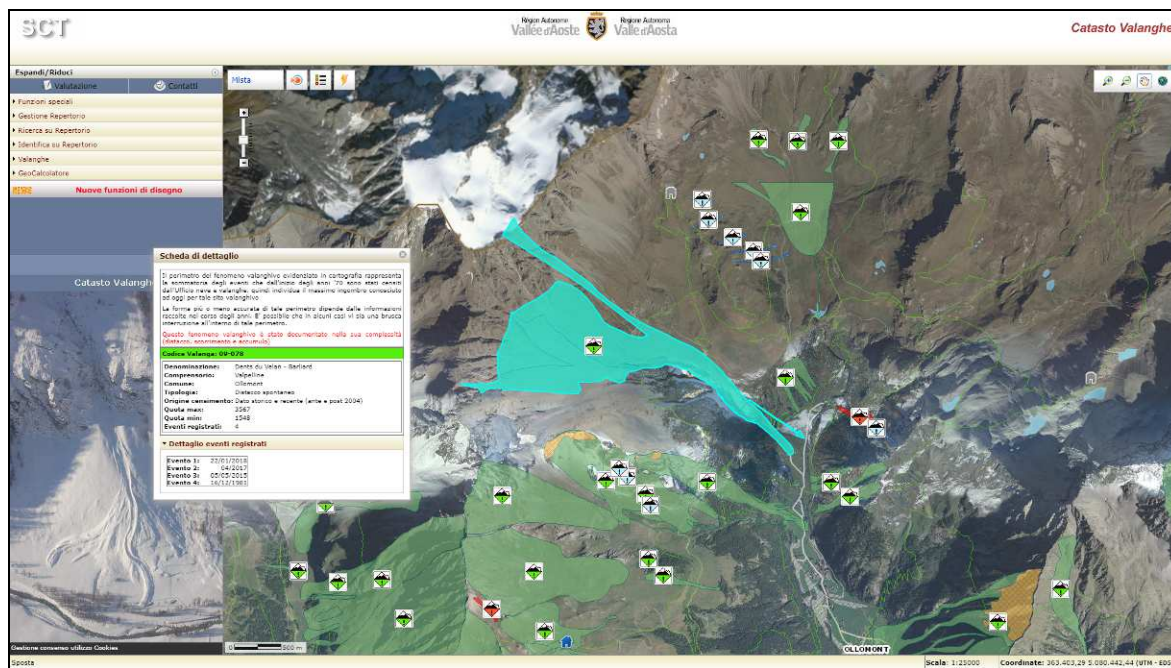


*Simulazione velocità massima – Area di realizzazione della cabina di consegna  
Studio Università di Trento - DICAM*

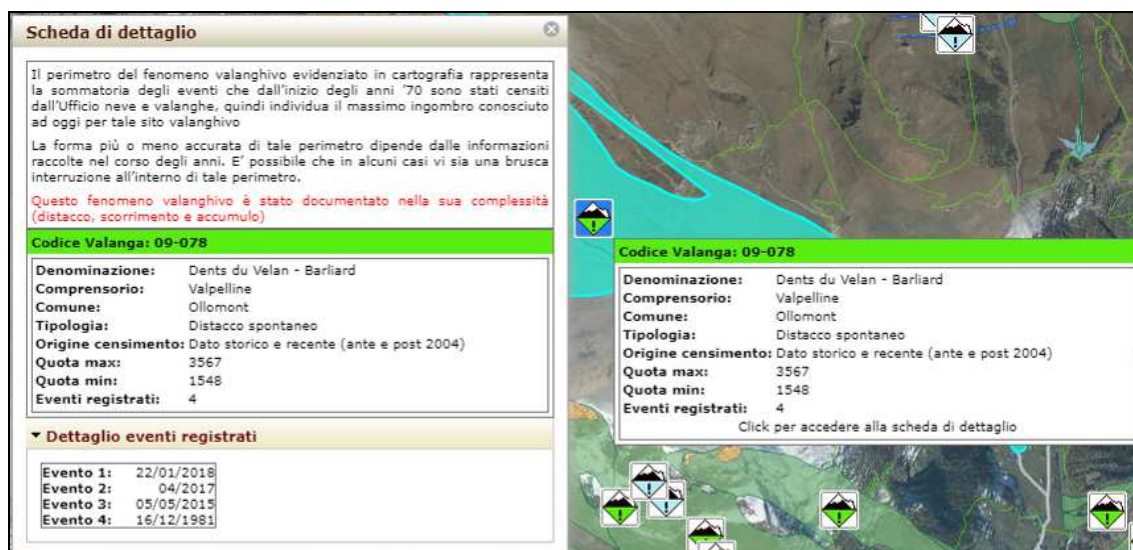
#### 4.6.5 Valanghe

Sul versante a monte dell'opera di presa e della vasca si carico del CMF è delimitata la valanga denominata "Dents du Velan - Barliard" e individuata con il codice 09-078 sul catasto regionale.

La valanga si può generare sin dalla quota di 3.570 m s.l.m. in corrispondenza della cresta denominata "Dents-du-Velan" o a quote inferiori poste lungo le ampie falde della "Combe de Berruard", percorrendo il versante con direzione sud-est caratterizzato da pendenza importante e costante fino agli alpeggi di Vieille, per poi proseguire incanalata nell'impluvio percorso dal torrente Berruard. Essa è in grado di raggiungere il fondovalle, arrestandosi sul conoide del torrente suddetto.



*Catasto Valanghe – sito web RAVA – dettaglio delimitazione fenomeno valanghivo*



*Catasto Valanghe – sito web RAVA – dettaglio dati fenomeno valanghivo*

All'interno del Catasto Valanghe Regionale sono presenti dati storici, di cui di seguito si riportano alcuni estratti.



### Anagrafica valanga

Comprensorio	Valpelline
Comune	OLLOMONT
Stazione forestale	Valpelline
Codice valanga	V-09-078
Categoria	Valanga spontanea
Numero valanga	078
Denominazione	Dents du Velan - Barliard

### Scheda Generale

Località	Barliard
	Fenomeno non ricadente in comprensorio sciistico
	Ingresso fenomeno in CRV ante 2005
Versante idrografico	Dx
Sistemi di difesa esistenti	Nessuno;
Ubicazione cartografica (Carta tecnica regionale numero)	6682 - 7082

### Scheda Info

Data dell'evento	05/05/2015 (presunta)
Ora dell'evento	non accertato
Condizioni meteo significative	
nei 2-3 giorni precedenti l'evento	pioggia;
al momento dell'evento	caldo;
Classificazione della valanga	
Tipo di valanga	di fondo
Tipo di moto	radente
Tipo di neve	umida/bagnata
Coesione della neve	elevata (lastroni)
Lunghezza lineare del percorso	1600 mt.
Dislivello del percorso	730 mt.

*Scheda di Valutazione 2015 - "Fonte: Ufficio Neve e Valanghe - RAVDA"*



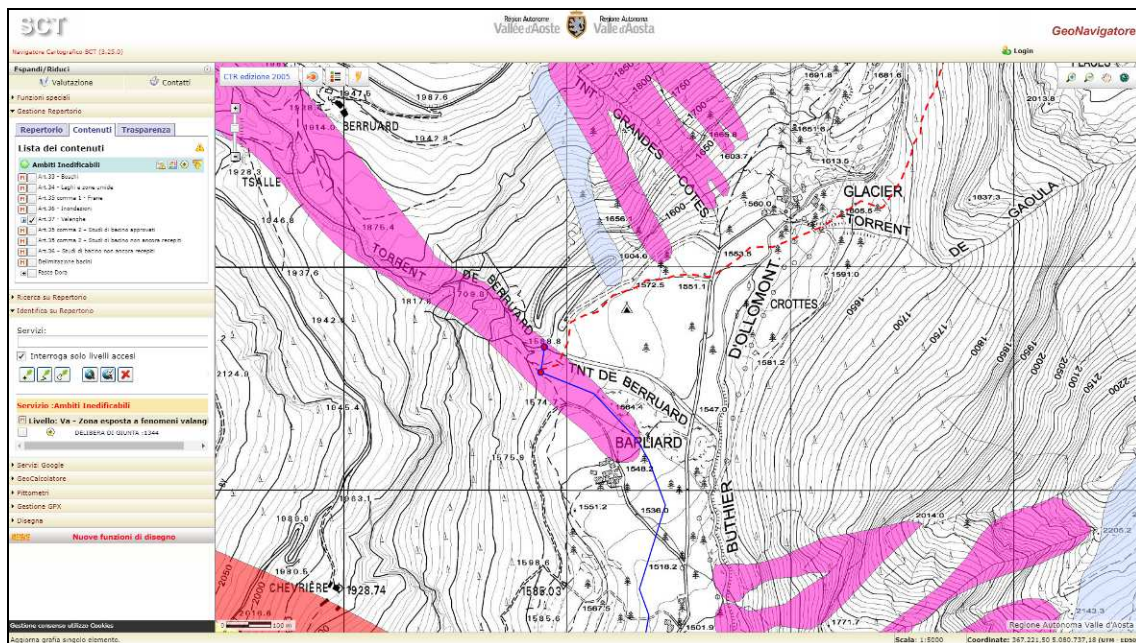
*2015 - "Fonte: Ufficio Neve e Valanghe - RAVDA"*



2017 - “Fonte: Ufficio Neve e Valanghe - RAVDA”

Una piccola parte delle opere in progetto, consistente nella parte terminale della nuova condotta interrata che dalla nuova opera di presa transporterà le acque sino alla vasca esistente del CMF situata poco a monte della località Barliard, è posta in un settore potenzialmente soggetto a fenomeni valanghivi. Si tratta della valanga sopra descritta e denominata “Dents du Velan - Barliard”.

La valanga è perimetrata in zona esposta ai fenomeni valanghivi (Va).



Art. 37 - GeoNavigator – sito web RAVA – Con la linea tratteggiata in rosso è indicata la condotta, il cui tratto terminale poco a monte della località Barliard ricade in zona valanghiva (Va)

Si tratta di una valanga ricorrente (eventi segnalati nel 1981, 2015, 2016, 2017 e 2018) con quota massima di distacco posta a circa 3567 m slm e con quota minima dell'accumulo di circa 1549 m. Come riportato sul catasto valanghe SCT “la valanga si può considerare periodica sino ad una quota di m 1900 nell'alpe Beruà, mentre da

informazioni avute scende vicino alla frazione Barliard ogni 30-40 anni o più, deviando il corso di un torrentello verso la frazione sopracitata. Informazione tratta dalla Guardia Forestale Jacquin Massimo di Valpelline.”

Essendo l’opera in progetto totalmente interrata, si ritiene che non vi siano interferenze tra il fenomeno valanghivo e la tubazione in progetto per cui la stessa risulta compatibile.

#### 4.6.6 Analisi conclusiva

In generale le aree ove sono previsti gli interventi sono caratterizzati dai seguenti dissesti segnalati:

- fenomeni di esondazione lungo il torrente Buthier d’Ollomont;
- fenomeni di debris-flow del torrente Gaoula;
- fenomeni di debris-flow del torrente Berruard;
- fenomeni di debris flow lungo il torrente Buthier d’Ollomont.
- fenomeni di debris-flow del torrente Lagobin;
- fenomeni valanghivi lungo il torrente Berruard.

Parte del tracciato seguito dalla nuova condotta ed il settore ove sono previsti la nuova condotta forzata, il cavidotto, il canale di restituzione e la cabina di consegna sono stati coinvolti da dissesti.

I settori ove insistono le opere in progetto sono in particolare vulnerabili rispetto ai fenomeni di dissesto che si possono verificare nel tratto fluviale lungo il quale si sviluppano. Si tratta principalmente dei fenomeni di esondazione e di debris-flow lungo i torrenti Gaoula, Berruard e Buthier d’Ollomont, oltre ai fenomeni valanghivi che possono svilupparsi lungo il torrente Berruard.

Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di esecuzione delle opere in progetto nei pressi degli attraversamenti degli alvei dei torrenti Gaoula, Buthier d’Ollomont e Berruard e lungo le loro arginature. Parimenti dovrà essere valutata attentamente la modalità di scavo nel settore della centrale e lo stato della falesia a monte della stessa in fase di realizzazione delle opere.

## 5. **AMBITI INEDIFICABILI E VINCOLI TERRITORIALI**

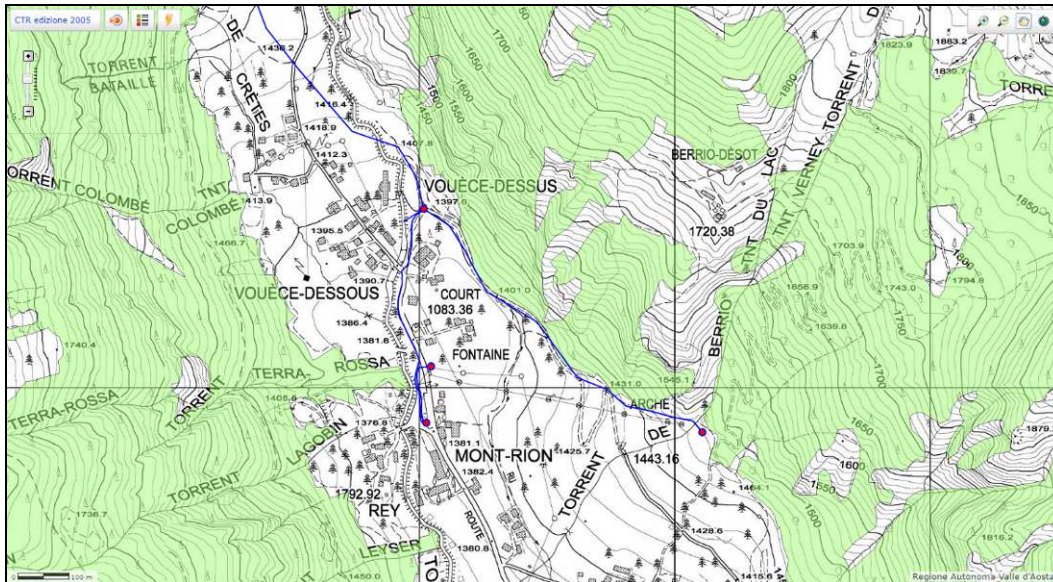
I settori oggetto degli interventi risultano essere posti all’interno delle **AREE** boscate, delle **ZONE** inedificabili per frana, delle **FASCE** inedificabili per inondazione, delle **ZONE** inedificabili per valanga (artt. 33, 35, 36 e 37 L.R. 11/98 e succ. mod.) e del vincolo idrogeologico; non rientra nei vincoli paesaggistici ed in aree tutelate.

Nello specifico, gli areali ove si realizzeranno le opere rientrano nelle zone F1, FC-1 (zona di cautela con valore di F1), F2 e F3 per frana, nelle fasce A, B e C per inondazione ed in zona Va (zona esposta a fenomeni valanghivi) per valanga.

Nello specifico:

Intervento	Artt. 33 e 34	Art. 35	Art. 35 c. 2 (in validazione)	Art. 36	Art. 37	Vincolo idrogeologico	Vincoli paesaggistici	Aree tutelate
<b>Preso Eaux-Blanches</b>	X	FC-1	---	Fascia A	---	X	---	---
<b>Vasca Eaux-Blanches</b>	X	FC-1	---	---	---	X	---	---
<b>Nuova condotta</b>	X	F1, FC-1, F2, F3	DF1, DF2 e DF3	Fasce A, B e C	Va	X	---	---





**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Art. 33 – GeoNavigatore – sito web RAVA**

La legge regionale 11/98 e succ mod. e relative delibere attuative (delibera della Giunta regionale 2939 del 10 ottobre 2008), prevede che:

**Art. 35 – F1**

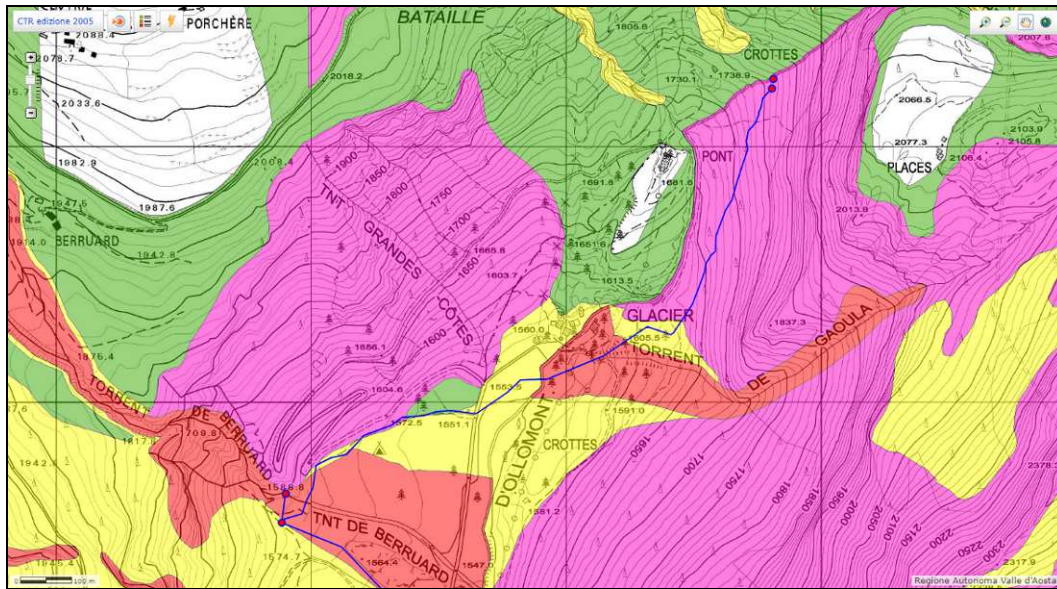
2. *Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1– F1, sono consentiti:*
  - a) *i seguenti interventi su edifici e fabbricati esistenti:*
    - 1) *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria;*
    - 2) *gli interventi di restauro e di risanamento conservativo sui fabbricati classificati documento o monumento o di pregio storico, culturale, architettonico, ambientale e sui beni culturali isolati di cui all'articolo 37 delle norme tecniche di attuazione del PTP, purché compatibili con il carattere architettonico delle strutture edilizie preesistenti, nei limiti delle variazioni di volume consentiti e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;*
    - 3) *gli interventi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti ubicati nelle zone di tipo A edificate del PRG, nei limiti della sagoma dell'edificio, per quanto concerne gli interventi di ristrutturazione edilizia, o delle variazioni di volume consentite, nel caso degli interventi di risanamento conservativo, e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste, compresi :*
      - i mutamenti di destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere e), f), h), i), l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998,
      - i mutamenti di destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere d), dbis), g) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998, limitatamente a fabbricati o porzioni di fabbricati all'interno dei quali esistano già unità destinate ad abitazione;
    - 4) *gli interventi di restauro, risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti destinati ad usi e attività di carattere agro-silvo-pastorali, compresi gli interventi per la realizzazione di residenze temporanee connesse alla conduzione aziendale e alla commercializzazione dei prodotti agricoli, ma esclusi gli interventi per lo svolgimento dell'attività di agriturismo ove non già esistente;*
    - 5) *nei limiti della sagoma dell'edificio, gli interventi edilizi di restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti destinati ad attività produttive, energetiche, ricreative, culturali,*



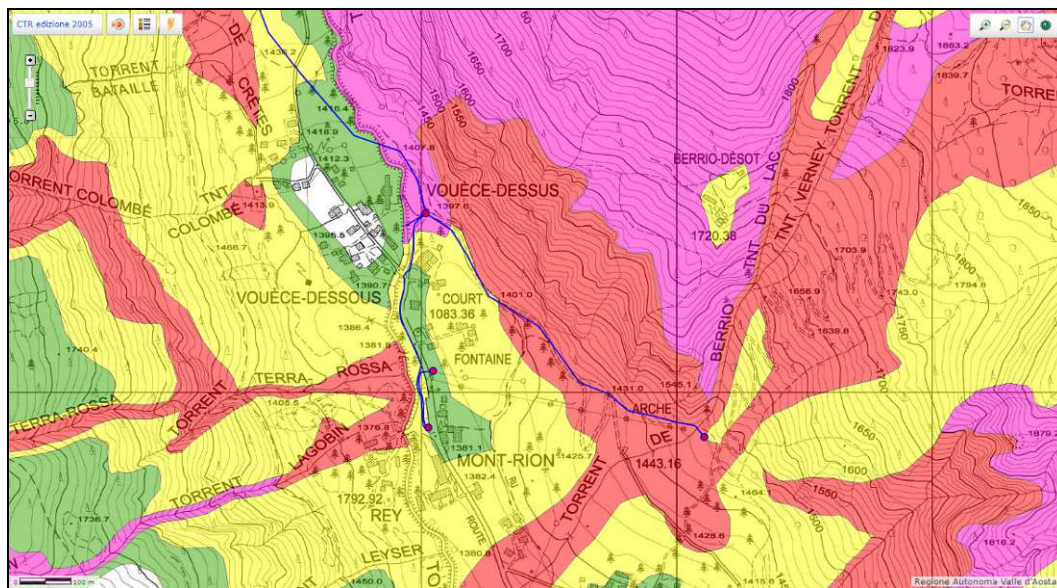
- sportive, commerciali, turistiche e ricettive (senza aumento del numero di posti letto) e i mutamenti di destinazione d'uso da categorie diverse alle categorie di cui alle lettere e), f), h), i) e l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998; tali interventi devono essere finalizzati all'ammodernamento e alla razionalizzazione delle attività e devono essere adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;*
- 6) gli interventi di adeguamento igienico-sanitario, tecnologico e di fruibilità degli edifici esistenti, compresi gli aumenti di volume a ciò strettamente necessari;*
- b) nei limiti di quanto previsto dal PRG, la realizzazione di strutture pertinenziali agli edifici esistenti, come tali prive di funzioni autonome e destinate invece al servizio esclusivo degli edifici predetti, compresi le autorimesse, i parcheggi a raso e i posti auto all'aperto, per soddisfare le esigenze degli occupanti o delle attività produttive, agro-silvo-pastorali, ricreative, culturali, sportive, turistiche o commerciali in atto negli edifici stessi;*
- c) i seguenti interventi relativi alle infrastrutture viarie:*
- 1) finalizzati a mantenere o riportare in efficienza l'infrastruttura viaria, a garantirne o a migliorarne la sicurezza mediante opere di protezione, di segnalazione, di adeguamento funzionale e di allargamento della sede dell'infrastruttura stessa;*
  - 2) la realizzazione di attraversamenti di impluvi e/o di corsi d'acqua, di sovrappassi e di sottopassi, di rotonde, di marciapiedi, di aree di sosta e/o di manovra, di parcheggi a raso e di posti auto al servizio di edifici esistenti, di passi carrabili e di rampe di accesso ad edifici e strutture esistenti;*
- d) gli interventi volti a migliorare la tutela della pubblica incolumità dai fenomeni di natura idraulica, geologica e valanghiva presenti in loco, ivi comprese le piste di cantiere e gli accessi per la realizzazione dell'opera e per garantire la manutenzione e la gestione delle opere stesse;*
- e) gli interventi di regimazione delle acque, superficiali e sotterranee, compresi quelli per la realizzazione di opere di derivazione delle acque e di accesso all'alveo;*
- f) gli interventi di sistemazione agraria o di rimodellamento del terreno, comprensivi di ogni intervento infrastrutturale necessario;*
- g) gli interventi di adeguamento funzionale di infrastrutture puntuali, lineari e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;*
- h) gli interventi di nuova costruzione di infrastrutture puntuali, lineari (ad eccezione delle piste di sci e degli impianti a fune), viarie (ad eccezione delle strade comunali, regionali e statali, delle autostrade e delle ferrovie) e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;*
- i) gli interventi di demolizione di fabbricati ed infrastrutture;*
- j) gli interventi finalizzati all'impianto e all'esercizio di cantieri temporanei mobili, ivi compresi gli accessi temporanei per la realizzazione dell'opera;*
- k) la realizzazione di infrastrutture connesse con l'attività estrattiva, la realizzazione di impianti per la lavorazione del materiale derivante da attività estrattiva e la realizzazione di depositi temporanei di materiali inerti;*
- l) gli interventi di potenziamento, di adeguamento e di nuova costruzione di impianti di trattamento delle acque reflue e di infrastrutture per la gestione dei rifiuti, quali depositi temporanei, discariche e aree di conferimento dei rifiuti, comprese le infrastrutture di accesso e quelle necessarie al loro funzionamento, ove non altrimenti localizzabili.*

3. *Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1– F1, i progetti relativi agli interventi sottoindicati, ammissibili ai sensi del precedente punto 2., devono essere altresì corredati da uno 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 indicate:*

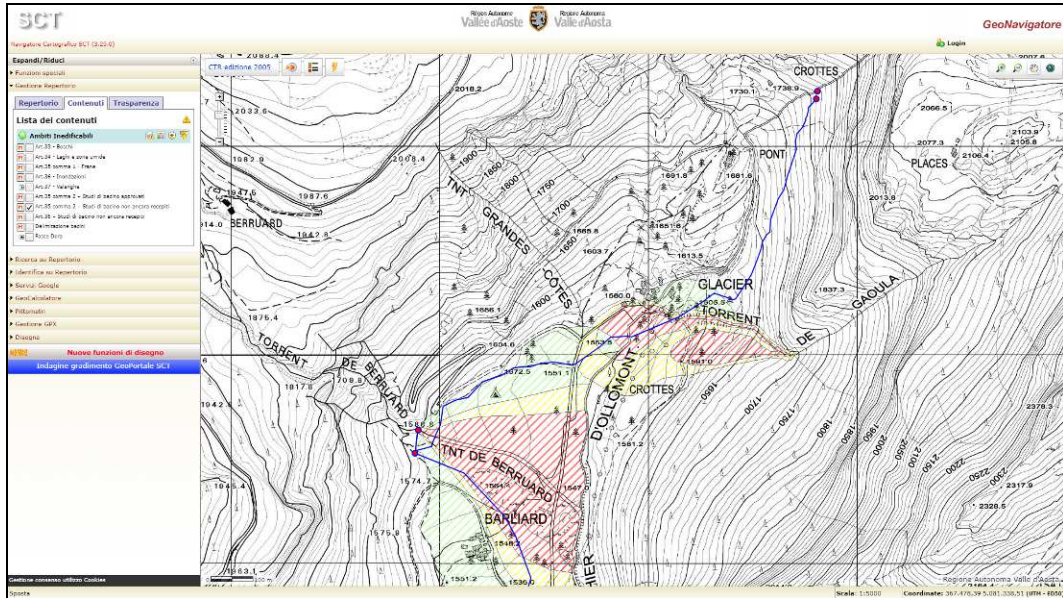
- a) gli interventi edilizi di cui alla lettera a), strutturalmente rilevanti, secondo quanto indicato nelle definizioni generali;
- b) gli interventi di cui alle lettere b), c.1), c.2), ad esclusione dei passi carrabili e delle rampe di accesso, d), e), f), g), h), i), j), k) e l).



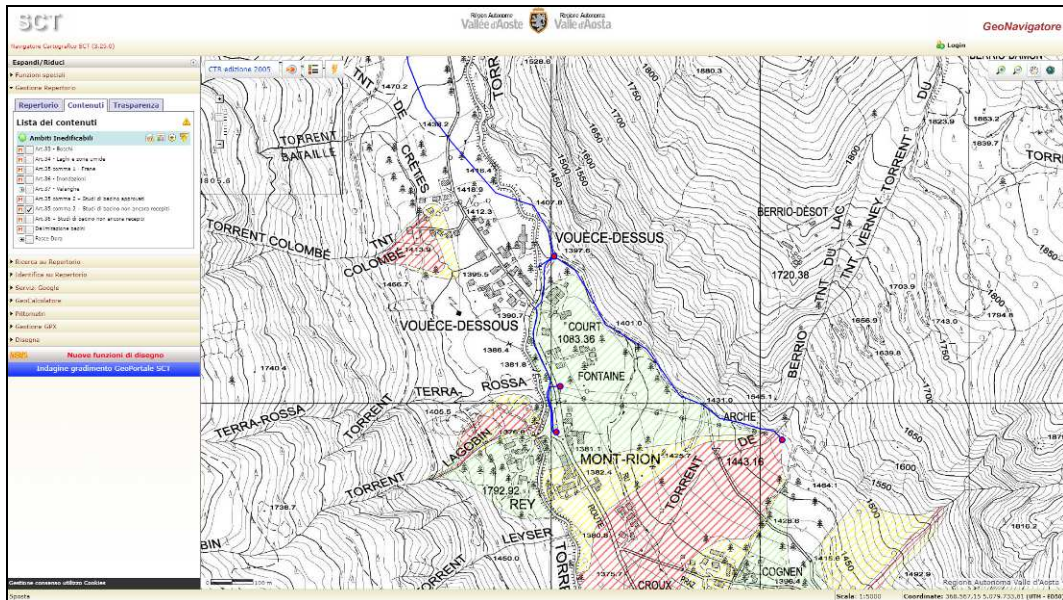
**Zona di Crottes e Berruard - Art. 35 – GeoNavigatore – sito web RAVA**



**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Art. 35 – GeoNavigatore – sito web RAVA**



**Zona di Crottes e Berruard - Art. 35 c.2 in validazione – GeoNavigator – sito web RAVA**



**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Art. 35 c. 2 in validazione– GeoNavigator – sito web RAVA**

**Art. 36 – fascia A**

2. Nelle aree della Fascia A, sono consentiti:

a) i seguenti interventi su edifici e fabbricati esistenti:

1. gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria;
2. gli interventi di restauro e di risanamento conservativo sui fabbricati classificati monumento o documento o di pregio storico, culturale, architettonico, ambientale e sui beni culturali isolati di cui all'articolo 37 delle norme tecniche di attuazione del PTP, purché compatibili con il carattere architettonico delle strutture edilizie preesistenti, nei limiti delle variazioni di volume consentiti e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;
3. gli interventi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti ubicati nelle zone di tipo A edificate del PRG, nei limiti della sagoma dell'edificio, per quanto concerne di interventi di ristrutturazione edilizia, o delle variazioni di volume consentite, nel caso degli interventi di risanamento conservativo, e a condizione che siano adeguatamente diminuite le condizioni di

*vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste, compresi:*

*-i mutamenti della destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere e), f), h), i), l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998;*

*-i mutamenti della destinazione d'uso relativi alle categorie di cui alle lettere d), dbis) e g), dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998 limitatamente ai fabbricati o porzioni di fabbricati all'interno dei quali esistano già unità destinate ad abitazione;*

4) *gli interventi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti, destinati ad usi e attività di carattere agro-silvo-pastorali, compresi gli interventi per la realizzazione di residenze temporanee connesse alla conduzione aziendale e alla commercializzazione dei prodotti agricoli, esclusi gli interventi per lo svolgimento dell'attività di agriturismo, ove non già esistente;*

5) *nei limiti della sagoma dell'edificio, gli interventi edilizi di restauro e risanamento conservativo e di ristrutturazione edilizia degli edifici esistenti destinati ad attività produttive, energetiche, ricreative, culturali, sportive, commerciali, turistiche e ricettive (senza aumento del numero di posti letto) e i mutamenti di destinazione d'uso da categorie diverse alle categorie di cui alle lettere e), f), h), i), l) dell'art. 73, comma 2, della l.r. n. 11/1998); tali interventi devono essere finalizzati all'ammodernamento e alla razionalizzazione delle attività in atto e devono essere adeguatamente diminuite le condizioni di vulnerabilità della struttura in relazione alle dinamiche di dissesto previste;*

6) *gli interventi di adeguamento igienico-sanitario, tecnologico e di fruibilità degli edifici esistenti, compresi gli aumenti di volume a ciò strettamente necessari;*

b) *nei limiti di quanto previsto dal piano regolatore, la realizzazione di strutture pertinenziali agli edifici esistenti, come tali prive di funzioni autonome e destinate invece al servizio esclusivo degli edifici predetti, comprese le autorimesse, i parcheggi a raso e i posti auto all'aperto, per soddisfare le esigenze degli occupanti o delle attività produttive, agro-silvo-pastorali, ricreative, culturali, sportive, turistiche o commerciali esistenti negli edifici stessi; nel caso di aree pianeggianti per le quali si dispone di una quota di riferimento derivante da uno studio di modellizzazione idraulica, è ammessa la realizzazione delle sole strutture poste ad una quota compatibile con la piena di riferimento. Nel caso di aree poste su conoidi o in settori prossimi ai corsi d'acqua dotati di una pendenza sufficiente a garantire il deflusso della corrente, escludendo pertanto fenomeni di rigurgito, è ammessa la realizzazione delle sole strutture per le quali si possa prevedere l'accesso unicamente verso valle, rispetto al flusso della corrente, con il piano di calpestio posto ad una quota pari o maggiore a quella del piano campagna del terreno verso valle, sempre rispetto al flusso della corrente, prive di ulteriori aperture che possano convogliare il flusso della corrente all'interno della struttura e dotate di dispositivi per impedire o limitare al massimo l'afflusso di acqua nella struttura in caso di piena;*

c) *i seguenti interventi relativi alle infrastrutture viarie:*

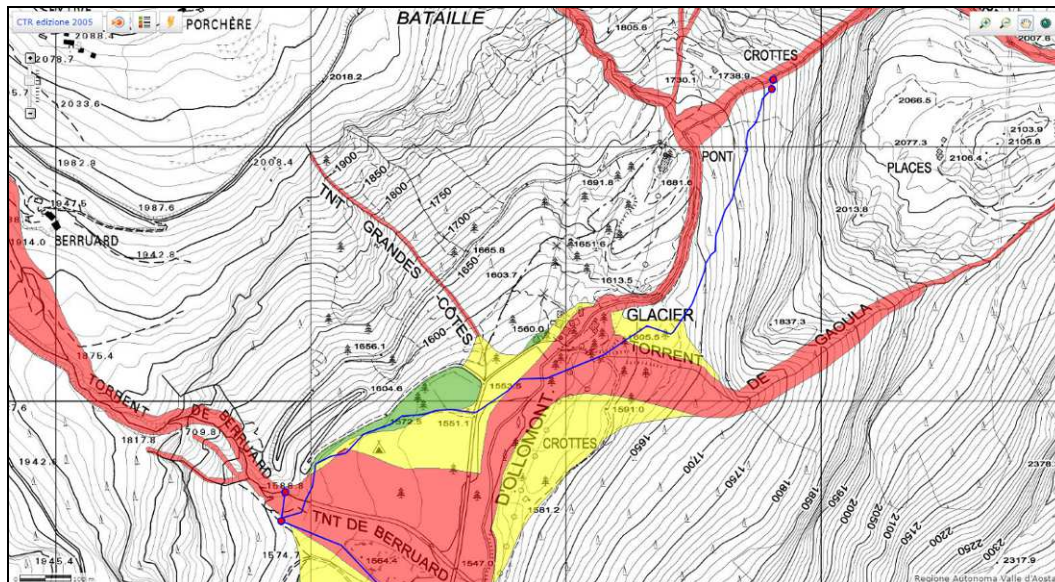
1) *finalizzati a mantenere o riportare in efficienza l'infrastruttura viaria, a garantirne o a migliorarne la sicurezza della fruizione, mediante opere di protezione, di segnalazione, di adeguamento funzionale e di allargamento della sede dell'infrastruttura stessa;*

2) *la realizzazione di attraversamenti di impluvi e/o di corsi d'acqua, di sovrappassi e di sottopassi, di rotonde, di marciapiedi, di aree di sosta o di manovra, di parcheggi a raso e di posti auto al servizio di edifici esistenti, di passi carrabili e di rampe di accesso ad edifici e strutture esistenti;*

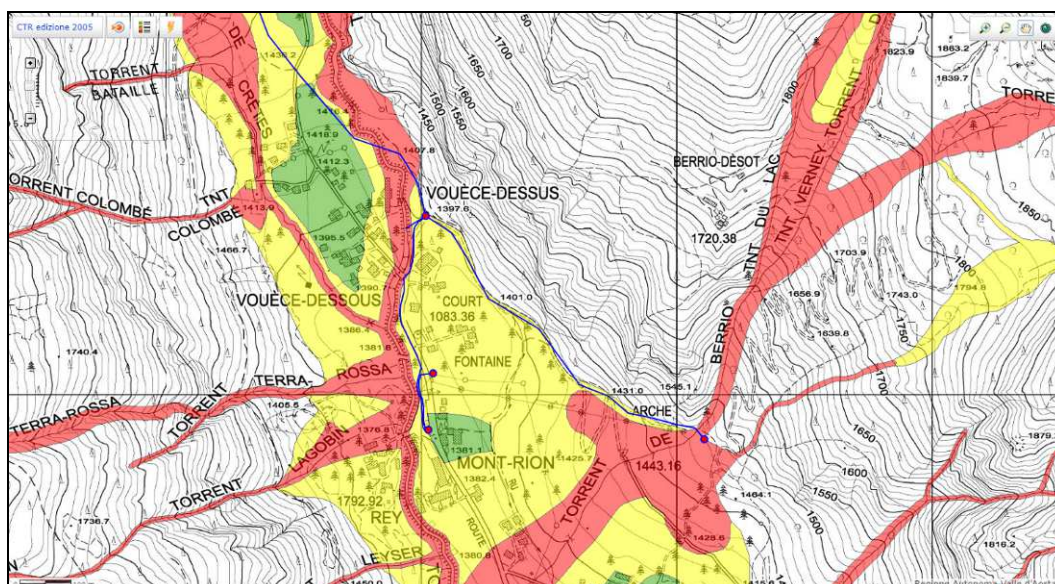
d) *gli interventi volti a migliorare la tutela della pubblica incolumità dai fenomeni di natura idraulica, geologica e valanghiva presenti in loco, ivi comprese le piste di cantiere e gli accessi per la realizzazione dell'opera e per garantire la manutenzione e la gestione delle opere stesse;*

- e) gli interventi di regimazione delle acque, superficiali e sotterranee, compresi quelli per la realizzazione di opere di derivazione delle acque e di accesso all'alveo;
  - f) gli interventi di sistemazione agraria o di rimodellamento del terreno, comprensivi di ogni intervento infrastrutturale necessario;
  - g) gli interventi di adeguamento funzionale di infrastrutture puntuali, lineari e a rete come indicate nella parte definizioni generali, non altrimenti localizzabili;
  - h) gli interventi di nuova costruzione di infrastrutture puntuali, lineari (ad eccezione delle piste di sci e degli impianti a fune), viarie (ad eccezione delle strade comunali, regionali e statali, delle autostrade e delle ferrovie) e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;
  - i) gli interventi di demolizione di fabbricati ed infrastrutture;
  - j) gli interventi finalizzati all'impianto e all'esercizio di cantieri temporanei mobili, ivi compresi gli accessi temporanei per la realizzazione dell'opera;
  - k) la realizzazione di infrastrutture connesse con l'attività estrattiva, la realizzazione di impianti per la lavorazione del materiale derivante da attività estrattiva e la realizzazione di depositi temporanei di materiali inerti;
  - l) gli interventi di potenziamento, adeguamento e nuova costruzione di impianti di trattamento delle acque reflue e di infrastrutture per la gestione dei rifiuti, quali depositi temporanei, discariche e aree di conferimento dei rifiuti, comprese le infrastrutture di accesso e quelle necessarie al loro funzionamento, ove non altrimenti localizzabili.
3. Nelle aree della Fascia A i progetti degli interventi, ammissibili secondo quanto previsto al punto 2. precedente e strutturalmente rilevanti, secondo quanto indicato nel capitolo sulle definizioni generali, devono essere corredati anche da uno 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.
4. 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 deve essere valutato dalla struttura regionale competente in materia nei seguenti casi:
- a) interventi di cui alla precedente lettera a), strutturalmente rilevanti in termini di interazione con le dinamiche di dissesto previste, come indicati nelle definizioni generali;
  - b) interventi di cui alle lettere da b) a l).

Nel caso di procedimenti autorizzativi e/o valutativi di competenza della Regione che dovessero interessare l'intervento previsto, la valutazione della compatibilità dell'intervento è espressa nell'ambito del procedimento stesso. La partecipazione ai suddetti procedimenti amministrativi è richiesta dal funzionario regionale responsabile del procedimento.



**Zona di Crottes e Berruard - Art. 36 – GeoNavigatore – sito web RAVA**



**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Art. 36 – GeoNavigatore – sito web RAVA**

### **Art. 37**

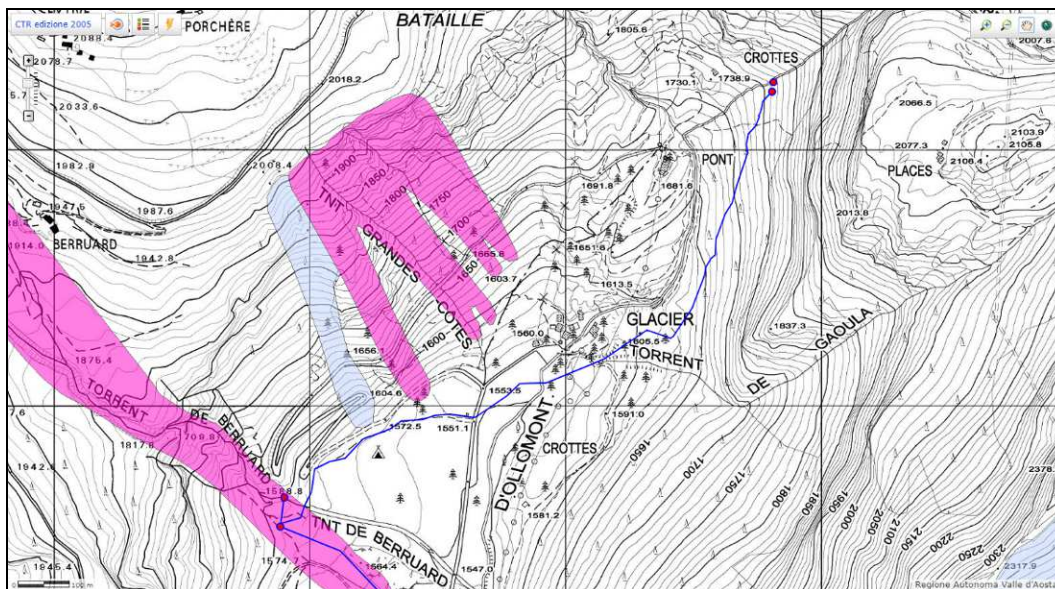
1. I terreni soggetti al rischio di valanghe o slavine sono distinti, in funzione dell'intensità degli eventi attesi e della loro frequenza, in classi di elevata, media e debole pericolosità.
2. La delimitazione delle aree di cui al comma 1 avviene con le modalità e secondo le procedure di cui all'articolo 38, sulla base di idonei studi realizzati secondo specifiche metodiche di valutazione della pericolosità definite dalla Giunta regionale, con propria deliberazione, su proposta della struttura regionale competente in materia di difesa del suolo.
3. Per le aree di cui al comma 1, la Giunta regionale, sentito il Consiglio permanente degli enti locali, stabilisce con propria deliberazione le trasformazioni, gli interventi, gli usi e le attività consentiti, connessi alla pianificazione urbanistica.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Deliberazione della Giunta regionale n. 1949 in data 5/10/2012

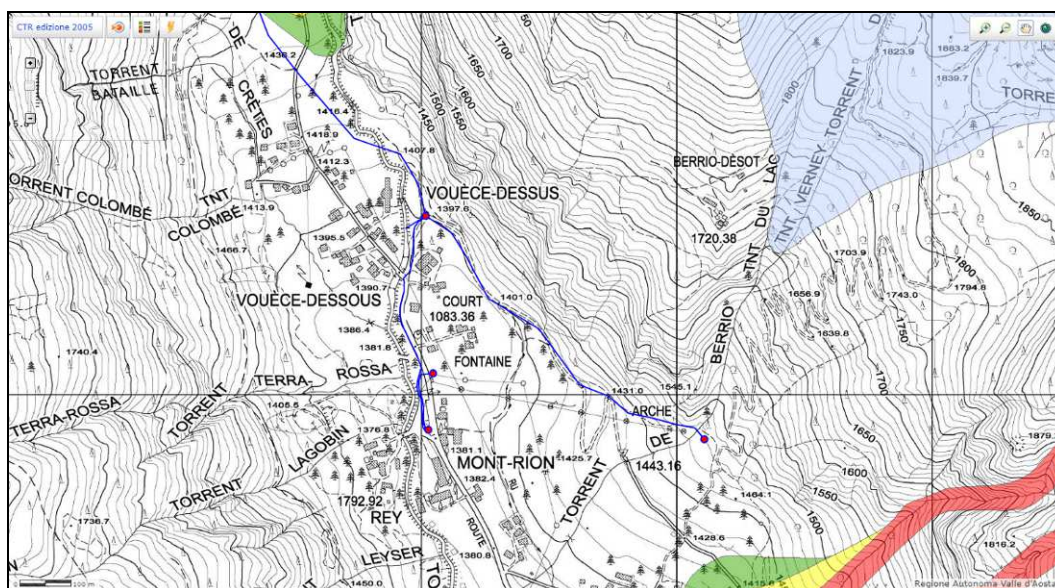
#### **Art. 37, comma 3:**

Per gli interventi su terreni soggetti a rischio valanghe o slavine, l'articolo stabilisce che con deliberazione della Giunta regionale sono indicate le trasformazioni, gli interventi, gli usi e le attività consentiti. Tale deliberazione non è stata ancora approvata, ma il comma 4 del medesimo art. 37 modificato stabilisce che sono ammissibili, tra gli altri, gli interventi compatibili con un adeguato livello di sicurezza delle aree stesse e il comma 5 che gli interventi ammissibili devono basarsi su specifiche analisi e valutazioni. In assenza della deliberazione della Giunta prevista al comma 3 dell'art. 37, compete al Comune valutare se l'intervento è ammissibile e a quali condizioni. Ove ritenga utile, nello spirito di collaborazione tra le strutture pubbliche, potrà essere richiesta una valutazione tecnica alla competente struttura in materia di neve e valanghe per i casi più rilevanti e complessi.

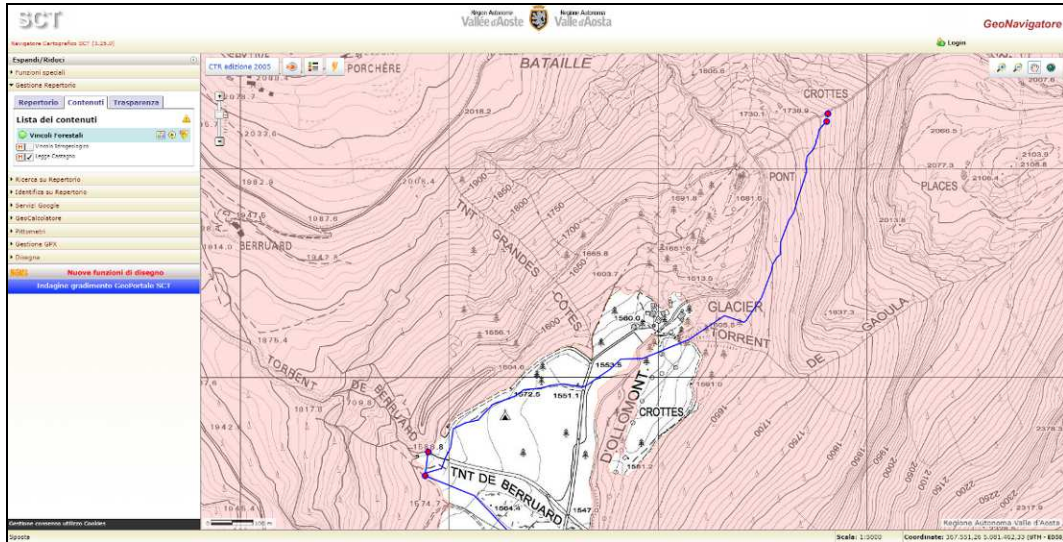
4. Nelle aree di cui al comma 1 sono ammissibili gli interventi compatibili con un adeguato livello di sicurezza delle aree stesse, gli interventi finalizzati alla difesa, stabilizzazione e consolidamento dei terreni e al miglioramento della tutela della pubblica incolumità dai dissesti, nonché gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e delle infrastrutture esistenti.
5. I progetti relativi agli interventi ammissibili devono basarsi, qualora previsto dalla deliberazione della Giunta regionale di cui al comma 3, su specifiche analisi di interferenza valanghiva e sulla specifica valutazione dell'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto o di quelle conseguibili con le opere di difesa necessarie.



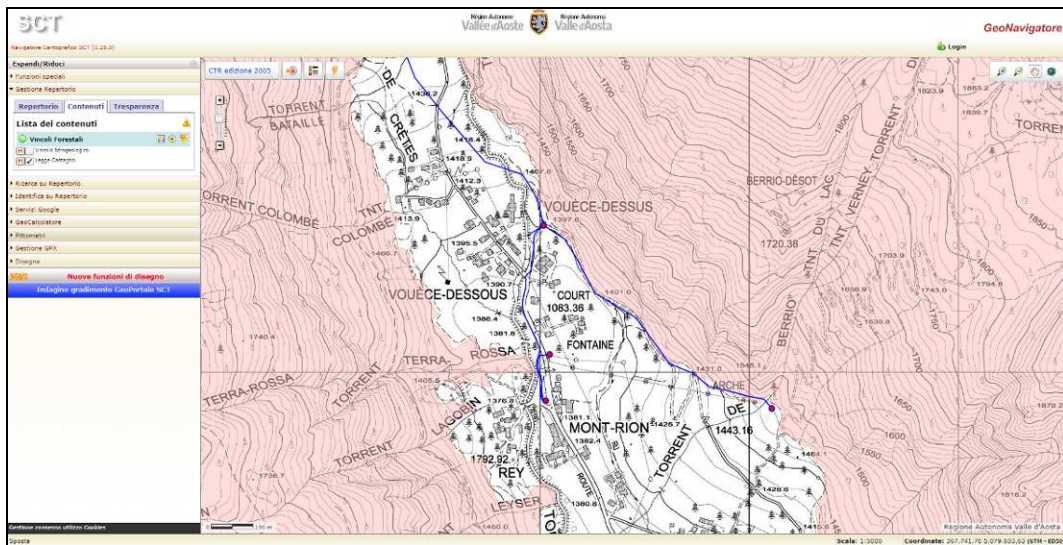
**Zona di Crottes e Berruard - Art. 37 – GeoNavigatore – sito web RAVA**



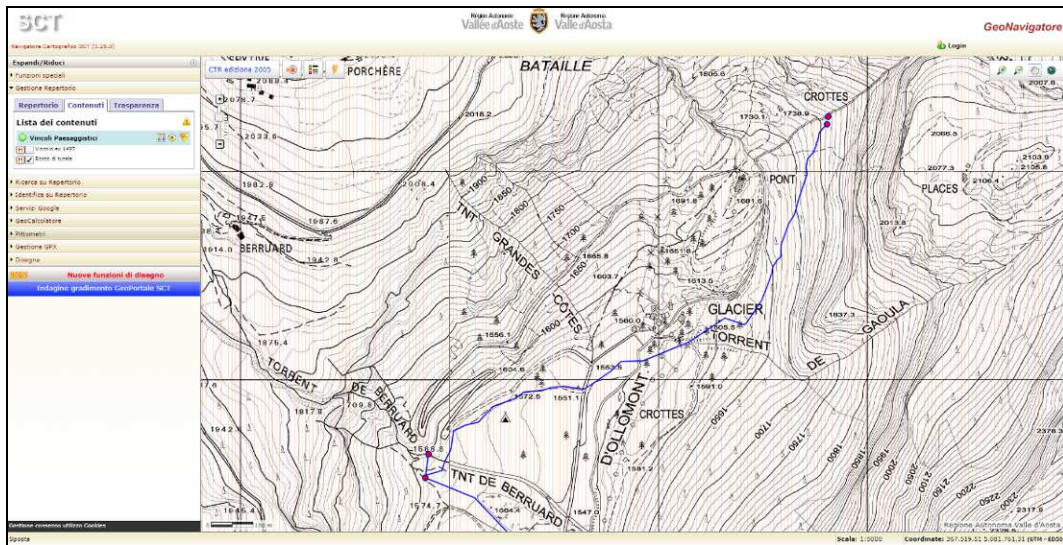
**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Art. 37 – GeoNavigatore – sito web RAVA**



**Zona di Crottes e Berruard - Vincoli Forestali, Legge Castagno – GeoNavigator – sito web RAVA**

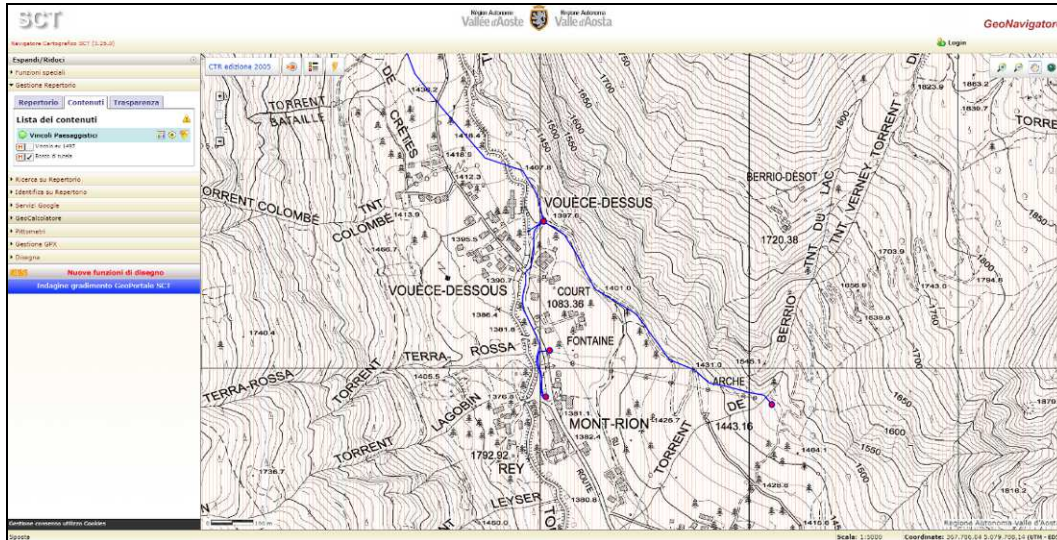


**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Vincoli Forestali, Legge Castagno – GeoNavigator – sito web RAVA**

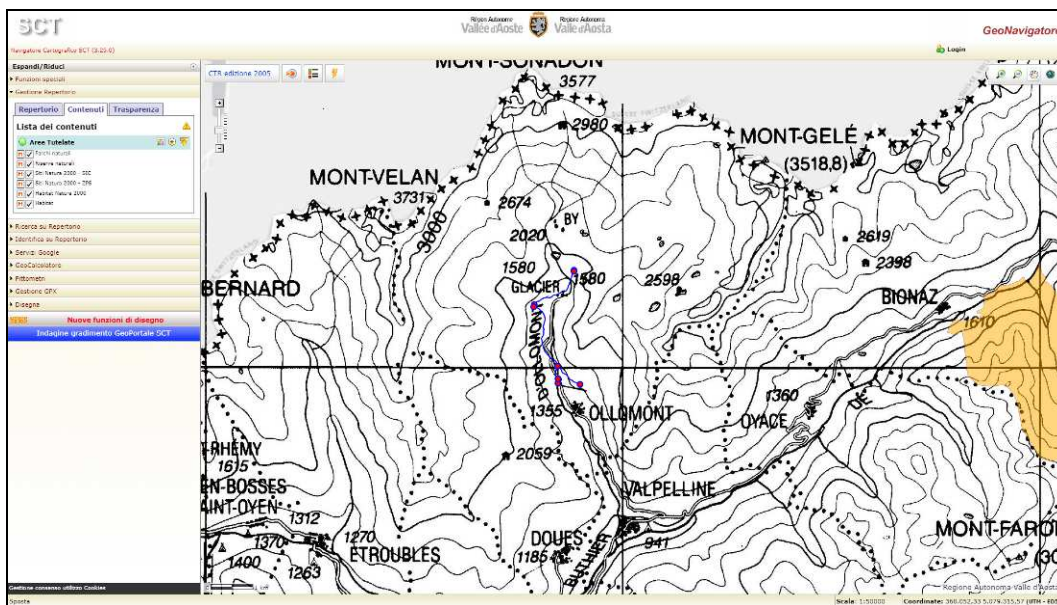


**Zona di Crottes e Berruard - Vincoli Paesaggistici, Bosco di tutela – GeoNavigator – sito web RAVA**





**Zona di Vouèze e Mont-Rion - Vincoli Paesaggistici, Bosco di tutela – GeoNavigator – sito web RAVA**



**Aree tutelate – GeoNavigator – sito web RAVA**

## 6. MODELLAZIONE SISMICA

### 6.1 PREMESSE

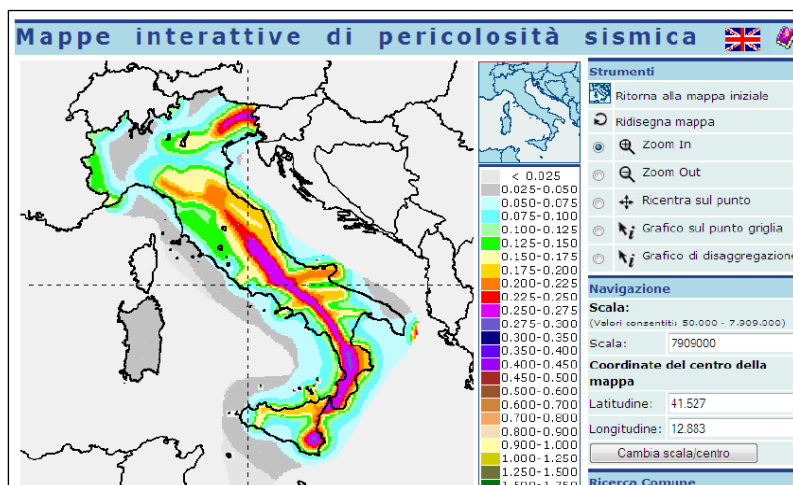
La normativa attuale relativa alla classificazione sismica del territorio nazionale e delle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica è rappresentata dal OPCM 3274 del 20 marzo 2003, dal OPCM 3379 del 5 novembre 2004, dal D.M. 14.01.08 "Norme tecniche per le costruzioni" e dal D.M. 17.01.18 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

La vecchia normativa italiana (D.M. 16.1.96), come noto, classifica le aree sismiche in tre categorie (I, II e III) caratterizzate da diversi gradi di sismicità (12, 9 e 6), cui corrispondono i cosiddetti coefficienti sismici  $C$ , pari rispettivamente a 0.1, 0.07 e 0.04. Tale classificazione scaturisce essenzialmente dalle mappe di intensità macrosismica, che a loro volta si basano sulla osservazione degli effetti indotti dai terremoti in superficie, sull'ambiente fisico, sui manufatti ed anche sulle persone (vedi ad esempio le varie scale di intensità Mercalli). In pratica la classificazione sismica, e le azioni che congruentemente si determinano, derivano da una osservazione del fenomeno terremoto che potremmo definire

“dall’alto” ed “a posteriori”: dall’alto nel senso fisico del termine, poiché si osservano sia l’ambiente fisico sia quello costruito, ed a posteriori, poiché si tiene conto degli effetti prodotti al termine dell’azione sismica, che sono funzione sia della “pericolosità” intrinseca del sito, sia della “vulnerabilità” dell’ambiente fisico e costruito.

Nella valutazione delle azioni sismiche è inoltre contemplato il ruolo delle condizioni “locali” dei terreni del sottosuolo, attraverso il cosiddetto coefficiente di fondazione  $\epsilon$ , che incrementa le azioni sismiche del 30% per il solo caso di depositi alluvionali di spessore variabile da 5 a 20 m, soprastanti terreni coesivi o litoidi con caratteristiche meccaniche significativamente superiori. Tale coefficiente costituisce quindi una sorta di numero magico, che si basa esclusivamente sulla natura del deposito, e non su valutazioni quantitative delle reali caratteristiche meccaniche dei terreni. La nuova normativa italiana che recepisce parte del EC8 ( EN1998 - Eurocodice 8 – Design of structures for earthquake resistance), invece, cambia completamente approccio nella valutazione della sismicità di un’area, in quanto essa scaturisce da una osservazione del fenomeno sismico che potremmo definire “dal basso” ed “a priori”: dal basso nel senso fisico del termine, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo “profondo” verso la superficie libera, ed a priori, poiché la zonazione sismica tiene conto esclusivamente del moto sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull’ambiente fisico e costruito.

In definitiva la norma mira anzitutto alla identificazione del valore di una particolare accelerazione massima, al termine del viaggio del moto sismico dalla zona d’origine (sorgente sismica) fino in superficie, su di una formazione rigida affiorante.



Con il D.M. 14 gennaio 2008 e gli aggiornamenti successivi la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un

criterio "zona dipendente".

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito, si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato “periodo di riferimento”  $V_R$  e la probabilità è denominata “probabilità di eccedenza o di superamento nel “periodo di riferimento”  $P_{VR}$ .

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita facendo riferimento ad un sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

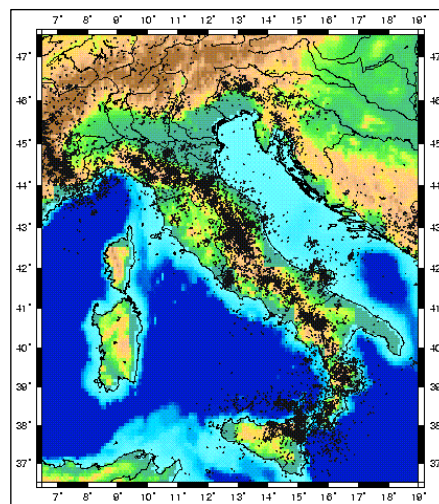
Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata  $P_{VR}$ , si ritengono individuate quando se ne conosca l’accelerazione massima ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione ( $S_E$ ).

E’ necessario inoltre tenere conto, certamente in maniera più razionale, della presenza dei terreni sciolti a ricoprimento della formazione rigida, e quindi del cosiddetto effetto “locale”, previa individuazione di diverse classi di sottosuolo, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. In tale caso, però, i

diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico che consistono non solo nella variazione dell'accelerazione di picco, ma anche nella implicita variazione del contenuto in frequenza del segnale stesso.

La Rete Sismica Nazionale Centralizzata registra più di 2000 terremoti l'anno. La rete opera con continuità dalla metà degli anni '70 ed è stata ampliata in seguito al terremoto distruttivo dell'Irpinia del 1980 ( $M_s=6.9$ ). Il catalogo sismico strumentale riporta circa 35.000 terremoti verificatisi in Italia a partire dal 1975. La sismicità crostale rappresenta la maggior parte dell'attività sismica registrata. Come risulta dalla mappa, la sismicità si concentra soprattutto nelle Alpi, lungo gli Appennini e riguarda la maggior parte dei vulcani attivi del Quaternario (per esempio l'Etna, il Vesuvio, i Campi Flegrei, i Colli Albani). Inoltre si verificano sequenze anche nel promontorio del Gargano mentre la Puglia e la Sardegna sembrano essere relativamente asismiche.

La penisola italiana è interessata anche da terremoti intermedi e profondi. Sebbene il loro numero sia relativamente esiguo, sono di grande importanza per la comprensione della dinamica dei processi profondi. Terremoti fino a 500 km di profondità avvengono nella zona del Tirreno meridionale e la loro profondità aumenta andando da Sud-Est verso Nord-Ovest. Questi eventi evidenziano la subduzione attiva della litosfera Ionica al di sotto dell'Arco Calabro. La maggior parte dell'attività è concentrata soprattutto verso i 300 km di profondità, dove i terremoti possono raggiungere anche Magnitudo 7. Un esiguo numero di terremoti di Magnitudo moderata ( $< 4.0$ ) e di profondità intermedia si verificano anche nell'Appennino settentrionale. La profondità massima osservata per questi terremoti è di circa 100 Km e, sebbene non siano ancora ben studiati, suggeriscono un processo di subduzione attiva anche per questo settore della penisola italiana.



Nel D.M. 14 Gennaio 2008 e nel suo successivo aggiornamento del Gennaio 2018 viene evidenziato che, *“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.*

*I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche”.*

## 6.2 DEFINIZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO

L'area di Ollomont è attualmente classificata in **zona sismica 3** ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 con recepimento della Delibera di Giunta regionale n. 1603 del 4 ottobre 2013 – Approvazione

delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 "Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche" – Revoca della DGR 1271 del 2 agosto 2013 – per le quali **"tutti i comuni della Regione Autonoma della Valle d'Aosta sono classificati in zona sismica 3 ai fini e per gli effetti di quanto stabilito dalla legge regionale 23/2012"**.

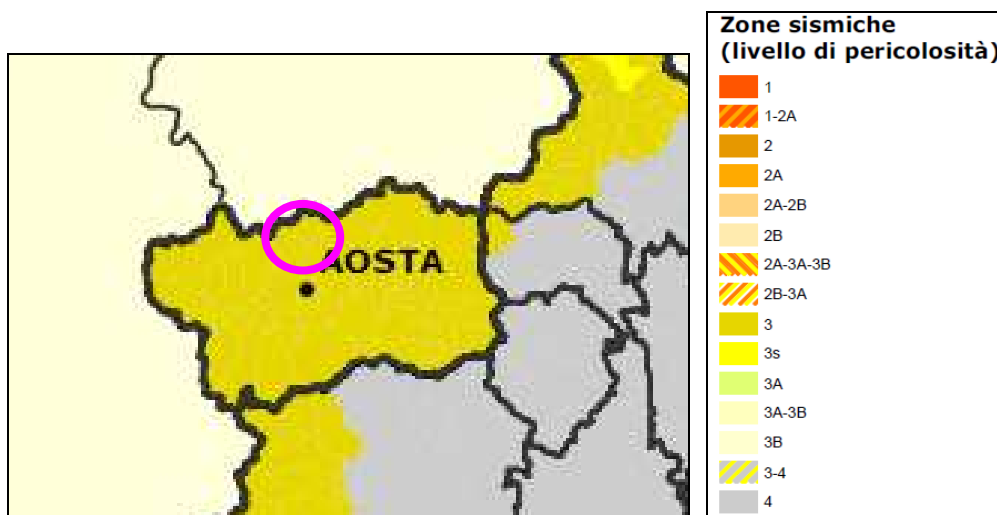


Presidenza del Consiglio dei Ministri  
**Dipartimento della protezione civile**  
 Ufficio rischio sismico e vulcanico

### Classificazione sismica al 2015

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.

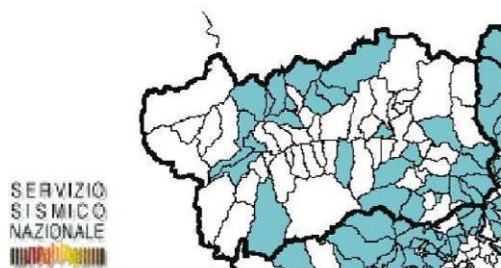
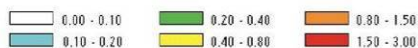
Atti di recepimento al 1° giugno 2014. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 19/11/10, n. 1362. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129. Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 2/8/06, n. 1171. Piemonte: DGR 12/12/11, n. 4-3084. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 878. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603.



Di seguito si riporta, per maggiore completezza d'indagine, i risultati del Gruppo di lavoro del GNDT (1996) sull'analisi di rischio sismico per tutta la nazione riferita al patrimonio abitativo (elaborazioni basate sui dati ISTAT 1991), le massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani e le principali osservazioni sismiche disponibili per Ollomont (storia sismica):

Danno totale annuo atteso per comune espresso in percentuale della superficie abitativa

Danno totale annuo atteso del patrimonio abitativo per comune (metri quadri equivalenti)



SERVIZIO  
SISMICO  
NAZIONALE

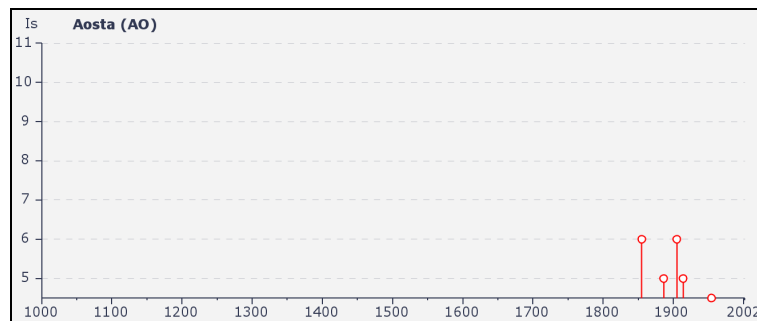
COD-ISTAT	COD-94	DENOMINAZIONE	IMAX
2007046	2007046	Ollomont	<6

**Seismic history of Aosta**  
**[45.737, 7.313]**

Total number of earthquakes: 15

Is	Effects				Earthquake occurred:						
	Anno	Me	Gi	Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw		
3	1808	04	02	16 43	Valle del Pellice	CFTI	107	8	5.67		
6	1855	07	25	12	Vallese	CFTI	52	8-9	5.81		
2	1873	03	12	20 04	Marche meridionali	CFTI	196	8	5.88		
4	1880	07	04	19 55	Vallese	CFTI	85	7	5.38		
4	1884	11	27	22 15	Alpi Cozie	CFTI	63	6-7	5.36		
5	1886	09	05		VAL DI SUSÀ	DOM	102	6-7	5.27		
4	1887	02	23	05 21 50	Liguria occidentale	CFTI	1515	9	6.29		
3	1892	03	05		PONT S. MARTIN	DOM	86	7	5.09		
6	1905	04	29	01 46 45	Alta Savoia	CFTI	267	7-8	5.79		
5	1914	10	26	03 45	TAVERNETTE	DOM	67	7	5.36		
2	1920	09	07	05 55 40	Garfagnana	CFTI	638	9-10	6.48		
4-5	1954	05	19	09 34 55	Vallese	CFTI	40	6	5.46		
3	1960	03	23	23 08 49	Vallese	CFTI	178	6-7	5.36		
F	1968	06	18	05 27	BARD	DOM	60	6	5.18		
2	1983	11	09	16 29 52	Parmense	CFTI	835	6-7	5.10		

this file has been downloaded from INGV - DBMI04



Negli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica- Gruppo di lavoro MS 2008”, è riportato un metodo semplice e in favore di sicurezza che può essere utilizzato per stimare quale sia il valore di magnitudo da considerare per il sito che si basa, sempre a partire dalla zonazione sismogenetica (ZS 9), sulle coppie di valori Magnitudo media - distanza M-R caratteristici di ogni sito desunti dai dati di disaggregazione della pericolosità sismica (vedi dati Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia - Gruppo di lavoro, 2004 e INGV Spallarossa e Barani, 2007), i quali permettono di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito per determinati tempi di ritorno. Di seguito si riportano, per il comune in esame, i valori medi e modali presenti nella tabella Comuni\_MR (nel DVD allegato agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica):

Cod Istat	Comune	DentroVicino	Mmedia	Rmedia	Mmoda	Rmoda
2007046	Ollomont	D	4,93	13	4,75	5

### 6.3 VITA NOMINALE, CLASSI D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La **vita nominale** di progetto  $V_N$  di un’opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo. Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l’intento di essere riutilizzate. Per un’opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a PN, la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a PN e comunque non inferiore a 5 anni.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in **classi d'uso** così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

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

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adatteranno valori di  $C_U$  anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Nel nostro caso, in base alle indicazioni fornite dal progettista, si ha come periodo di riferimento  $V_R$ :

Vita nominale	Classi d'uso	Periodo di riferimento
$V_N$	IV	$V_R$
	Coefficiente d'uso	
	$C_U$	
100	2	200

#### 6.4 DEFINIZIONE DELLE FORME SPETTRALI

Di seguito si riportano gli spettri di risposta, la variabilità dei parametri ed i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  riferiti al sito in oggetto calcolati con il programma SPETTRI-NTC ver. 1.0.3.

## Centrale – fase di scavo e opere provvisionali

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLosità DEL SITO

Ricerca per coordinate  
 Ricerca per comune

LONGITUDINE: 7.30640  
 LATITUDINE: 45.85894

REGIONE: Valle d'Aosta  
 PROVINCIA:  
 COMUNE:

Elaborazioni grafiche  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controlli sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate "STAT" del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle che si applicano al sito, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Via nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$ :  info  
 Coefficiente di uso della costruzione -  $c_u$ :  info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$ :  info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$

Stati limite di esercizio - SLE  
 SLD -  $P_{1/Rn} = 63\%$   
 SLV -  $P_{1/Rn} = 10\%$

Stati limite ultimi - SLU  
 SLC -  $P_{1/Rn} = 5\%$

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

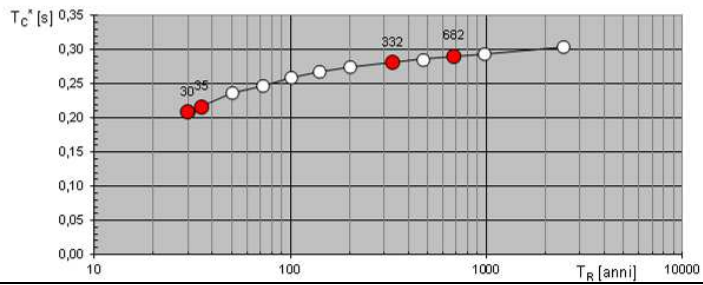
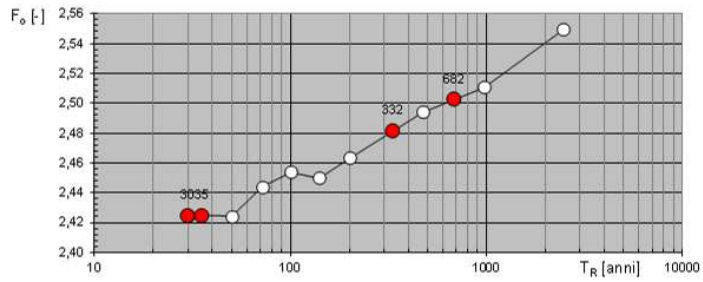
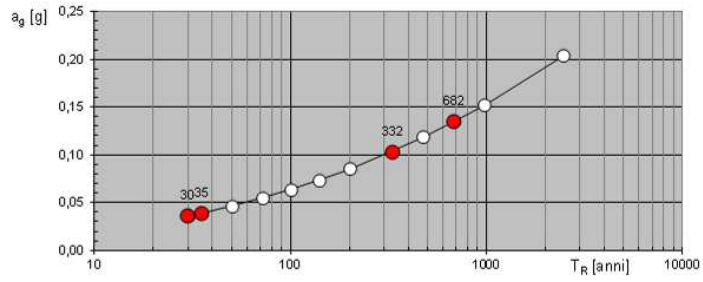
LEGENDA GRAFICO  
 .....D..... Strategia per costruzioni ordinarie  
 .....D..... Strategia scelta

INTRO **FASE 1** **FASE 2** FASE 3

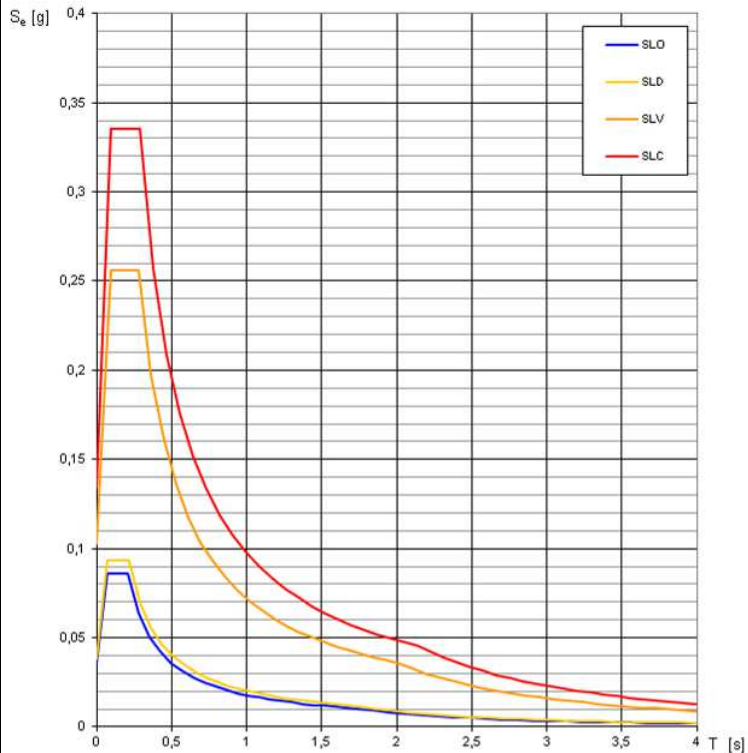
### Valori dei parametri $a_g$ , $F_0$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [l]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,036	2,425	0,208
SLD	35	0,039	2,425	0,217
SLV	332	0,103	2,481	0,281
SLC	682	0,134	2,502	0,290

Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite





### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate  
 Ricerca per comune

LONGITUDINE: 7,20840  
 LATITUDINE: 45,05894  
 REGIONE: Valle d'Aosta  
 PROVINCIA:  
 COMUNE:

Elaborazioni grafiche  
 Grafico spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

La "Ricerca per comune" utilizza la cartografia catastale per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere considerate individuali e si consiglia quindi la "Ricerca per coordinate".

Controllo sul reticolo  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione completa

Interpolazione  
 superficie rigata

INTR0 FASE 1 FASE 2 FASE 3

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Via nominale della costruzione (in anni) -  $V_n$ : 100 info  
 Coefficiente di uso della costruzione -  $c_d$ : 2 info

Valori di progetto  
 Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_d$ : 200 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$   
 Stati limite di esercizio - SL-E { SLO -  $P_{Rn} = 81\%$  120  
 SLD -  $P_{Rn} = 63\%$  201  
 SLV -  $P_{Rn} = 10\%$  1898  
 Stati limite ultimi - SL-U { SLC -  $P_{Rn} = 5\%$  2475

Elaborazioni  
 Grafici parametri azione  
 Grafici spettri di risposta  
 Tabelle parametri azione

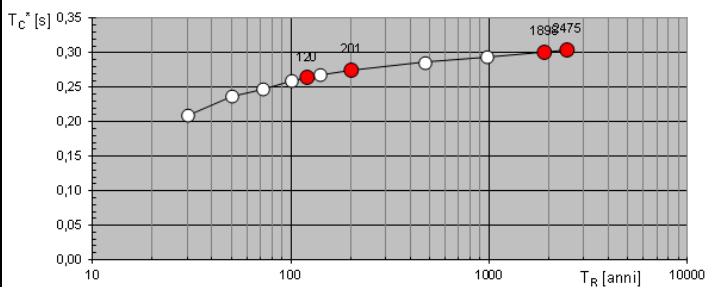
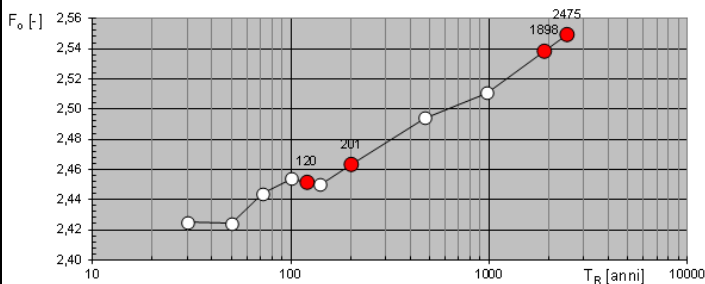
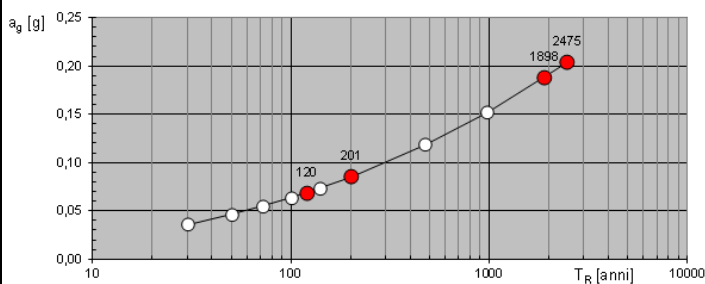
Strategia di progettazione  
 LEGENDA GRAFICO  
 ---O--- Strategia per costruzioni ordinarie  
 ---C--- Strategia scelta

INTR0 FASE 1 FASE 2 FASE 3

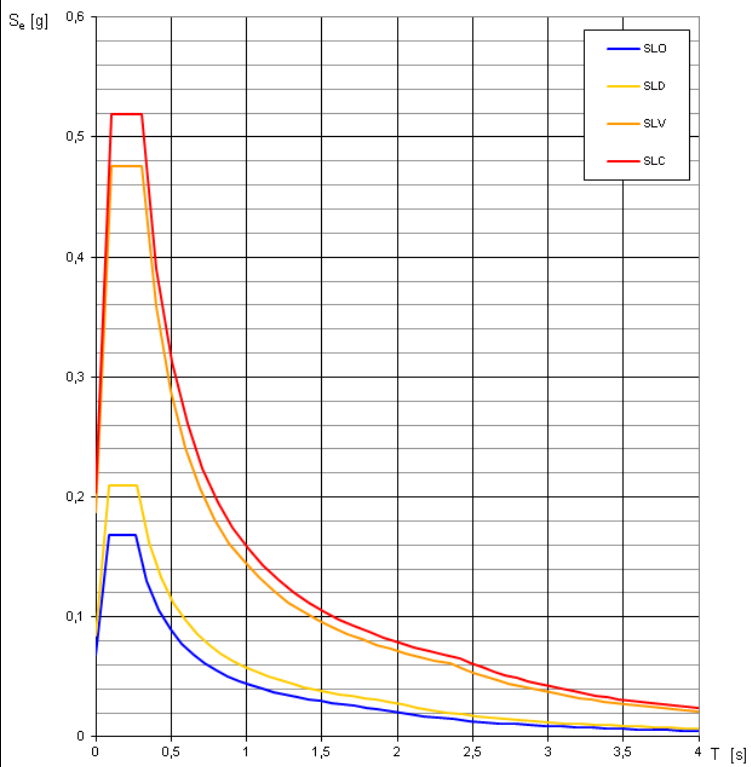
**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0,069	2,452	0,264
SLD	201	0,085	2,463	0,275
SLV	1898	0,187	2,538	0,302
SLC	2475	0,204	2,549	0,305

Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno  $T_R$



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



## 6.5 ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'azione sismica individuata al capitolo precedente, viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 08 e successivi aggiornamenti, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale (RSL).

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi di dettaglio. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

In considerazione delle condizioni geologico-stratigrafiche e strutturali, ed alla luce dell'importanza del progetto, si è deciso di utilizzare l'approccio semplificato. Tale approccio prevede che i valori di  $V_S$  vengano ottenuti mediante specifiche prove, oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, vengano valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

$h_i$	spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da $V_S$ non inferiore a 800 m/s.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 14.01.08 e l'aggiornamento del gennaio 2018 definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Di seguito si riporta la tabella con i differenti tipi di profilo:

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

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

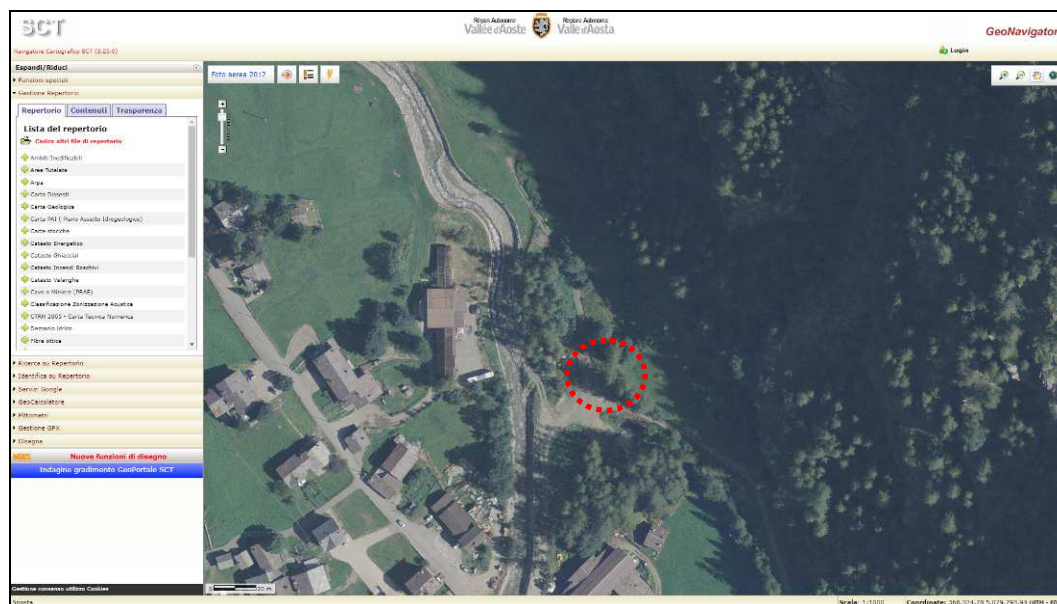
Relativamente all'opera di presa non sono state eseguite delle prove HVSR in quanto la roccia è affiorante.

Eventuali altre prove saranno effettuate nei siti di maggiore interesse.

### 6.5.1 *Indagine geofisica tramite tecnica HVSR*

Per la caratterizzazione sismostratigrafica del terreno attraverso la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio sono state effettuate, nel settore ove sorgerà la centrale di produzione, delle prove geofisiche indirette (HVSR) eseguite dal dott. geol. junior Alessandro Zoja, di cui si riportano di seguito, in sintesi, l'ubicazione ed i risultati.

## Centrale



*Planimetria dell'indagine HVSR – GeoNavigator – sito web RAVA*



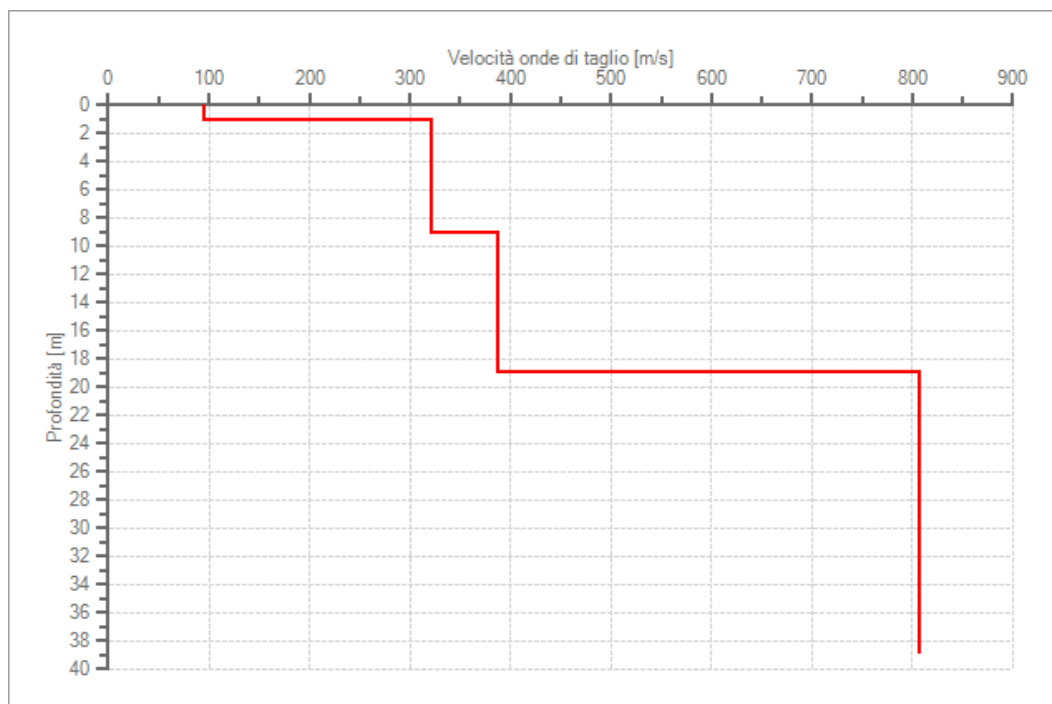
### **MODELLO STRATIGRAFICO**

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4  
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 5,45 Hz  
 Valore di disadattamento: 0,17

### **DATI DELLA STRATIGRAFIA**

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	17	0.3	95
2	1	8	18	0.3	321
3	9	10	19	0.3	387
4	19	20	22	0.3	807



### 6.5.2 Analisi dei risultati dell'indagine HVSR

#### Centrale

La situazione sismostratigrafica ricostruita sulla base delle indagini eseguite è risultata la seguente: è presente il bedrock rigido sismicamente ( $V_s = 810$  m/sec) ad una profondità di circa 19 m, sottostante una copertura di terreni mediamente addensati, caratterizzata da velocità  $V_s$  di circa 390 m/sec, nonché da un livello di terreni poco addensati con velocità di circa 320 m/s. In superficie in ultimo è presente un livello poco potente (circa 1 m) di terreni scarsamente addensati.

Considerando il piano di fondazione posto ad una profondità di circa 5,5 m dal piano ove è stata effettuata la prova, il valore della velocità  $V_{s,eq}$  è pari a 367 m/s, riconducibile ad una **categoria di sottosuolo B**, visto che si è in presenza di terreni caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

h	$V_s$	$h/V_s$
3,5	321	0,010903
10	387	0,02584
<b>13,5</b>		<b>0,03674</b>

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

<b>367</b>	<b><math>V_s</math></b>
------------	-------------------------

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

### 6.5.3 Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui ai capitoli precedenti. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante

specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

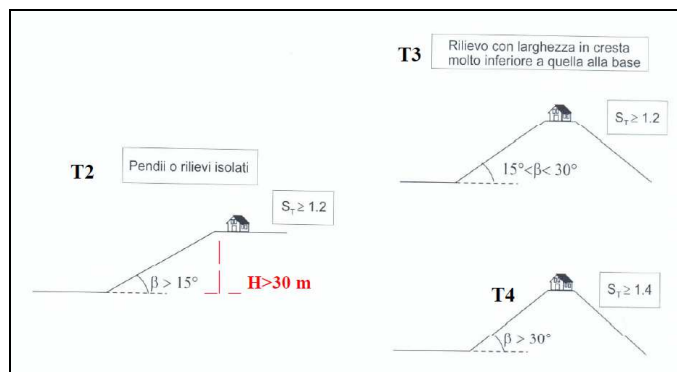
Per la valutazione delle azioni sismiche agenti nell'area in progetto si dovrà pertanto considerare il fattore  $S_s$  (fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione), ottenuto attraverso la formulazione sotto riportata, considerando la categoria di sottosuolo precedentemente individuata.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,60}$

#### 6.5.4 Coefficiente di amplificazione topografica $S_T$

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ . Il parametro  $S_T$  deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m.

Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a  $15^\circ$ .



Per quanto riguarda le condizioni topografiche i settori in oggetto sono stati classificati nella categoria T1, in considerazione della morfologia del sito; il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  risulta pertanto pari a 1,0.

Categorie	$S_T$	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera
T1	1,0	Superficie pianeggiante, pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-
T2	1,2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sommità del pendio
T3	1,2	Larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Cresta del rilievo
T4	1,4	Larghezza in cresta molto minore che alla base, inclinazione media $i > 30^\circ$	Cresta del rilievo

## 6.6 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

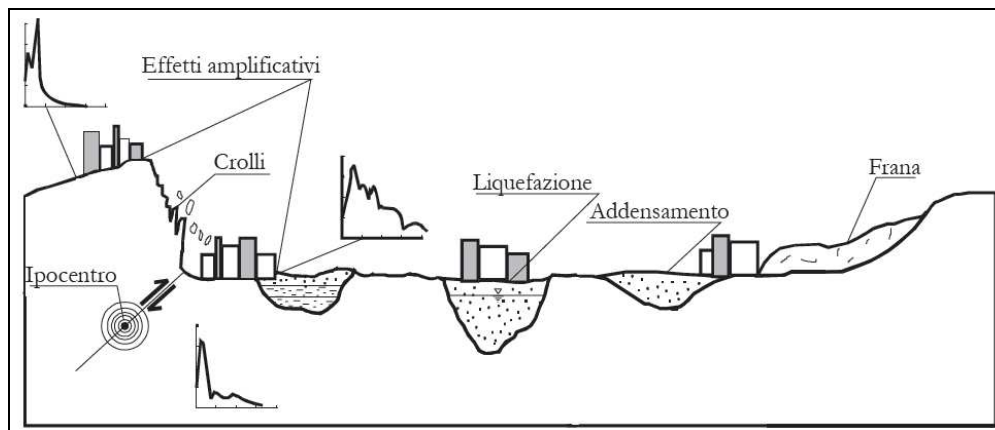
Il sito di costruzione ed i terreni in esso presenti devono in generale essere esenti da rischi di instabilità di pendii e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di terremoto.

Le situazioni geologiche e morfologiche, in cui le condizioni locali possono portare a una modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia, sono essenzialmente tre:

i depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante (effetti stratigrafici 1D);

i depositi di valle con bordi e morfologie del substrato irregolari dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione con generazione all'interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia (effetti di bordo 2D-3D);

la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versanti, pendii, bordi di terrazzi (effetti topografici)



*Possibili effetti locali indotti da un evento sismico (Madiati C.)*

La risposta sismica locale è condizionata, oltre che da fattori morfologici legati alla collocazione del sito (valle stretta, cresta, pendio etc.), soprattutto dalla natura dei depositi sollecitati dalla vibrazione sismica: questi infatti amplificano l'accelerazione massima in superficie rispetto a quella che ricevono alla loro base, agendo al contempo da filtro del moto sismico, diminuendone l'energia complessiva ma modificandone la composizione con accentuazione di alcune frequenze e smorzamento di altre. A parità di impedenza sismica (prodotto della velocità delle onde di taglio  $V_s$  per la densità  $\rho$ ) del bedrock, l'amplificazione, inoltre, è tanto più elevata quanto minore è l'impedenza sismica dei terreni di copertura. Si ha, quindi, che a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta ( $S_e/T$ ) che mostra la variazione in ampiezza dell'accelerazione al suolo in funzione del periodo delle vibrazioni del terreno: si ha "risonanza" e, quindi, particolare accentuazione dell'amplificazione, per periodo  $T = 4h/V_s$ , con  $h$  spessore della copertura e  $V_s$  velocità delle onde di taglio nella copertura; è noto che l'amplificazione massima del moto del suolo di un terreno si ha alla sua frequenza di risonanza.

Frequenza e periodo fondamentale dello strato (F, T)  $F=V_s/4H$   $T=4H/V_s$

Risentimenti particolari si avranno qualora il periodo del terreno (frequenza), o comunque il periodo fondamentale (frequenza fondamentale), coincida con il periodo proprio del fabbricato (frequenza struttura), determinando, in questi casi, dannosi effetti di risonanza.

In base a quanto descritto nei capitoli precedenti, il sito non presenta particolari rischi di instabilità.



In fase esecutiva lo strutturista dovrà valutare quindi gli effetti sopra descritti.

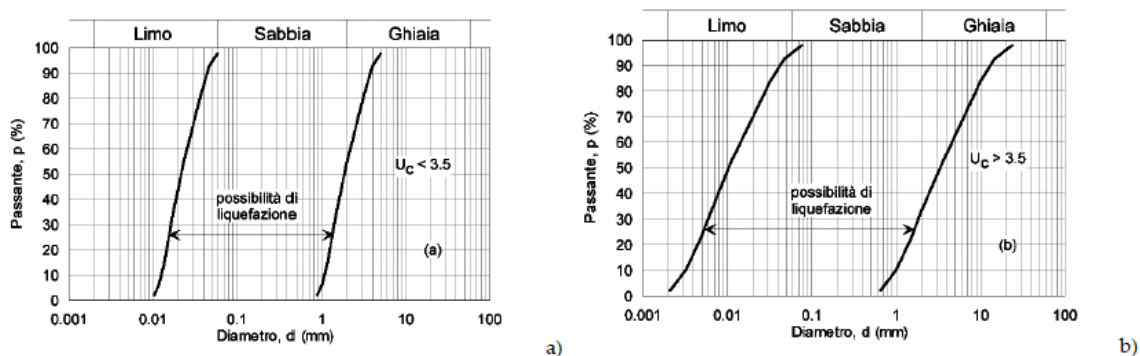
### 6.6.1 *Stabilità alla liquefazione*

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Nel caso in esame si può quindi escludere il rischio di liquefazione in quanto, visto il deposito presente, la distribuzione granulometrica è presumibilmente esterna alle zone indicate precedentemente.

## 7. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLIZZAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

La scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici avviene in due fasi.

La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali: tale scelta richiede una valutazione specifica, da parte del progettista, per il necessario riferimento ai diversi tipi di verifica. Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri. Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità, o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.

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 su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali (Cap. 6.2.2. DM 17/01/18).

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ci si è basati essenzialmente sull'analisi dei tagli artificiali e naturali, nonché sulle indagini HVSR eseguite: in tal modo si è potuto ricostruire la stratigrafia delle aree, utilizzando poi le caratteristiche tipiche dei terreni incontrati, attribuendone dei valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe.

Come indicato precedentemente, i settori ove si realizzeranno le opere sono generalmente caratterizzati dalla presenza, sotto una coltre di 0.5/1.0 metri di terreno di riporto e/o coltre vegetale, di depositi prevalentemente alluvionali e fluvio-glaciali e di conoide. Tali depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana, a cui si associano blocchi di dimensioni maggiori trasportati dai fenomeni più intensi e di litologia eterogenea, trasportati dal torrente durante gli eventi alluvionali più intensi. In considerazione della natura decisamente eterogenea dei materiali sciolti, risulta comunque piuttosto problematico individuare dei valori precisi per i loro parametri geotecnici. In ogni caso, in sede di calcolo, si dovrà tenere conto dei valori seguenti, che hanno evidentemente il significato di un'indicazione media:

approccio DA1-C2		
PARAMETRO	Unità di misura	Valore caratteristico
<b>PARAMETRO</b>		<b>Depositi di genesi mista</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	0,7002
	$\phi_K$	35,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0180
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000
<b>PARAMETRO</b>		<b>Depositi alluvionali e fluvioglaciali</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	0,6745
	$\phi_K$	34,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0005
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (Mpa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000
<b>PARAMETRO</b>		<b>Substrato</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	1,7321
	$\phi_K$	60,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0800
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,0000

Le indagini HVSR eseguite nel settore della centrale hanno evidenziato la presenza di depositi alluvionali e fluvioglaciali con discrete caratteristiche geotecniche in quanto i terreni presentano velocità  $V_s$  di circa 320-390 m/sec.

## 8. PORTATE DI PIENA

Per un'analisi dettagliata delle problematiche idrauliche si rimanda alla specifica relazione redatta dai progettisti dello studio FABER di Aosta.

## 9. VERIFICHE IDRAULICHE

Per le verifiche idrauliche si rimanda allo specifico elaborato "Relazione idraulica" redatto dai progettisti dello studio FABER di Aosta.

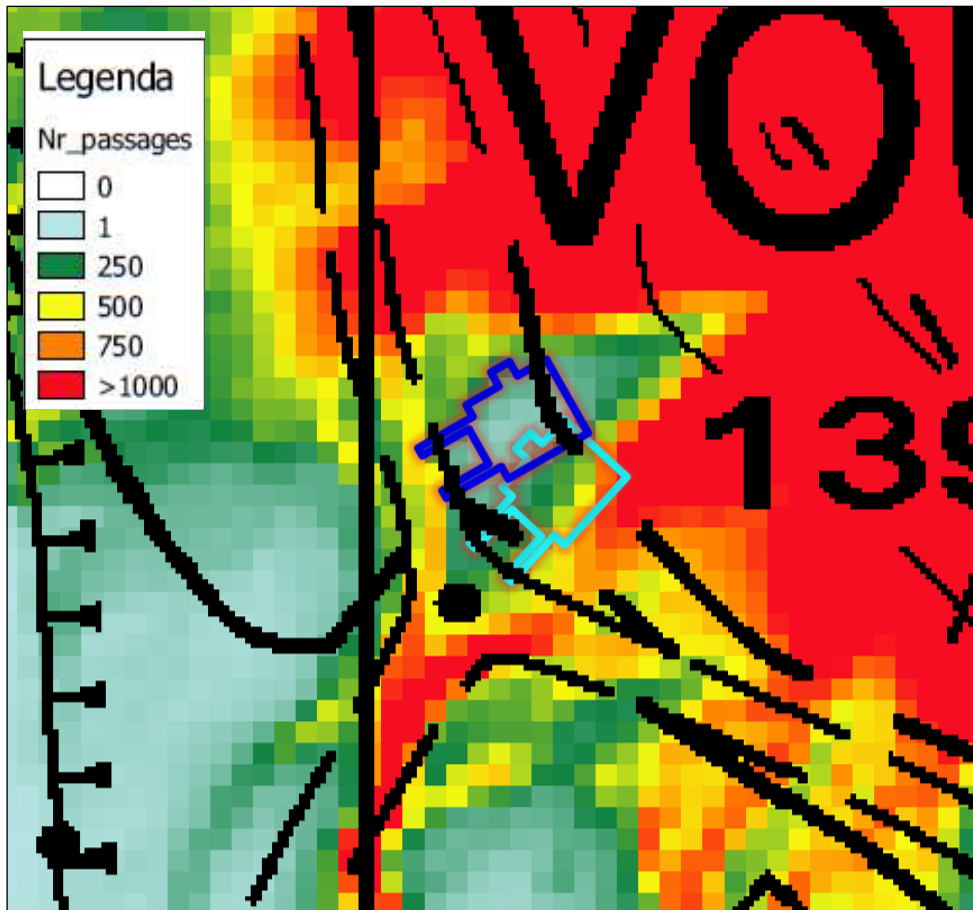
## 10. VERIFICHE DI CADUTA MASSI – ROCKYFOR3D

Al fine di individuare la possibile interazione tra i crolli che si possono verificare sulle falesie a monte e la centrale in progetto, sono state eseguite delle specifiche analisi traiettografiche, senza tuttavia entrare nel dettaglio dell'analisi strutturale in parete e nella definizione del volume del blocco di progetto. L'areale dove si intende realizzare la centrale potrebbe essere infatti soggetto a caduta massi: allo stato attuale non si hanno evidenze di crolli, tuttavia si è ritenuto sufficientemente cautelativo effettuare delle analisi traiettografiche 3D per poter posizionare il manufatto in un settore più protetto. L'iter della progettazione ha portato a ridefinire il posizionamento del manufatto a partire da tali analisi.

Nello specifico, il progetto iniziale prevedeva di posizionare la centrale a sud (manufatto azzurro): tale posizione non garantiva tuttavia un adeguato livello di sicurezza,

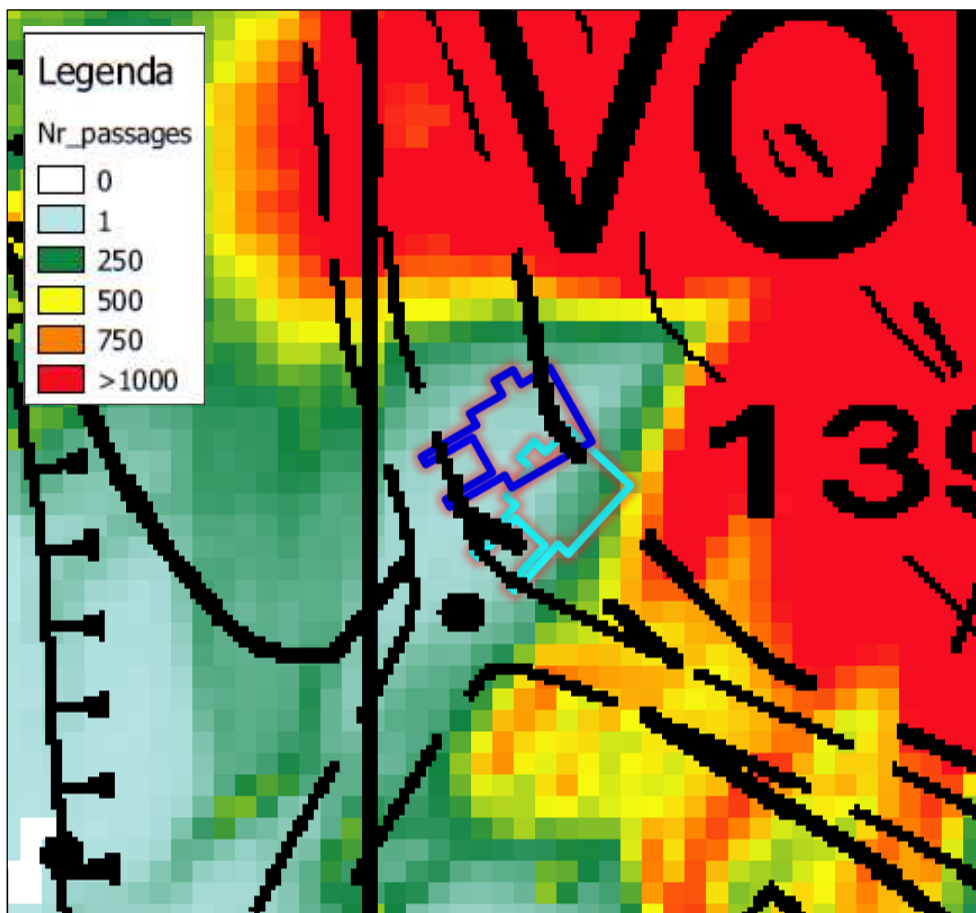
perché, sebbene la centrale sia seminterrata, si aveva un lato caratterizzato da elevati valori di passaggi e quindi da possibili impatti.

Dopo un confronto con i progettisti, si è deciso quindi di sfruttare il piccolo displuvio presente a monte che, come evidenziato dalle simulazioni, garantiva un elevato grado di sicurezza: in tale configurazione (edificio rappresentato in blu) la struttura è interessata solamente da pochissimi passaggi (settore centrale solo un passaggio).



*Cartografia con situazione morfologica di rilievo e numero di passaggi*

Di concerto con i progettisti, si è pensato di implementare ulteriormente il livello di sicurezza, andando ad amplificare l'effetto deviatore del displuvio con la rimodellazione dello stesso mediante l'apporto di materiale: si è quindi creato un deviatore in terra inerbite e rivegetato in grado di proteggere naturalmente l'infrastruttura seminterrata ed il suo accesso.



*Cartografia con situazione morfologica di progetto e numero di passaggi*

Come si evince dalle simulazioni eseguite, con tale opera di mitigazione si riesce a garantire la sicurezza per il manufatto e per l'accesso allo stesso. Nel settore d'intervento si ha solamente il passaggio di un masso che, sulla base delle altezze di volo elaborate dal software, transita in volo. Non essendo presenti infrastrutture a valle della centrale, la modifica della morfologia non crea maggiore pericolo per cose e/o persone: la strada podereale era infatti già interessata dalla caduta massi, così come i terreni nelle vicinanze.

Come indicato precedentemente, sono state eseguite delle specifiche analisi traiettografiche, senza tuttavia entrare nel dettaglio dell'analisi strutturale in parete e nella definizione del volume del blocco di progetto: nello specifico si sono considerati eventi con volumi blocchi di 1 metro cubo e si sono individuate cautelativamente come aree sorgenti tutti gli affioramenti rocciosi presenti a monte. Dall'esperienza si è infatti visto che la modifica della volumetria del blocco incide poco sulla distribuzione delle traiettorie lungo un versante dove è presente un dislivello molto marcato.

### **10.1 GENERALITÀ**

Come prevedono le norme UNI 11211-4 dell'ottobre 2018, la norma si applica a fenomeni di caduta massi che coinvolgono blocchi isolati oppure crolli di piccole dimensioni. Le azioni sulle opere di difesa passiva devono essere determinate ricorrendo ad analisi approfondite sulla dinamica dello scoscendimento del masso di progetto al fine di determinare la traiettoria sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, la velocità e l'energia cinetica. Sulla base di questi calcoli è possibile calcolare l'energia di progetto che corrisponde all'energia posseduta dal blocco in movimento in corrispondenza del punto di impatto con l'opera passiva.

Per una esauriente analisi del versante, è stato eseguito un preventivo approccio mediante modellistica 3D con il software Rockyfor3D in modo tale da valutare le principali direzioni di caduta.

## **10.2 IL MODELLO ROCKYFOR3D**

I modelli di simulazione tridimensionale sono stati introdotti al fine di conoscere il fenomeno di crollo di massi per individuarne:

- 1) il pericolo e la sua distribuzione areale;
- 2) fattori di innesco e modellazione della runout;
- 3) magnitudo e tempi di ritorno;
- 4) realizzare interventi di sicurezza.

Le analisi delle interazioni massa-infrastrutture e parametri di sicurezza nel caso di località antropizzate, permettono di arrivare a conoscere la dinamica della manifestazione dannosa, ricostruirne lo sviluppo in post-evento ma, soprattutto, a comprenderne la pericolosità al fine di sopperire alla mancanza di tempi di preavviso sufficienti alla messa in sicurezza della popolazione interessata e alla realizzazione di efficaci contromisure di sicurezza (barriere paramassi, reti paramassi, muri contenitivi, deviatori, etc.).

Il Rockyfor3D (1998), discendente dei modelli Rocky3 e RockyFor, rappresenta uno dei migliori simulatori tridimensionali attualmente in commercio, destinati all'interpretazione stocastica dei fenomeni di crollo di roccia ed il loro fattore di dissipazione dell'energia su versanti privi di vegetazione o all'occorrenza contro le popolazioni forestali.

Ideato dal Dr. Luuk K.A. Dorren (Federal Office for the Environment, FOEN, Svizzera), con la collaborazione di diversi altri autori, sulla base di combinazioni di processi fisici e algoritmi deterministici, perfezionato sulle Alpi austriache e francesi da Frédéric Berger (Cemagref Grenoble, Francia) attraverso sperimentazioni in campo di rockfalls verificatesi con e senza copertura vegetale, il software è in grado di produrre una mappa raster delle traiettorie tridimensionali di caduta massi che con molta probabilità si andrebbero a verificare in caso di crollo reale. Per il suo funzionamento Rockyfor3D si basa sull'analisi di modelli di elevazione digitale del terreno (DEM), completate da una serie di ulteriori raster atti a descrivere nel dettaglio la micro-topografia. Al fine di dare la maggior verosimiglianza al fenomeno, RockyFor3D interpreta la traiettoria di caduta dei massi rocciosi come una sequenza di paraboliche in aria e rimbalzi lungo il versante, analizzandone gli impatti al suolo e/o con la foresta, quantificandone le energie in gioco. Il suo impiego comporta l'esigenza di una robusta conoscenza delle caratteristiche territoriali e dei dati input necessarie al corretto avvio delle simulazioni degli eventi di rockfall, trasformando il sistema in un valido supporto alla gestione selvicolturale delle foreste di protezione.

### **10.2.1 Algoritmi di calcolo**

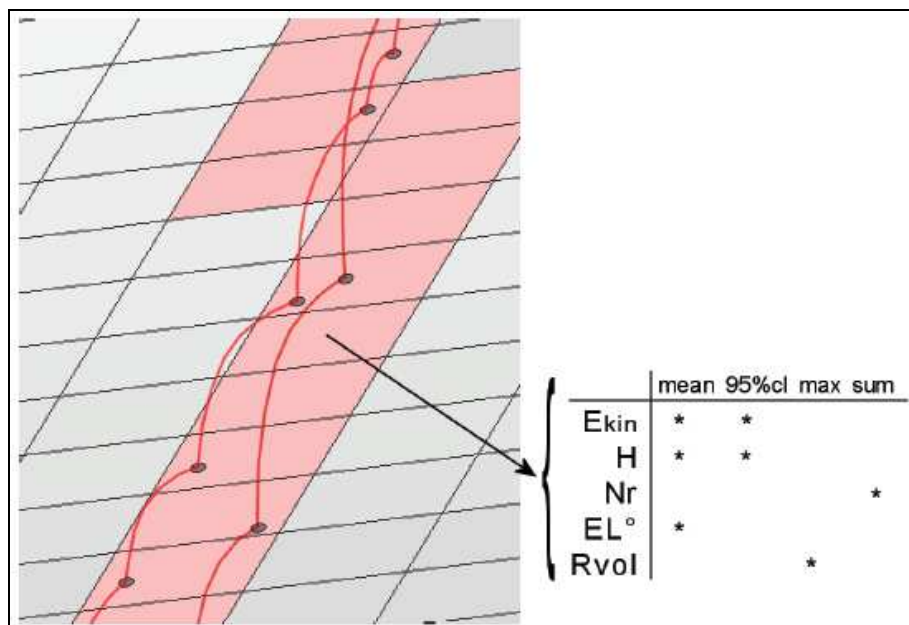
Il sistema reinterpreta i dati in possesso al fine di ottenere una simulazione dell'evento di rockfall finalizzata all'analisi delle traiettorie intraprese dai blocchi in caduta lungo il pendio, le possibili deviazioni in seguito ad impatti al suolo post-rimbalzo e urti contro ostacoli di diversa origine (generalmente alberi) ed il conseguente calo della velocità per dissipazione dell'energia del masso.

L'elaborazione di questi tre aspetti costituisce il fondamento del software, secondo tre moduli principali e uno dedicato all'analisi dell'effetto di dissipazione dell'energia esercitato dalla foresta.

### 10.2.2 Traiettorie di caduta

Analizzando la distribuzione delle pendenze per ogni singola cella a partire dal modello di elevazione digitale (DEM) del sito di studio, Rockyfor3D interpreta le varie altezze di quota producendo simulazioni di traiettorie di rockfall assecondando la topografia dell'area e soppesando l'energia cinetica acquisita dal masso durante il percorso.

Come già indicato precedentemente, la traiettoria è considerata come un susseguirsi di rimbalzi e parabole in aria; per quanto riguarda le rotazioni del blocco roccioso sulla superficie, la simulazione considera tale movimento come una successione di rimbalzi a breve/brevissima distanza (pari al raggio R del masso e non inferiori a 0,2 metri). Suddetta approssimazione risulta totalmente errata nel caso dello scorrimento e per questo motivo tralasciato dal modello.



*Rappresentazione del passaggio da traiettoria 3D ai dati raster di output*

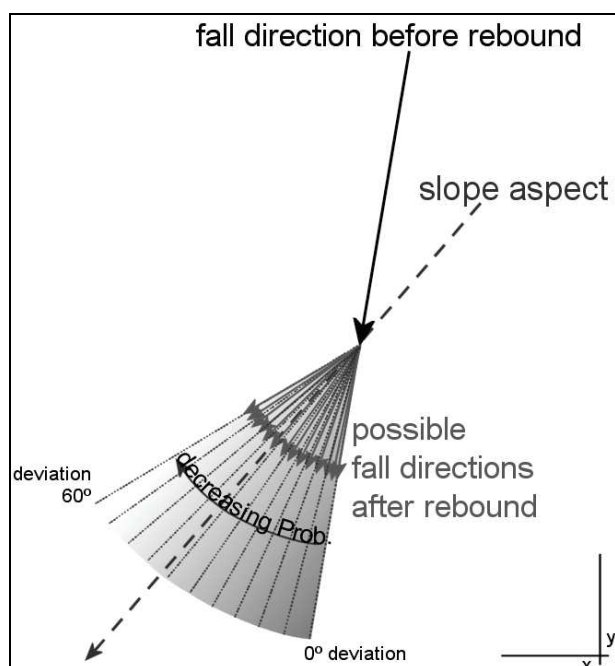
Il quantitativo di simulazioni per cella, o lanci, è aperto alla scelta dell'operatore. Ogni singola traiettoria ha origine con l'innesco del movimento del blocco di roccia, direttamente correlato alla forza di gravità che grava su di esso e, a tal proposito, è individuato per pendenze maggiori a 40°-50°; a prescindere dagli eventi atmosferici agenti sul sito, tale inclinazione è di norma superiore alla forza di attrito che permette al litoide di restare in sede.

Questi punti di innesco, o aree sorgenti, rivestono particolare importanza, in quanto la loro altezza rispetto al piano del suolo e la lontananza da possibili ostacoli (depressioni, popolamenti forestali, infrastrutture, blocchi di roccia), producono un sostanziale aumento dell'energia cinetica del masso. La corsa del masso lungo le traiettorie simulate dal software, comprensive di deviazioni ed eventuali variazioni del percorso post-rimbalzo, risente in particolar modo delle condizioni di acclività del terreno e della presenza di possibili ostacoli. Essa termina con l'esaurimento dell'energia cinetica del blocco, conseguibile per cause naturali (riduzioni delle pendenze), o per dissipazione in seguito a collisioni.

Le variazioni di traiettoria post-rimbalzo si basano su:

- velocità del blocco in entrata e direzione;
- micro-topografia dell'area (pendenza);
- range di possibili deviazioni del percorso originale (0°÷60°);
- probabilità di accadimento (determinata dalla velocità di pre-rimbalzo).

Quanto detto viene schematizzato in figura 3; successivamente al rimbalzo la traiettoria subisce una deviazione pari all'angolo maggiormente rappresentativo delle condizioni di acclività delle celle confinanti, in relazione alla velocità posseduta dal litoide; generalmente ciò si manifesta con il compimento di una traiettoria che privilegia la linea di massima pendenza.



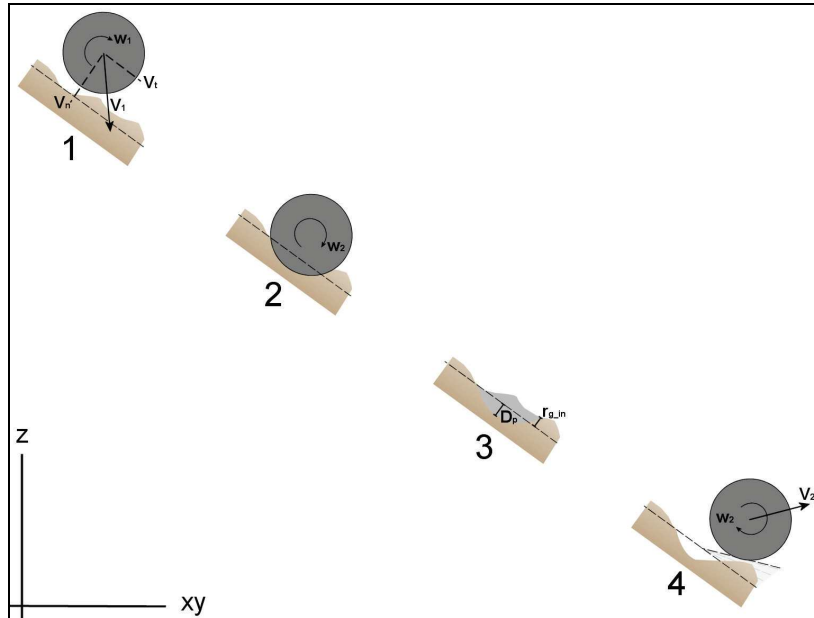
*Principio dell'algoritmo di calcolo della direzione di caduta dopo un rimbalzo sulla superficie del pendio*

Tale comportamento presenta però una componente casuale, scelta sulla base di una range di angoli tra 0° e 60°, in grado di produrre ulteriori traiettorie, deviate rispetto all'originale in prerimbalzo in combinazione alla velocità.

### 10.2.3 Dissipazione dell'energia

Sulla base delle elaborazioni prodotte con il primo modello, Rockyfor3D è in grado di quantificare la perdita di energia del masso considerando l'entità degli impatti in seguito ai rimbalzi al suolo, secondo il coefficiente di restituzione del terreno oppure per collisione contro ostacoli a terra. Rockyfor3D analizza in primis la dispersione di energia del blocco di roccia che avviene naturalmente durante la discesa a valle: partendo da valori di default che assimilano i massi a forme sferiche, il software localizza la posizione del litoide ad ogni istante e la sua situazione. Avendo come base il modello digitale del terreno, è possibile ottenere l'andamento (traiettoria e velocità) del masso vincolato alla microtopografia del versante; il software prevede movimenti identificabili con il moto parabolico uniformemente accelerato attraverso l'aria che implicano quindi un impatto al suolo. Tali collisioni, a seconda delle caratteristiche del terreno (coefficienti di restituzione) e al grado di penetrazione al suolo ( $D_p$ ) del blocco di roccia, causano la perdita dell'energia cinetica del blocco e ne condizionano il successivo rimbalzo.



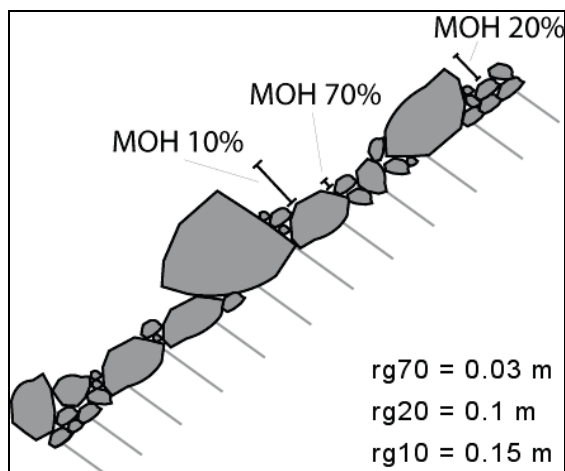


*Rappresentazione del meccanismo di rimbalzo secondo gli algoritmi usati da Rockyfor3D*

#### 10.2.4 Calcolo della velocità di caduta

Fondando le simulazioni in relazione all'energia cinetica posseduta dal masso in ogni singola cella, la velocità con cui esso può spingersi a valle assume un ruolo chiave nella determinazione del movimento. Ciò che viene analizzato riguarda in particolar modo l'andamento delle velocità in seguito al manifestarsi di rimbalzi (coefficiente di restituzione tangenziale) ed eventuali deviazioni della traiettoria iniziale; a tale proposito particolare attenzione meritano i fattori che ne determinano le variazioni, come le caratteristiche morfometriche del blocco e le scabrezza della superficie del pendio (indice Mean Obstacle Height, MOH).

L'indice dell'altezza media degli ostacoli presenti al suolo determina la microtopografia della superficie del pendio, ossia il suo grado di rugosità e, di conseguenza, la probabilità che un masso in caduta libera si abbatta contro una delle discontinuità presenti.



*Rappresentazione dell'altezza di un ostacolo (MOH) rappresentativa per il 70%, 20% e 10% della superficie senza una zona omogenea sul pendio. Il parametro MOH deve essere misurato guardando il pendio verso valle, nella direzione di discesa del masso*

Rispetto al DEM permette di approfondire con maggior dettaglio la morfologia locale del versante, al fine di dare effettivo valore alle simulazioni delle traiettorie impegnate dai massi in caduta, nonché importanza alle dissipazioni energetiche dovute agli urti.

### 10.2.5 Impatto con la foresta

Dal momento che il programma è destinato allo studio degli effetti di un crollo su popolamenti forestali, il calo di energia cinetica legato alla dissipazione in seguito agli impatti tra rocce ed alberi assume un ruolo chiave nelle simulazioni; suddetta capacità di assorbire e ammortizzare l'energia del blocco è equiparabile alle caratteristiche delle opere ingegneristiche di protezione.

Nelle traiettorie simulate da Rockyfor3D la posizione del blocco è sempre nota: ciò permette al programma di elaborare l'effetto dell'impatto roccia-vegetazione forestale, analizzandone:

- energia cinetica del blocco;
- luogo dell'impatto (coordinate xy);
- posizione della collisione sul tronco;
- DBH della pianta;
- tipologia della pianta (conifera o latifolia).

### 10.2.6 Limitazioni del modello

Le simulazioni ottenute con Rockyfor3D sono sensibili per quanto riguarda:

-risoluzione: le risoluzioni raster consigliate si trovano all'interno dell'intervallo 2x2 fino a 10x10; un ulteriore approfondimento in dettaglio comporta sì una maggior precisione, tuttavia non sempre produce un miglioramento nella qualità del risultato finale. Risoluzioni ridotte spesso vanno a discapito dell'accuratezza della simulazione, infatti Rockyfor3D è stato realizzato per non subire l'azione di eventuali difetti nei raster (pit). Il modello digitale del terreno deve provenire da database completi e ricchi in dettaglio sulla piccola scala, in quanto l'origine da fonti inadeguate, come ad esempio le carte tecniche ipsometriche, mancanti per quanto concerne la microtopografia del suolo causerebbero scarsa attendibilità delle simulazioni.

-micro-topografia: essenziale per il corretto funzionamento del software è la presenza di dem o dtm caratterizzati da una buona descrizione del territorio, in quanto è proprio la morfologia del suolo con le sue irregolarità a determinare le caratteristiche di caduta del masso e gli impatti verificatisi.

-altezza dei rimbalzi: varia al decrescere della risoluzione del DEM. Essa tende ad abbassarsi nelle superfici pianeggianti e, al contrario, aumenta nei versanti più acclivi.

-distribuzione degli impatti: la localizzazione spaziale dei massi nelle simulazioni è prossima al dato reale, ma perde di accuratezza in presenza di raster a bassa risoluzione.

-altezza degli impatti: la posizione media degli impatti lungo il fusto delle piante ha scarsa corrispondenza alla realtà, soprattutto se prodotta a partire simulazioni basate su DTM di limitata qualità.

## **10.3 RASTER DI INPUT E DI OUTPUT DELLA SIMULAZIONE CON ROCKYFOR3D**

La complessità delle simulazioni di Rockyfor3d deriva dall'inserimento di un ricco database di input atto a fornire al software un quadro dettagliato della situazione dell'area presa in esame. Buone conoscenze del territorio risultano perciò indispensabili alla predisposizione dei files di input, costituiti da un numero minimo di dieci mappe raster in formato ASCII, di eguale risoluzione (ottimale da 2 a 10 metri per cella, destinati alla descrizione degli elementi caratteristici del versante e rielaborati in seguito per ottenere l'evento di rockfall.

Parte dei dati di input sono riservati alla rappresentazione della geomorfologia del sito, mentre la restante componente è indirizzata all'identificazione delle caratteristiche

vegetazionali, nel caso in cui si voglia quantificare l'effetto della foresta contro il fenomeno di crollo.

È possibile inoltre predisporre un file contenente informazioni relative a piccole opere di difesa, quali le barriere paramassi, per quantificarne la funzionalità.

### 10.3.1 Files di input

#### dem.asc

Modello digitale del terreno. Impiegato per l'analisi della pendenza e dell'esposizione. In alternativa è possibile servirsi anche del DTM.

#### soiltype.asc

Tipologia del suolo. Mappa raster identificativa del tipo di sottosuolo del versante. Ha lo scopo di fornire informazioni sull'elasticità del terreno ( $R_n$ ) riscontrabile durante l'impatto al suolo delle rocce. Rockyfor3D prevede 8 modelli di sottosuolo:

- 0 – materiale molle interamente penetrabile;
- 1 – sedimento fine (penetrazione oltre i 100 centimetri);
- 2 – sedimento fine/sabbioso (penetrazione inferiore ai 100 centimetri);
- 3 – terreno compatto di medie dimensioni, ghiaione ( $D < 10$  cm), strada forestale;
- 4 – terreno compatto e frazione detritica, ghiaione ( $D > 10$  cm);
- 5 – suolo roccioso alterato, terreno coesivo interamente ricoperto da detrito;
- 6 – suolo roccioso compatto;
- 7 – strada asfaltata.

Coefficiente medio di restituzione normale

$R_N = 0$  per solitype 0

$R_N = 0,23$  per solitype 1

$R_N = 0,28$  per solitype 2

$R_N = 0,33$  per solitype 3

$R_N = 0,38$  per solitype 4

$R_N = 0,43$  per solitype 5

$R_N = 0,53$  per solitype 6

$R_N = 0,40$  per solitype 7

#### rg70.asc

#### rg20.asc

#### rg10.asc

Mean Obstacle Height. Relativo alle percentuali di 70, 20 e 10.

#### rockdensity.asc

Densità di roccia. Mappa raster rappresentativa della distribuzione della componente rocciosa per cella, con valori da 0 (nessuna roccia) fino a 3300 kg/m<sup>3</sup>. Necessaria all'individuazione delle aree sorgenti o punti di rilascio dei blocchi (valori  $> 0$ ) e alla calibrazione dei massi liberati.

#### d1.asc

#### d2.asc

#### d3.asc

Dimensione dei blocchi. Raccolta di altezze (D1), larghezze (D2) e lunghezze (D3) dei massi rilevati sulle singole celle sorgenti. Nelle simulazioni tali valori assumono casualmente variazioni volumetriche scelte tra  $\pm 0\%$  e  $\pm 50\%$ .

#### blshape.as

Block shape\_Forma del blocco. Mappa raster comprensiva della definizione della forma apparente del masso per ogni cella sorgente. Rockyfor3D prevede 5 soluzioni:

- 0 – nessuna forma/dato mancante;
- 1 – blocco rettangolare ( $D1 \neq D2 \neq D3$ );
- 2 – blocco ellissoidale ( $D1 \neq D2 \neq D3$ );
- 3 – blocco sferico ( $D1 = D2 = D3$ );
- 4 – blocco discoidale (con  $D_{min} = 1/3$  di  $D_x, D_y$  e  $D_x \approx D_y$ ).

La cella sorgente con valore 0 viene gestita come blocco ellissoidale o sferico, sulla base dei raster d1-d2-d3.asc.

### 10.3.2 Simulazioni con popolamento forestale

Per le simulazioni con popolamento forestale.

#### treefile.txt

Aree forestali. Mappa raster comprensiva del censimento forestale, derivata da rilievo in campo o da analisi satellitare Laserscanning (Metodo 1), ricostituita automaticamente dal software in assenza di dati puntuali (Metodo 2).

- Metodo 1:

Contiene le coordinate x e y di ogni albero e il relativo DBH.

- Metodo 2:

Posizione e dettaglio delle piante vengono randomizzati sulla mappa raster secondo i files prodotti:

nrtrees.asc: densità forestale (N/ha);

dbhmean.asc: DBH medio;

dbhstd.asc: deviazione standard del DBH;

#### conif\_percentuale.asc

Percentuale di conifere. Valore % della quantità di conifere in grado di accrescere o abbassare la resistenza media del popolamento forestale sul crollo.

### 10.3.3 Simulazioni con opere di difesa

Simulazioni con opere di difesa. Operazione possibile mediante la conversione raster dei valori vettoriali delle linee rappresentanti le reti. Anche in questo caso è fondamentale lavorare con mappe della stessa risoluzione.

#### net\_number.asc

Numero di reti paramassi

#### net\_energy.asc

Capacità di assorbimento dell'energia (kJ)

#### net\_height.asc

Altezza delle reti paramassi

## 10.4 IMPOSTAZIONI DELLA SIMULAZIONE

La generazione di simulazioni con Rockyfor3D è un aspetto speditivo del lavoro grazie ad un'interfaccia grafica minimalista e di istintiva comprensione.

All'operatore viene richiesto di individuare:

- numero di simulazioni: numero di traiettorie individuate per ogni cella sorgente;

- variazione del volume del blocco: percentuale (tra  $\pm 0\%$  e  $\pm 50\%$ ) con la quale le tre dimensioni del blocco verranno modificate in modo casuale durante ogni lancio. tale valore rappresenta l'unico parametro del modello in grado di simulare la frammentazione del blocco roccioso al momento dell'impatto sul versante, a seguito della caduta libera dalla parete rocciosa;
- altezza iniziale: valore di default pari a 0 in quanto si tratta di una voce da inserire nel caso in cui il blocco roccioso venga rilasciato ad una certa distanza dal suolo; in questo modo il masso presenterà una velocità iniziale superiore;
- foresta: da considerare nel caso in cui si voglia considerare nella simulazione l'effetto di un popolamento;
- opere di difesa.

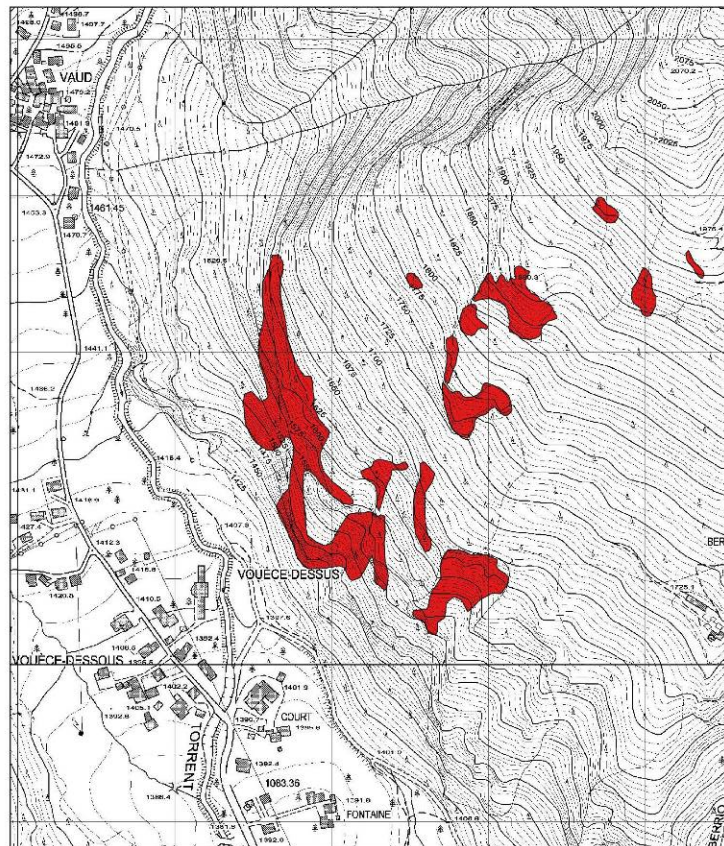
Nel nostro caso si sono utilizzati i seguenti dati di input:

<i>Parametro</i>	<i>INPUT utilizzato</i>
<i>Raster utilizzato</i>	<b>raster di dettaglio derivato da DTM regionale con maglia 2x2 e raster di progetto con la modifica del dislivello</b>
<i>numero di simulazioni</i>	<b>500 per ogni cella sorgente</b>
<i>variazione del volume del blocco</i>	<b>10%</b>
<i>altezza iniziale</i>	<b>0 m</b>
<i>popolamento forestale</i>	<b>CONSIDERATO</b>
<i>opere di difesa</i>	<b>NON CONSIDERATE</b>

Di seguito si riporta la planimetria con riportati i valori dei parametri attribuiti ai vari terreni ed al bosco, oltre a quella relativa alle aree di potenziale distacco (aree sorgente).



Aree sorgente

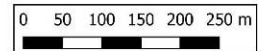


Elaborazioni con  
software  
ROCKYFOR3D

Simulazione  
1 mc

Legenda

aree sorgente  
■ 2500



Dr. Geologo Roby VULLERMOZ

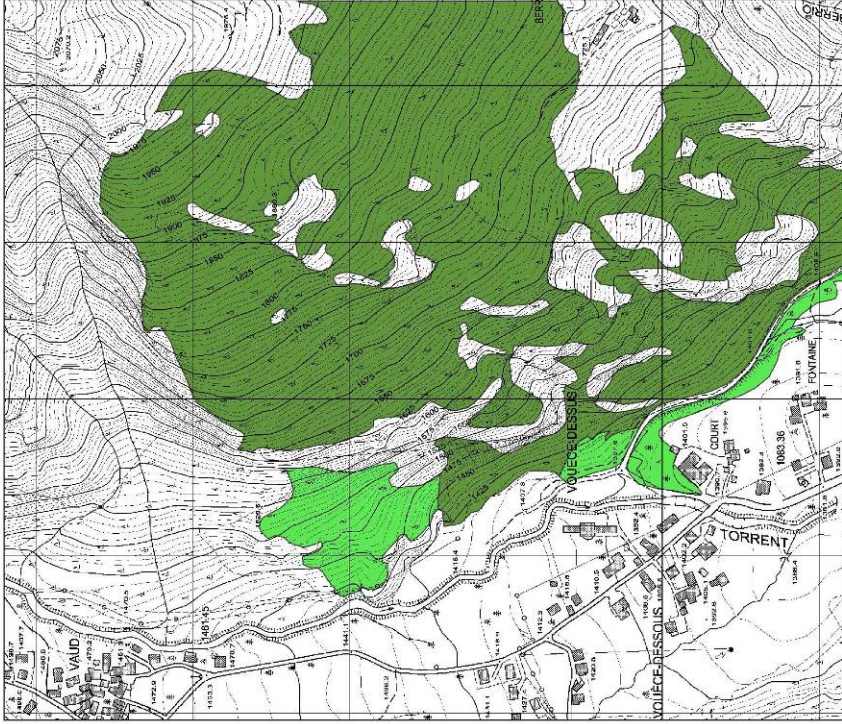
via Charrey, 6 - 11100 AOSTA (AO)

Tel 016541854 - 3338079496 - Fax 0165369567 - e mail: [studio@vullermoz.it](mailto:studio@vullermoz.it)

C.F. V.L.RBY 69A25 A326A

**Elaborazioni con  
software  
ROCKYFOR3D**

**Simulazione  
I mc**



**Legenda**

forest  
50  
400

ntress	dbhmean	dbhstd	conf_perc
50	20	1.0	30
400	40	20	100
50	20	1.0	30
50	20	1.0	30



**Dr. Geologo Roby VULLERMOZ**  
 Tel. 0165718351 - 3338797996 - fax 0165656567 - e mail: [robvuller@vullermoz.it](mailto:robvuller@vullermoz.it)  
 PIAZZA IVS, 00621/ROMA/4  
 via Charey, 6 - 11100 AOSTA, (AO)  
 C.F. V.L. RBY 69A25/A326A



## 10.5 FILES DI OUTPUT

Attraverso i files di input e le indicazioni fornite dall'operatore, Rockyfor3D ricrea l'evento di rockfall e ne simula lo sviluppo lungo il rilievo, registrando tutti i massimi valori risultanti per ogni singola cella. Ad ogni istante temporale, il blocco simulato supera o rimbalza in una data cella raster, e i massimi delle diverse variabili simulate in quella cella vengono memorizzati nella relativa cella in differenti raster. Tutti gli output di Rockyfor3D sono perciò in formato raster e aventi la stessa dimensione, risoluzione e formato dei raster di input.

Per comprendere al meglio il fenomeno vengono di seguito riportati i raster più rappresentativi tra quelli creati automaticamente dal programma. Nello specifico sono di seguito riportati i seguente raster:

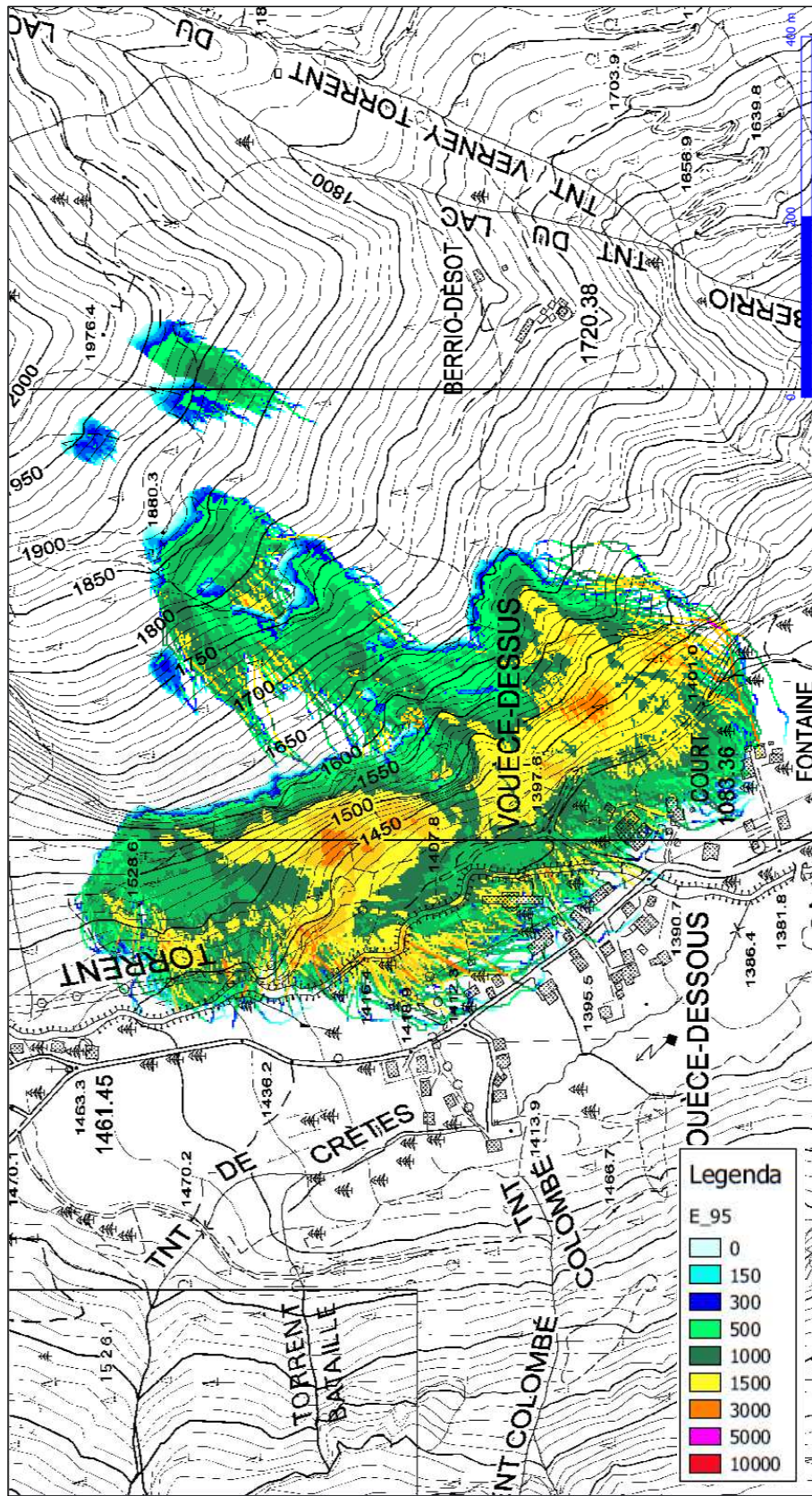
- E\_95.asc: il 95 percentile di energia cinetica registrati in ogni cella;
- Nr\_passages.asc: numero di blocchi passati in ogni cella;
- Nr\_deposited.asc: numero di blocchi fermati in ogni cella. Questa mappa è una fonte eccellente per delineare le zone di arresto di una caduta massi su un'area di studio come base per una mappa di pericolosità.

Il programma riporta anche un log file chiamato Rockyfor3D\_v50\_logfile\_dd-mm-yyyy\_HHMM.txt che contiene le principali informazioni sulla simulazione.

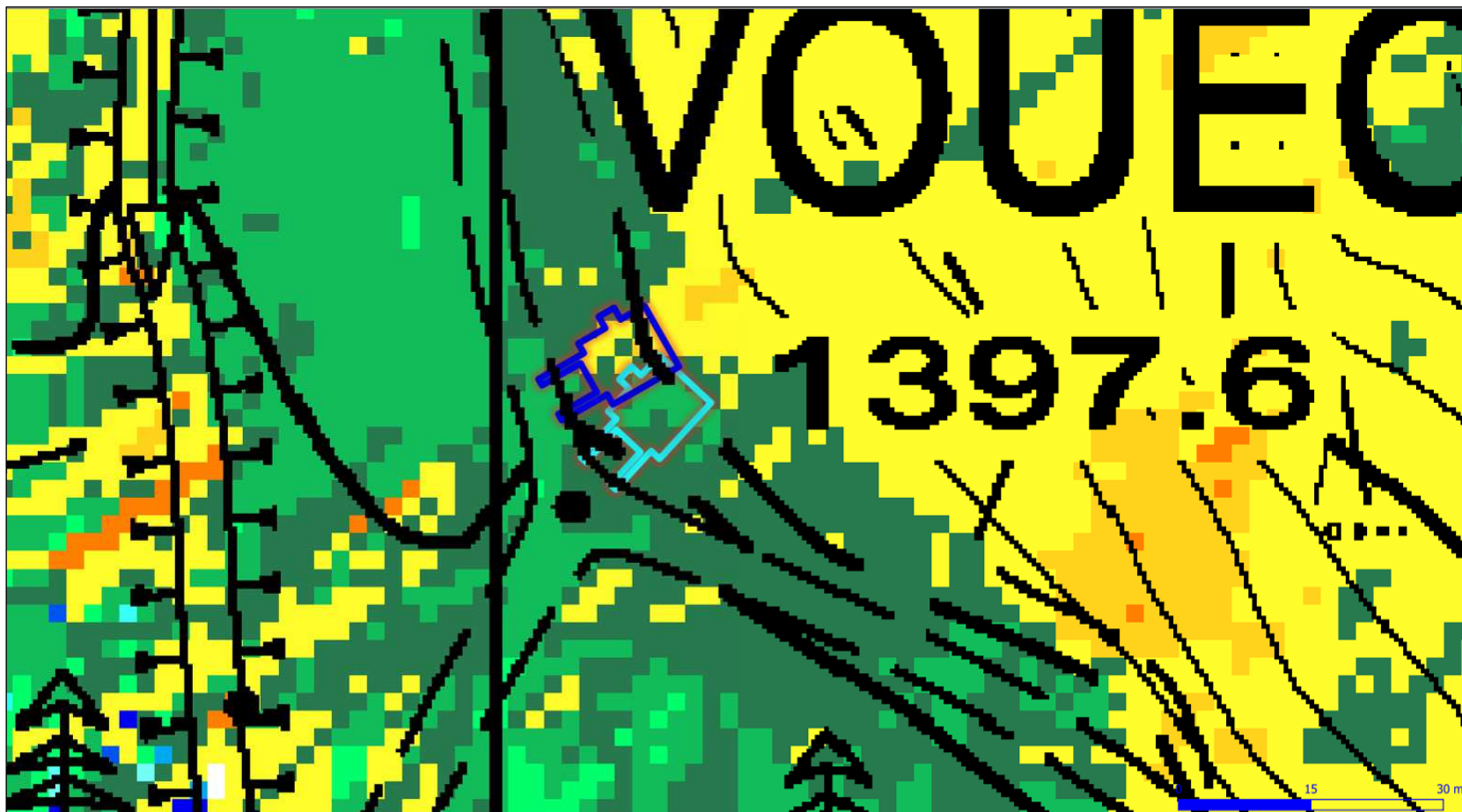
Di seguito si riportano quindi i raster di output ed il log finale.

Non avendo a disposizione degli eventi noti non si è potuta eseguire una back-analysis: il modello è comunque stato tarato tenendo conto della distribuzione dei blocchi detritici presenti sul pendio. La cartografia "Nr\_deposited" evidenzia tale corrispondenza.

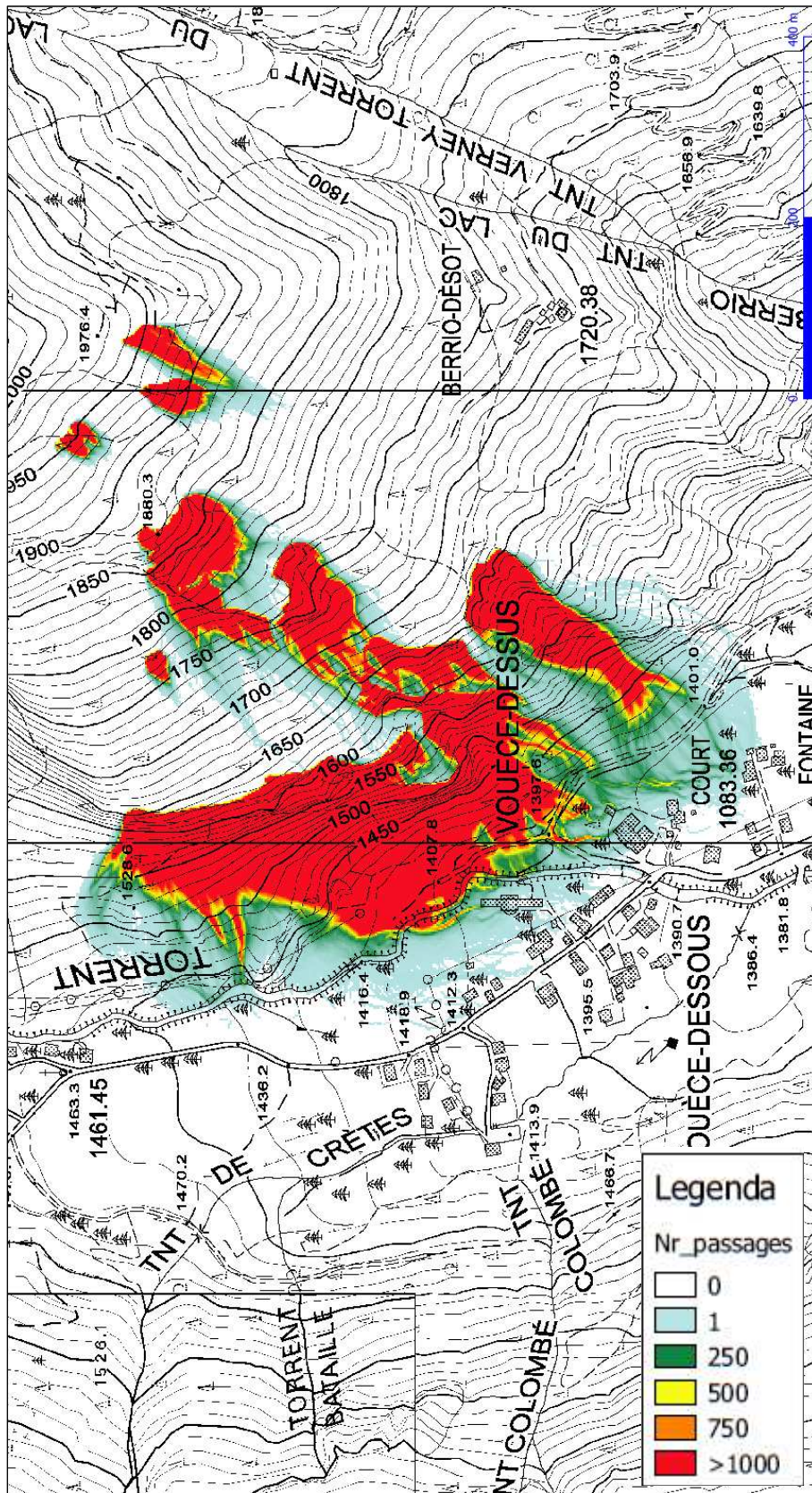
10.5.1 *Simulazione situazione attuale – 1 mc*



E\_95

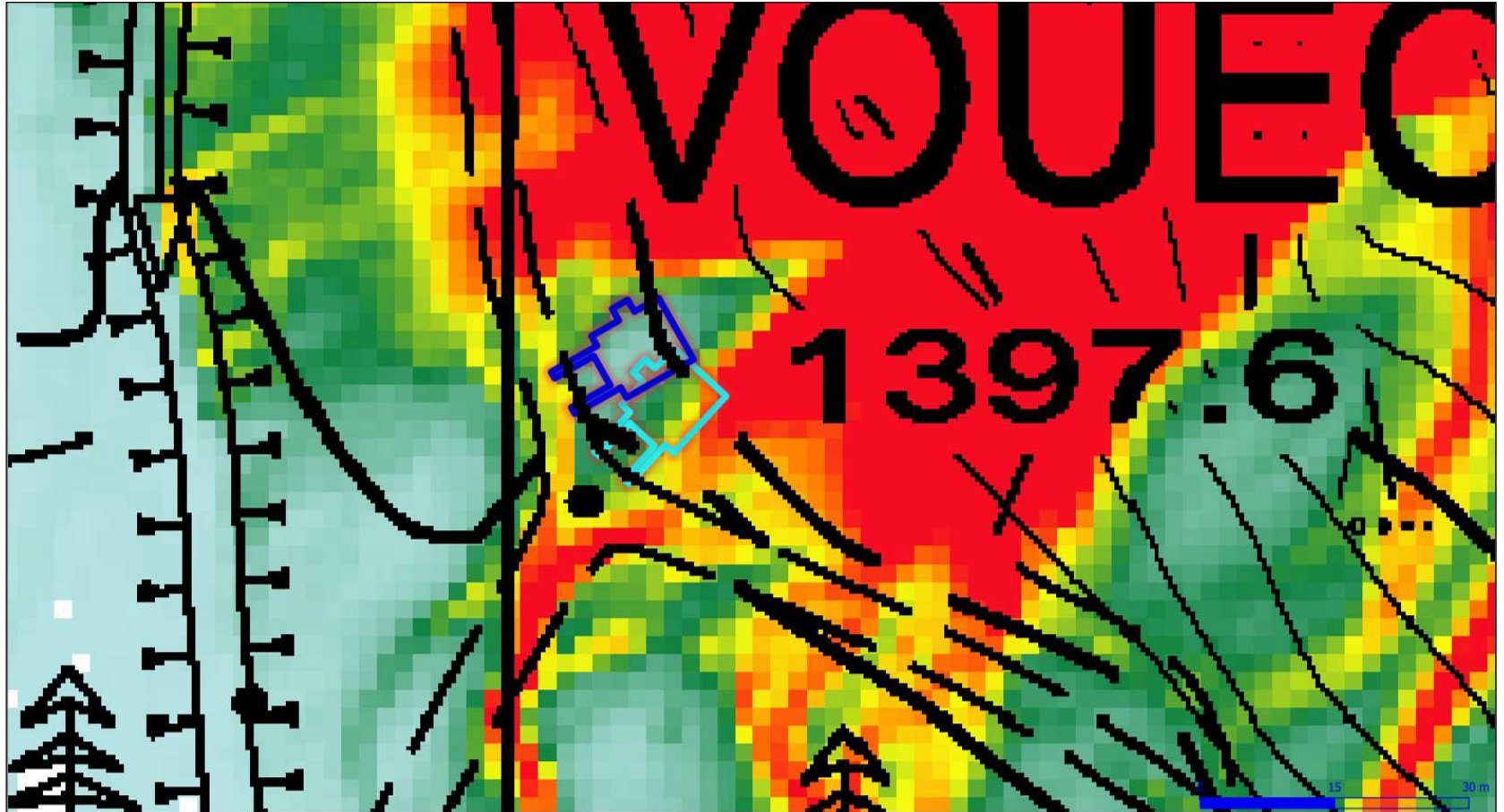


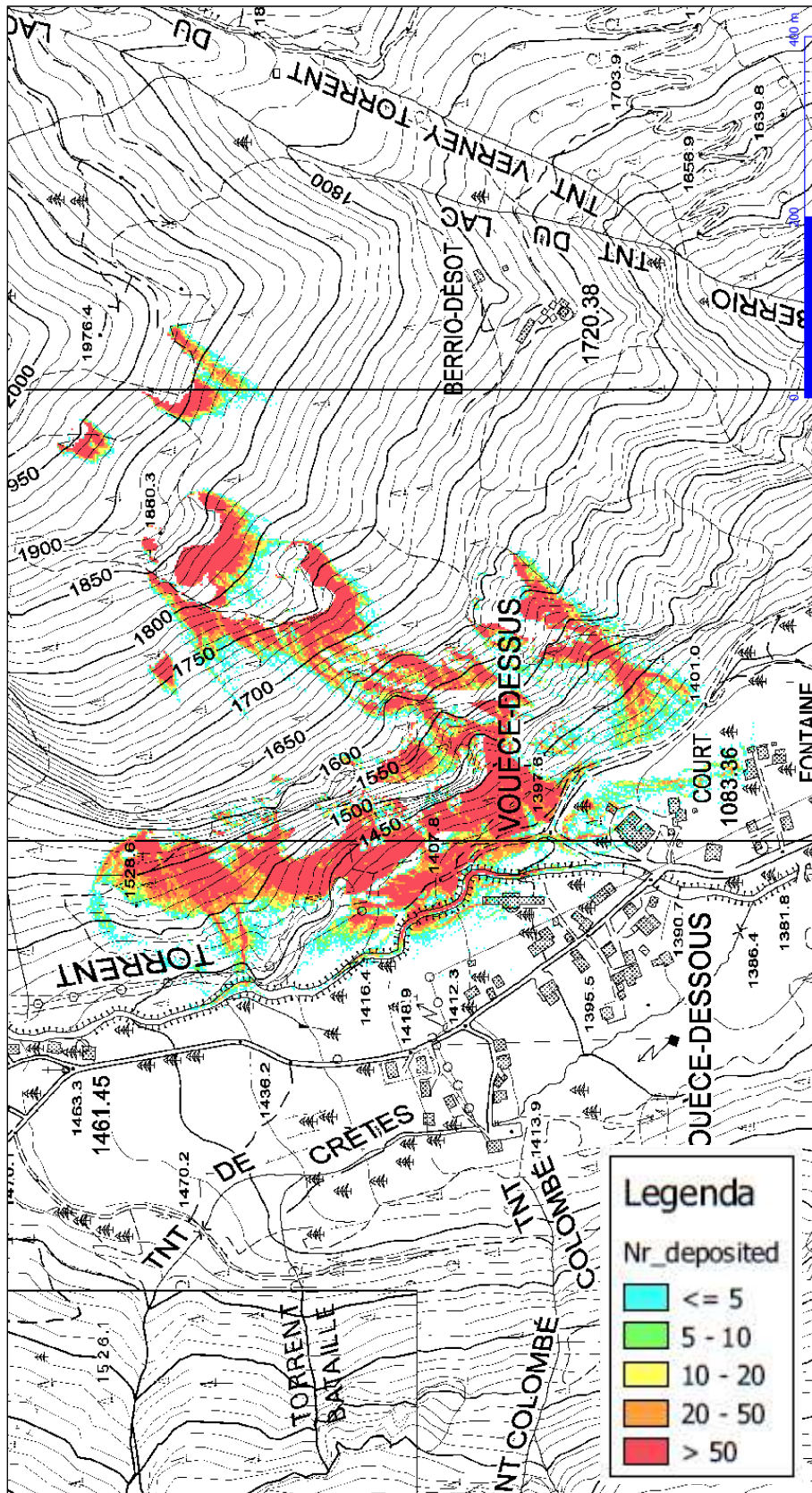
*Simulazione situazione attuale – E\_95  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



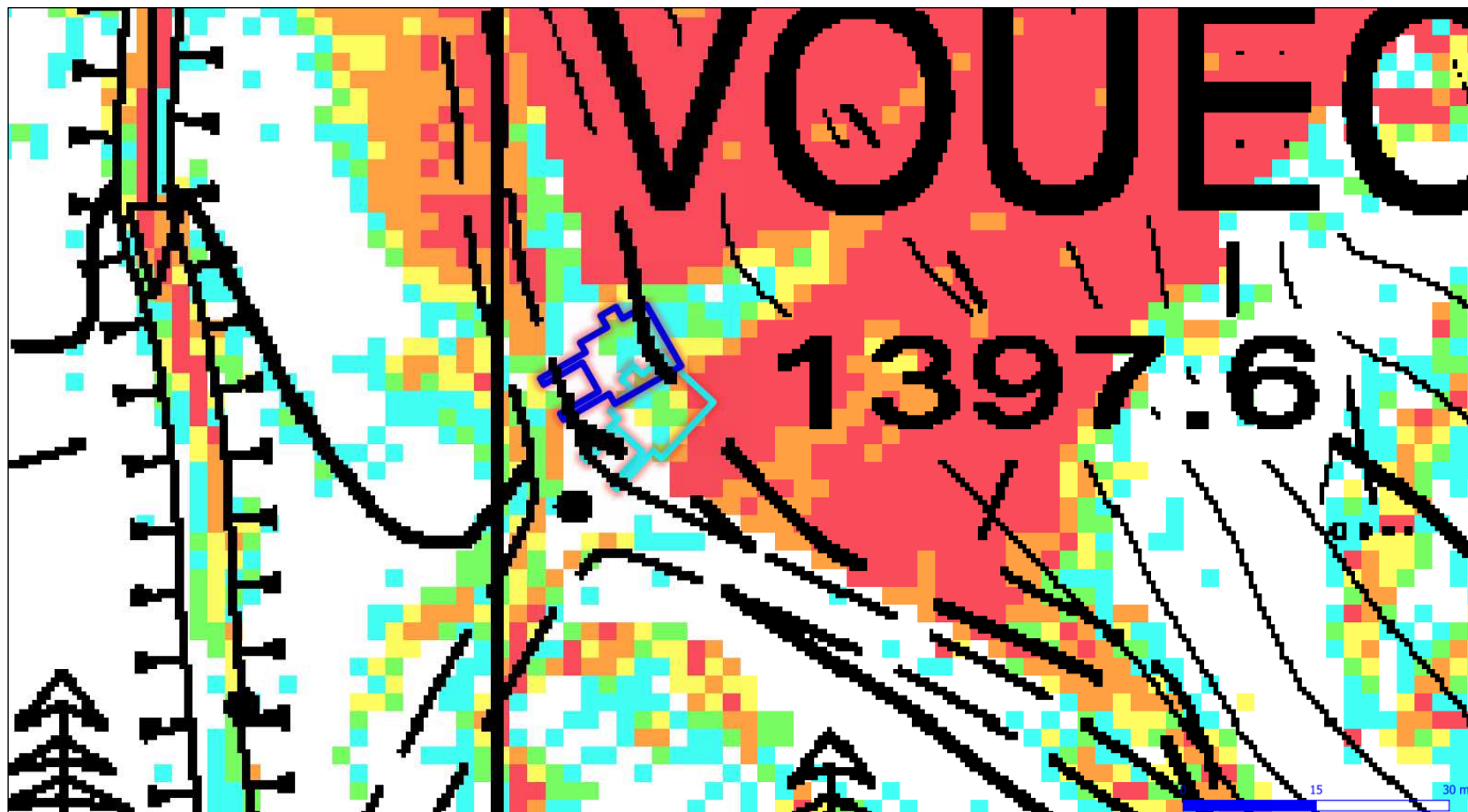
*Nr\_passages*

*Simulazione situazione attuale – Nr\_passages  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*





*Nr\_deposited*



*Simulazione situazione attuale – Nr\_deposited  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*

Rockyfor3D v5.2.11 - Simulations completed on Thu Sep 26 17:36:18 2019

simulation started on Thu Sep 26 17:13:56 2019

simulation settings:

- rock volume variation = +/- 0
- nr. of simulations per source cell = 500
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 4858000
- additional initial fallheight = 0.000000 m
- Simulation with forest and without nets

Overall simulated block volumes:

- min = 1.000000 m<sup>3</sup>
- mean = 1.000000 m<sup>3</sup>
- max = 1.000000 m<sup>3</sup>

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 3521.400000 kj
- maximum energy value = 15710.200000 kj

Statistics on Energy Line Angles recalculated from simulated trajectories:

EL\_angle[°] frequency[-] frequency[%]

0.00	2291.00	0.05
1.00	4718.00	0.10
2.00	1295.00	0.03
3.00	4163.00	0.09
4.00	1085.00	0.02
5.00	3548.00	0.08
6.00	849.00	0.02
7.00	6049.00	0.13
8.00	880.00	0.02
9.00	5253.00	0.11
10.00	1723.00	0.04
11.00	5539.00	0.12
12.00	7364.00	0.16
13.00	5225.00	0.11
14.00	7286.00	0.15
15.00	9340.00	0.20
16.00	5434.00	0.12
17.00	9802.00	0.21
18.00	8292.00	0.18
19.00	17312.00	0.37
20.00	18186.00	0.38
21.00	22562.00	0.48
22.00	16615.00	0.35
23.00	26465.00	0.56
24.00	20066.00	0.42
25.00	19506.00	0.41
26.00	37531.00	0.79
27.00	49408.00	1.05
28.00	74833.00	1.58
29.00	80762.00	1.71
30.00	172009.00	3.64
31.00	152585.00	3.23



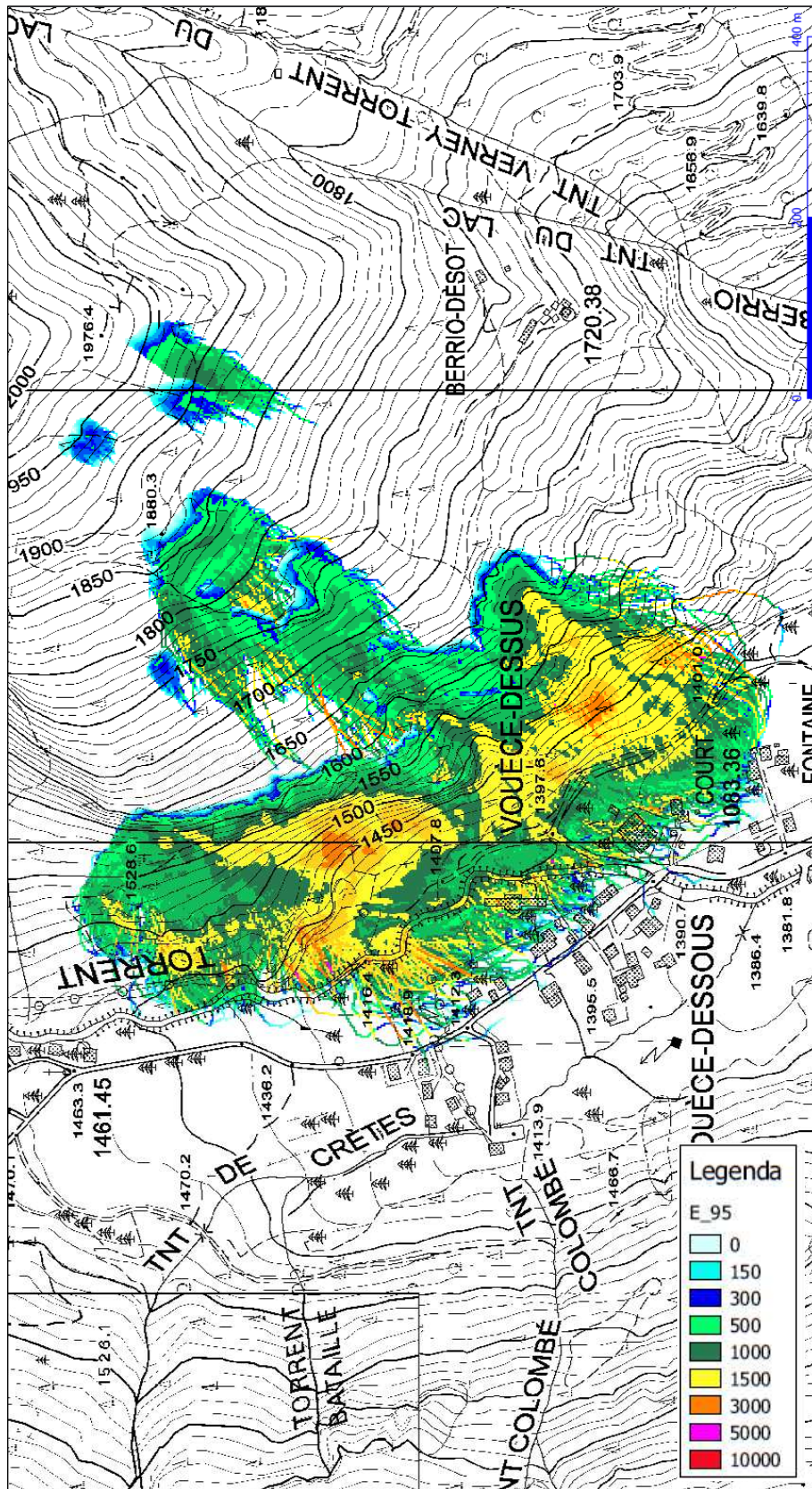
32.00	207006.00	4.38
33.00	248761.00	5.27
34.00	215977.00	4.57
35.00	233750.00	4.95
36.00	322991.00	6.84
37.00	323804.00	6.85
38.00	246426.00	5.22
39.00	218960.00	4.64
40.00	205299.00	4.35
41.00	294197.00	6.23
42.00	334719.00	7.09
43.00	317353.00	6.72
44.00	267099.00	5.65
45.00	164324.00	3.48
46.00	111139.00	2.35
47.00	87068.00	1.84
48.00	70633.00	1.50
49.00	56411.00	1.19

*Output rasters (for explanation see also: [www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf](http://www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf), chapter 4)*

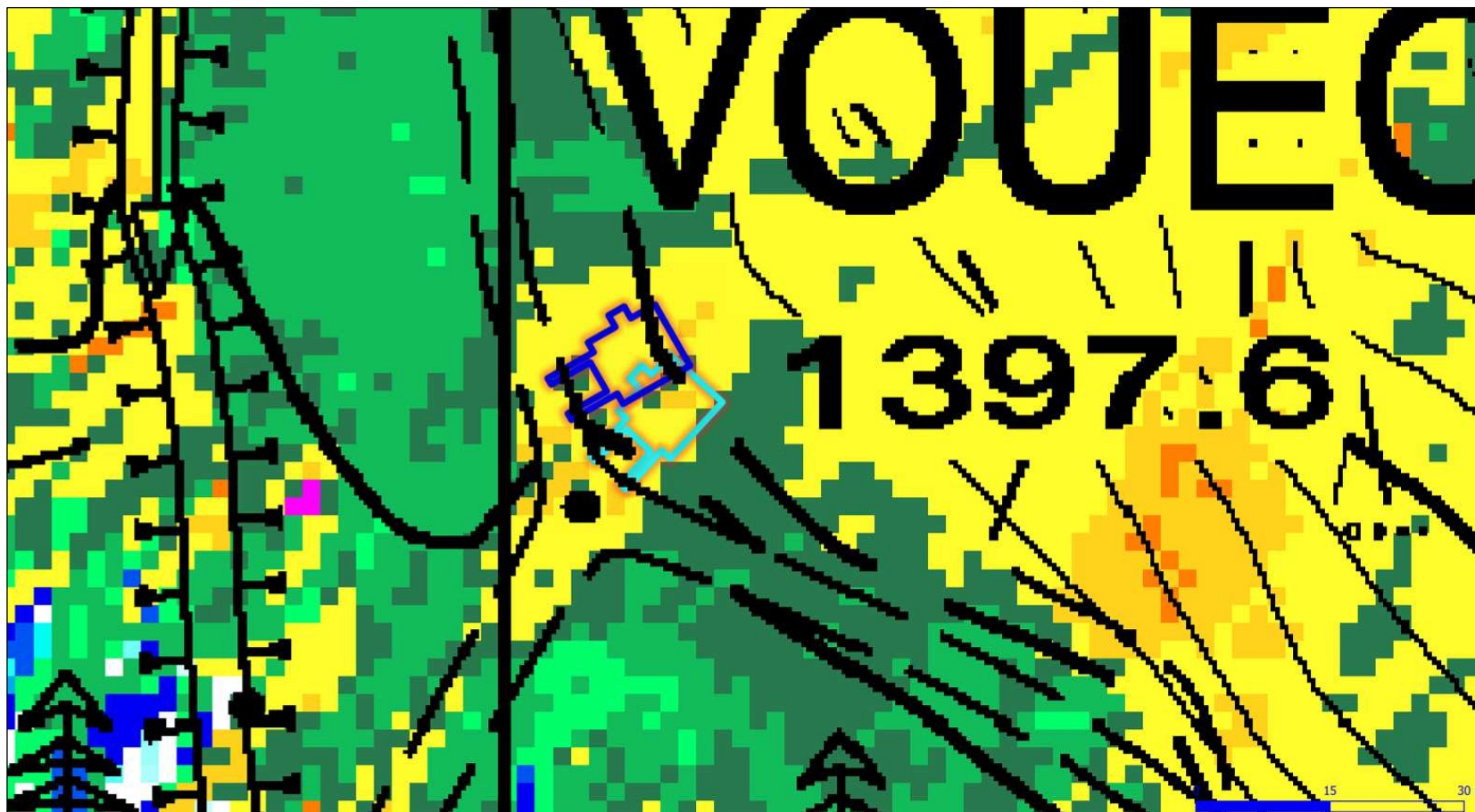
- *E\_mean.asc:* mean kinetic energy ( $E_{trans} + E_{rot}$ ) per raster cell [kJ]
- *E\_95.asc:* 95% CL of the kinetic energy values per raster cell [kJ]
- *Ph\_mean.asc:* mean normal passage height per raster cell [m]
- *Ph\_95.asc:* 95% CL of the normal passage heights per raster cell [m]
- *Nr\_passages.asc:* number of blocks passed through each raster cell [-]
- *Nr\_sourcecells.asc:* number of source cells the simulated blocks originated from per raster cell [-]
- *Reach\_probability.asc:*  
 $(Nr\_passages * 100) / (Nr\_sourcecells * Nr\_simulations\_per\_source\_cell)$  [%]
- *Nr\_deposited.asc:* number of blocks stopped in each raster cell [-]
- *Rvol\_deposit.asc:* maximum block volume stopped in each raster cell [m<sup>3</sup>]
- *Traj\_time.asc:* minimum time needed to reach a raster cell from the defined source areas [s]
- *Tree\_impact\_heights.asc:* maximum tree impact height per raster cell [m]
- *Nr\_tree\_impacts.asc:* number of tree impacts per raster cell [-]
- *V\_max.asc:* absolute maximum simulated velocity per raster cell (m/s)
- *EL\_angles.asc:* minimum recalculated Energy Line angle in each raster cell [°]

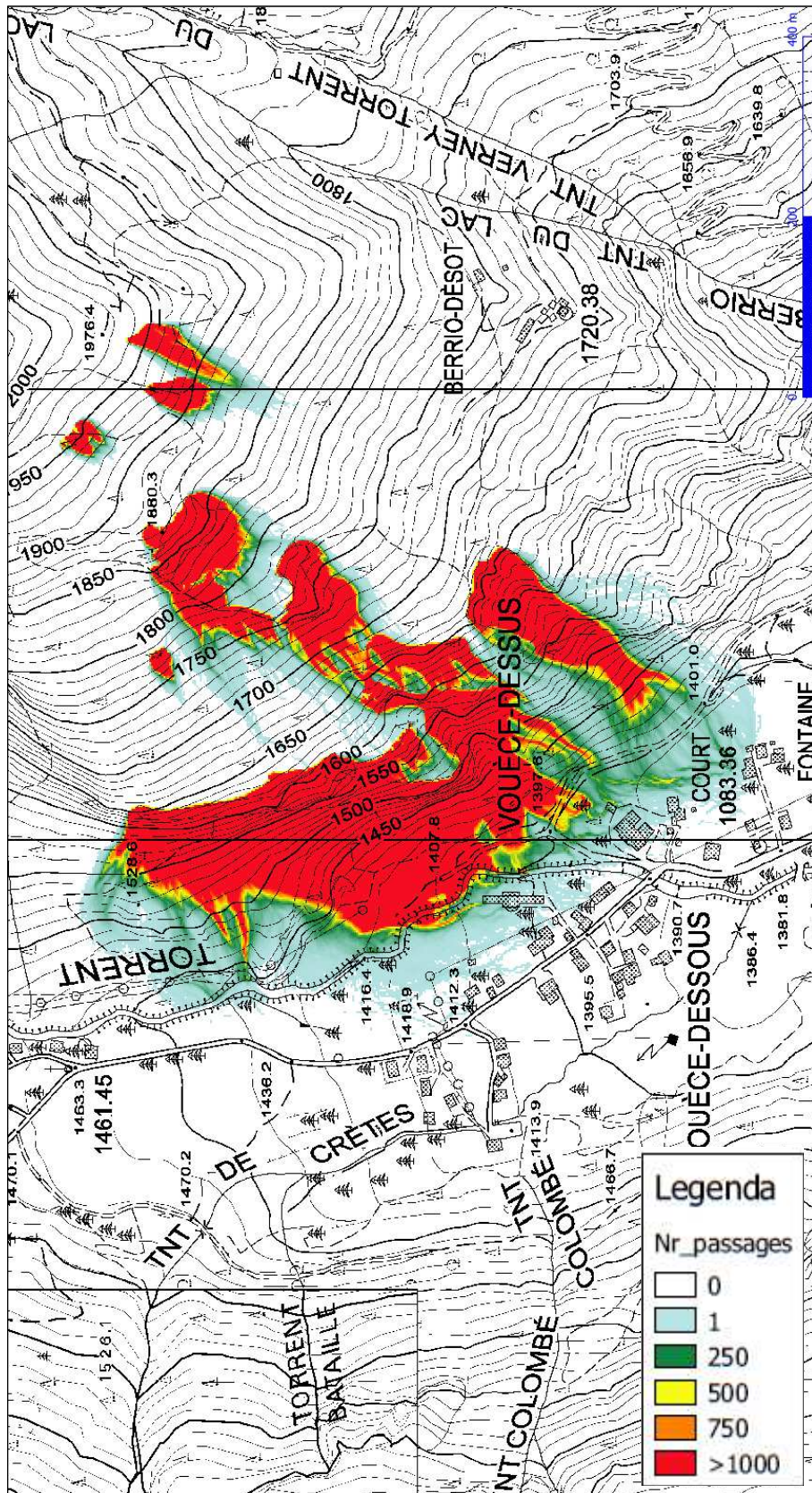
**REMARKS**

10.5.2 Simulazione situazione di progetto con il riporto di materiale a tergo della centrale per accentuare il displuvio – 1 mc



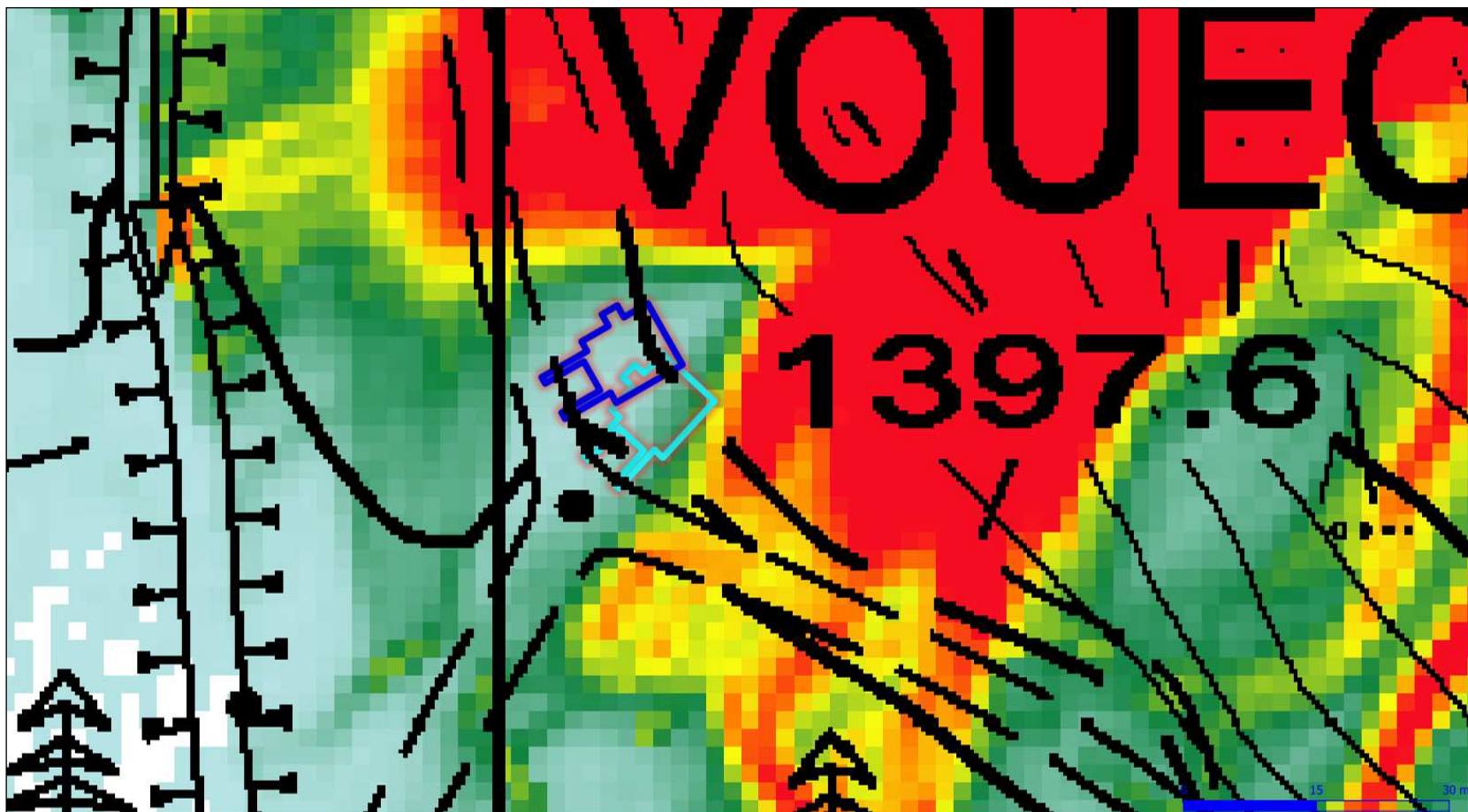
Simulazione situazione di progetto – E\_95  
Sito di realizzazione della centrale

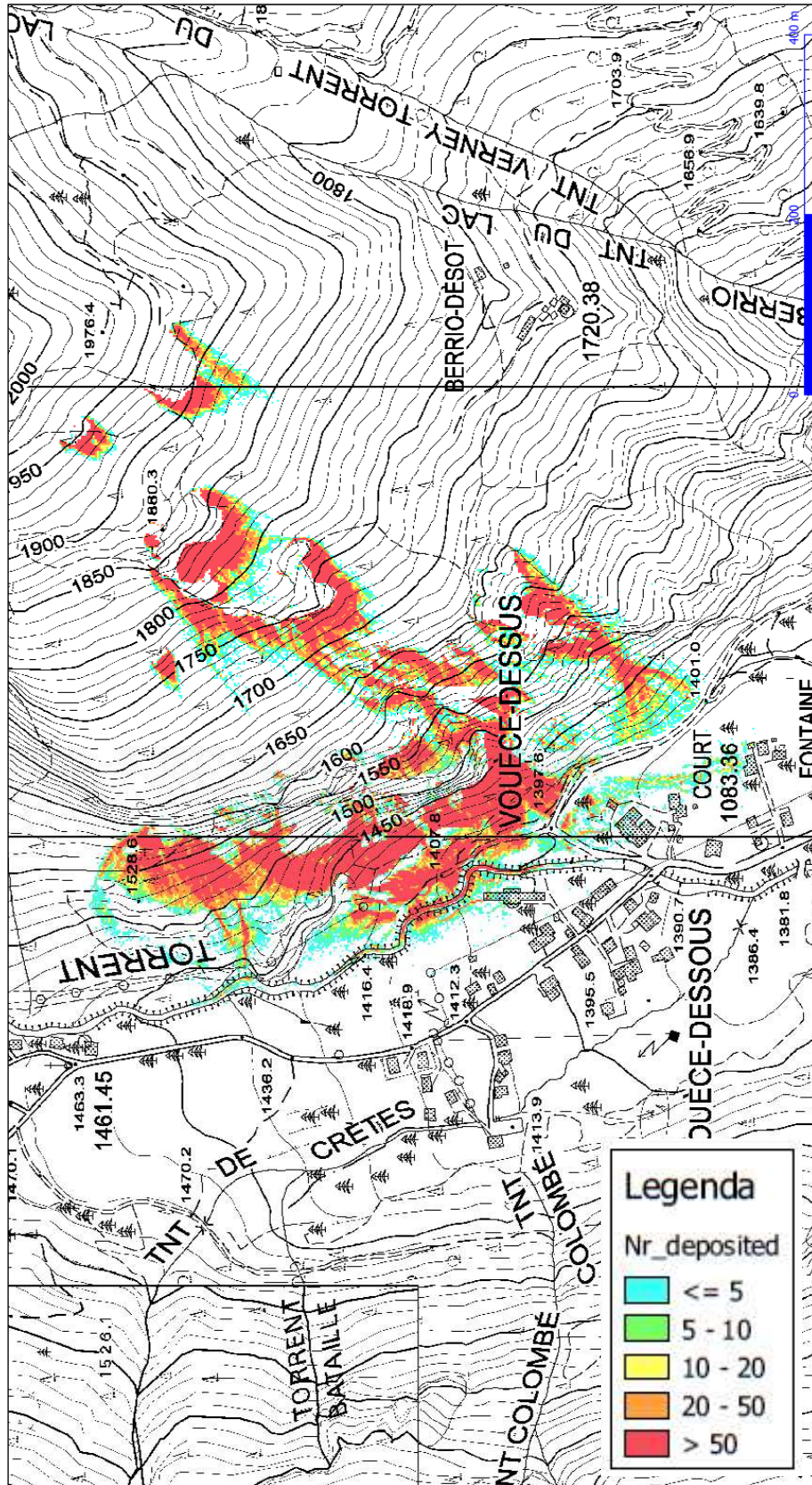




*Nr\_passages*

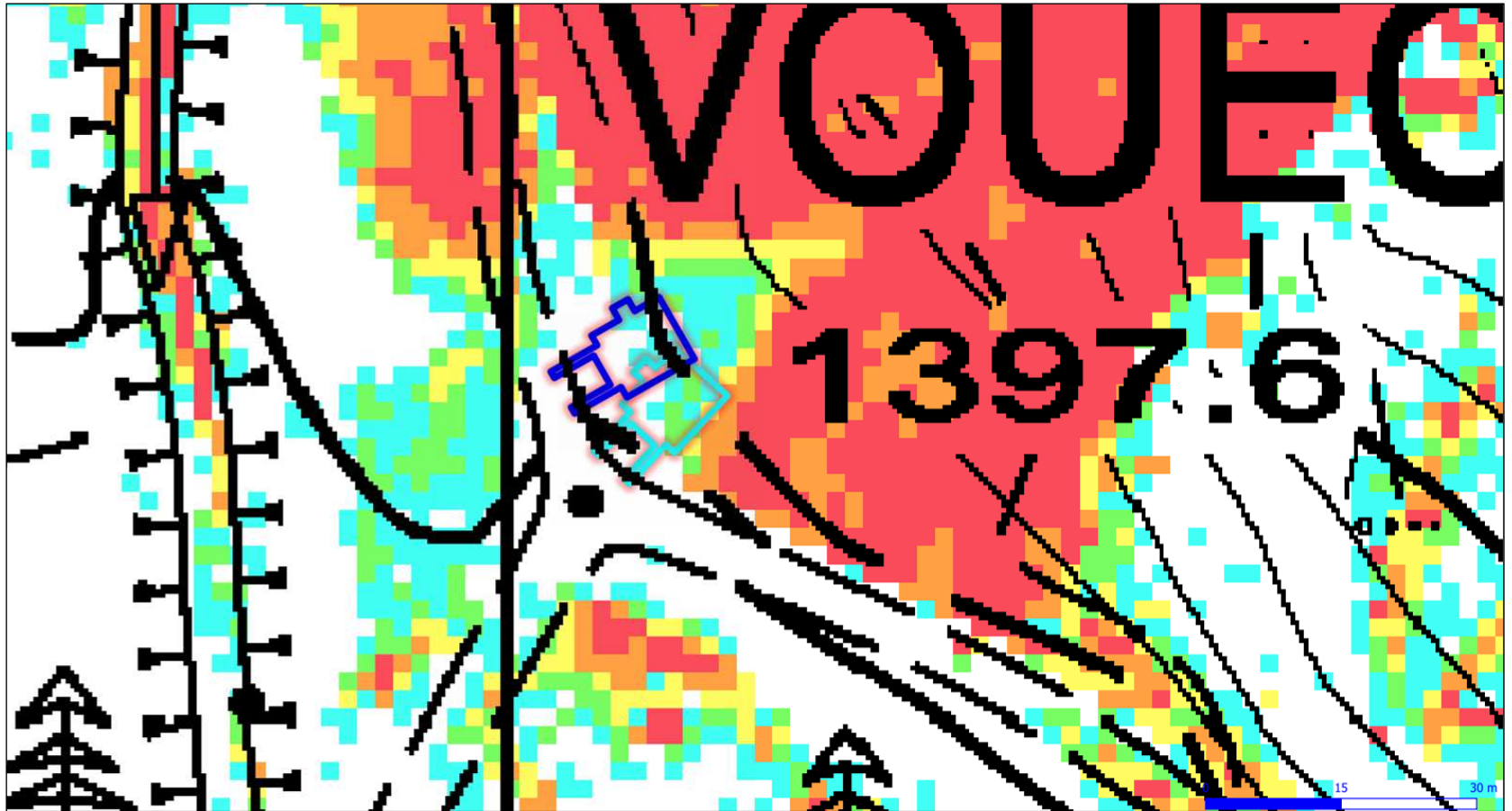
*Simulazione situazione di progetto – Nr passages  
Sito di realizzazione della centrale*





*Nr\_deposited*

*Simulazione situazione di progetto – Nr. depositad  
Sito di realizzazione della centrale*



Rockyfor3D v5.2.11 - Simulations completed on Thu Oct 31 13:35:10 2019

simulation started on Thu Oct 31 13:14:01 2019

simulation settings:

- rock volume variation = +/- 0
- nr. of simulations per source cell = 500
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 4858000
- additional initial fallheight = 0.000000 m
- Simulation with forest and without nets

Overall simulated block volumes:

- min = 1.000000 m<sup>3</sup>
- mean = 1.000000 m<sup>3</sup>
- max = 1.000000 m<sup>3</sup>

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 3630.300000 kj
- maximum energy value = 44017.200000 kj

Statistics on Energy Line Angles recalculated from simulated trajectories:

EL\_angle[°] frequency[-] frequency[%]

0.00	1982.00	0.04
1.00	4892.00	0.10
2.00	1386.00	0.03
3.00	4410.00	0.09
4.00	90.00	0.00
5.00	3464.00	0.07
6.00	1589.00	0.03
7.00	6065.00	0.13
8.00	829.00	0.02
9.00	3455.00	0.07
10.00	1266.00	0.03
11.00	5652.00	0.12
12.00	1925.00	0.04
13.00	4927.00	0.10
14.00	5723.00	0.12
15.00	8894.00	0.19
16.00	6335.00	0.13
17.00	12586.00	0.27
18.00	6596.00	0.14
19.00	16203.00	0.34
20.00	17452.00	0.37
21.00	23434.00	0.50
22.00	17264.00	0.37
23.00	21373.00	0.45
24.00	22428.00	0.48
25.00	19833.00	0.42
26.00	26787.00	0.57
27.00	84783.00	1.80
28.00	84686.00	1.79
29.00	81503.00	1.73
30.00	143230.00	3.04
31.00	188199.00	3.99



32.00	207643.00	4.40
33.00	227035.00	4.81
34.00	221266.00	4.69
35.00	226776.00	4.81
36.00	294341.00	6.24
37.00	342228.00	7.25
38.00	245610.00	5.20
39.00	205813.00	4.36
40.00	235241.00	4.99
41.00	290440.00	6.15
42.00	325544.00	6.90
43.00	322310.00	6.83
44.00	270026.00	5.72
45.00	159901.00	3.39
46.00	110213.00	2.34
47.00	83918.00	1.78
48.00	70122.00	1.49
49.00	51224.00	1.09

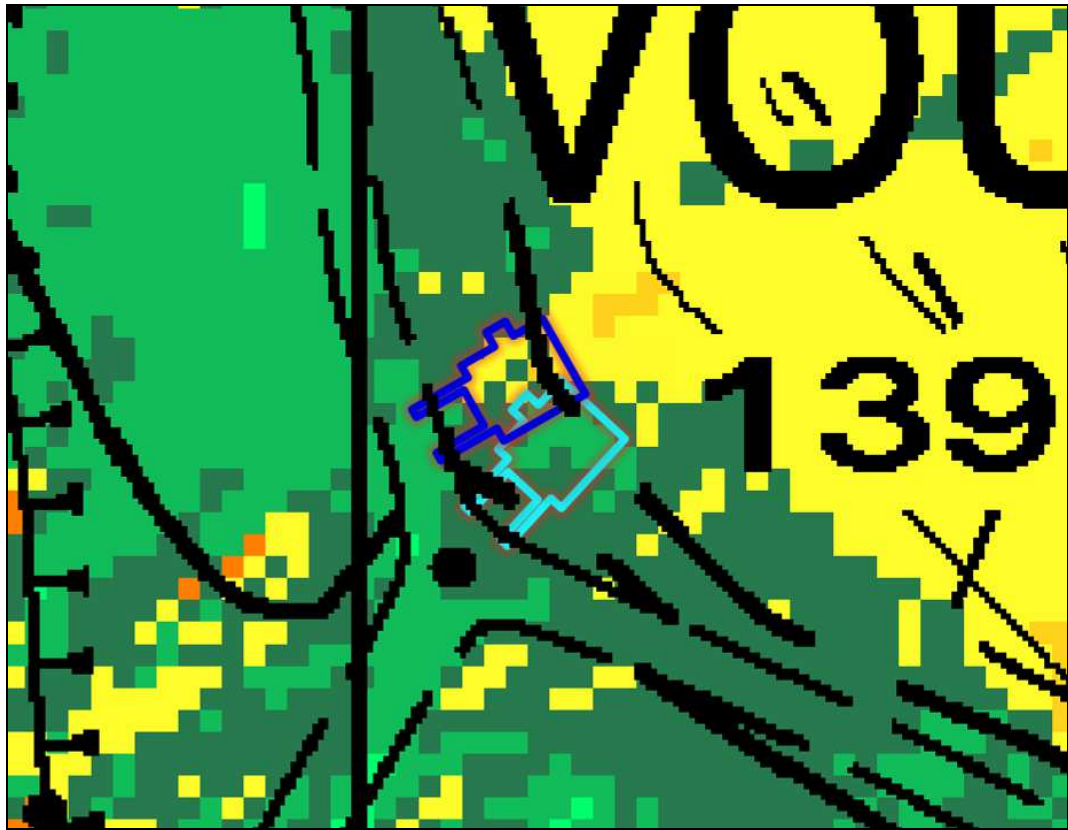
Output rasters (for explanation see also: [www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf](http://www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf), chapter 4)

- *E\_mean.asc*: mean kinetic energy ( $E_{trans} + E_{rot}$ ) per raster cell [kJ]
- *E\_95.asc*: 95% CL of the kinetic energy values per raster cell [kJ]
- *Ph\_mean.asc*: mean normal passage height per raster cell [m]
- *Ph\_95.asc*: 95% CL of the normal passage heights per raster cell [m]
- *Nr\_passages.asc*: number of blocks passed through each raster cell [-]
- *Nr\_sourcecells.asc*: number of source cells the simulated blocks originated from per raster cell [-]
- *Reach\_probability.asc*:  $(Nr\_passages * 100) / (Nr\_sourcecells * Nr\_simulations\_per\_source\_cell)$  [%]
- *Nr\_deposited.asc*: number of blocks stopped in each raster cell [-]
- *Rvol\_deposit.asc*: maximum block volume stopped in each raster cell [m<sup>3</sup>]
- *Traj\_time.asc*: minimum time needed to reach a raster cell from the defined source areas [s]
- *Tree\_impact\_heights.asc*: maximum tree impact height per raster cell [m]
- *Nr\_tree\_impacts.asc*: number of tree impacts per raster cell [-]
- *V\_max.asc*: absolute maximum simulated velocity per raster cell (m/s)
- *EL\_angles.asc*: minimum recalculated Energy Line angle in each raster cell [°]

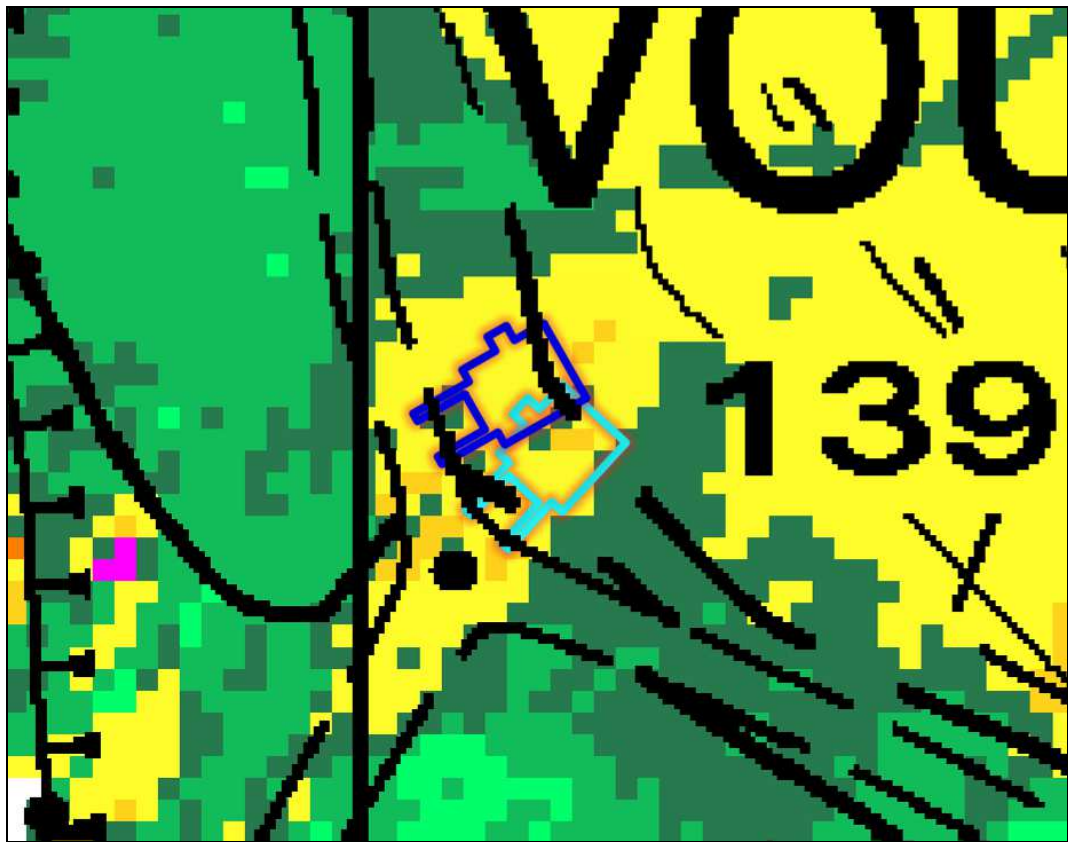
REMARKS

## 10.6 CONCLUSIONI VERIFICHE 3D

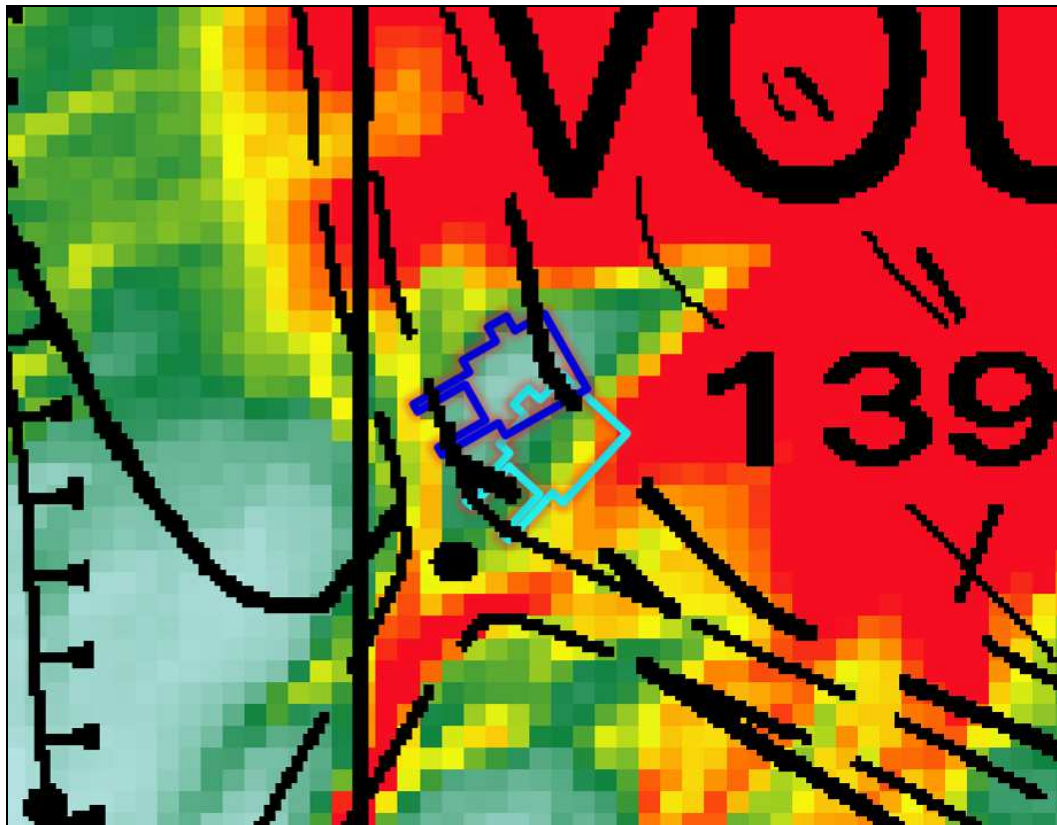
Di seguito si riportano le planimetrie di dettaglio del sito di realizzazione della centrale per confrontare la situazione attuale e quella di progetto:



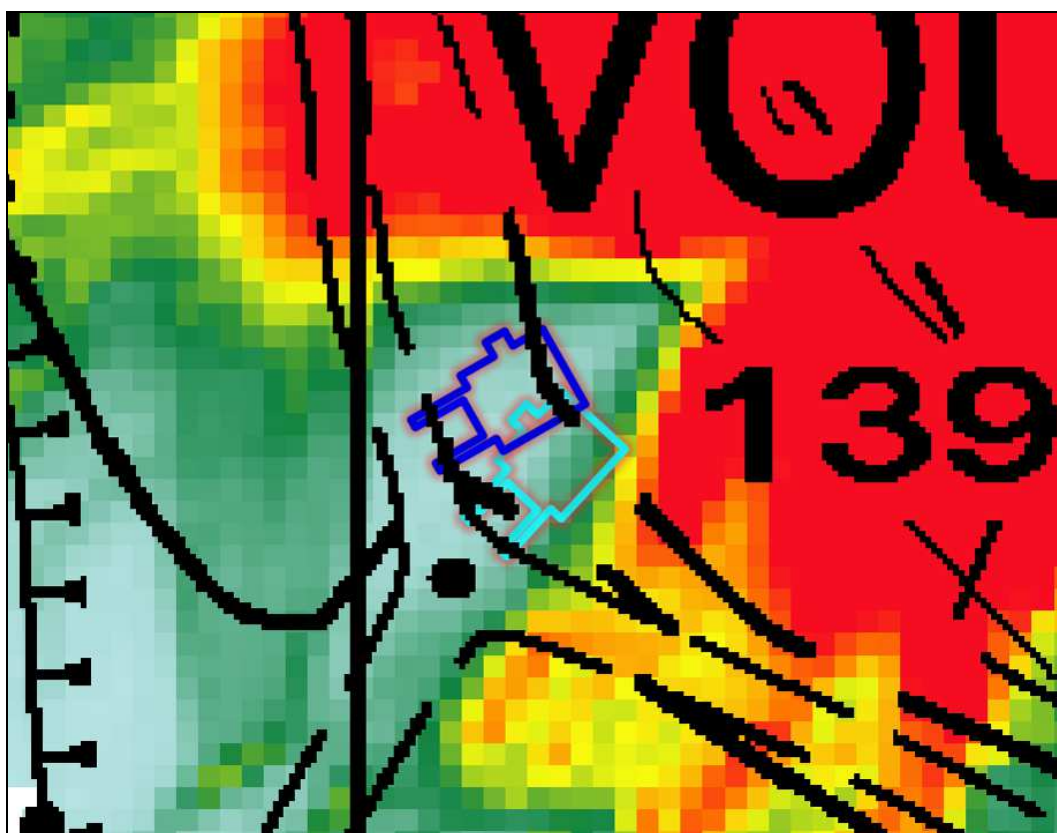
*Simulazione situazione attuale – E\_95  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



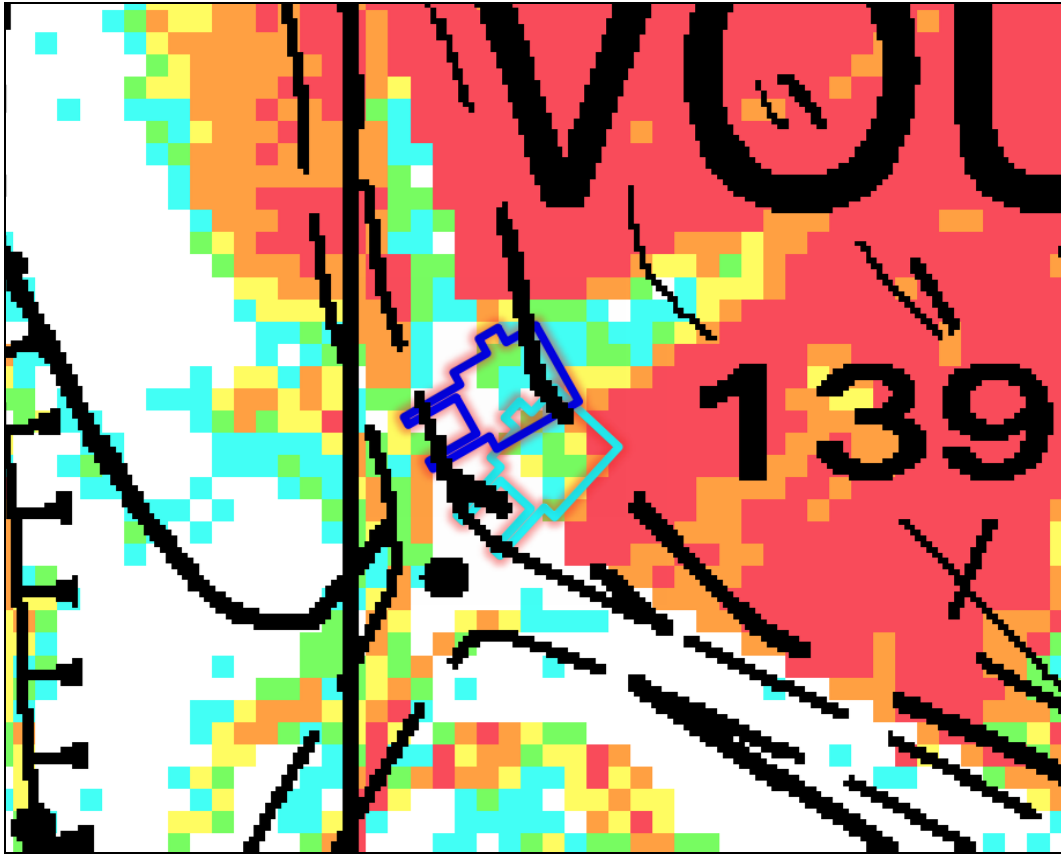
*Simulazione situazione di progetto – E\_95  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



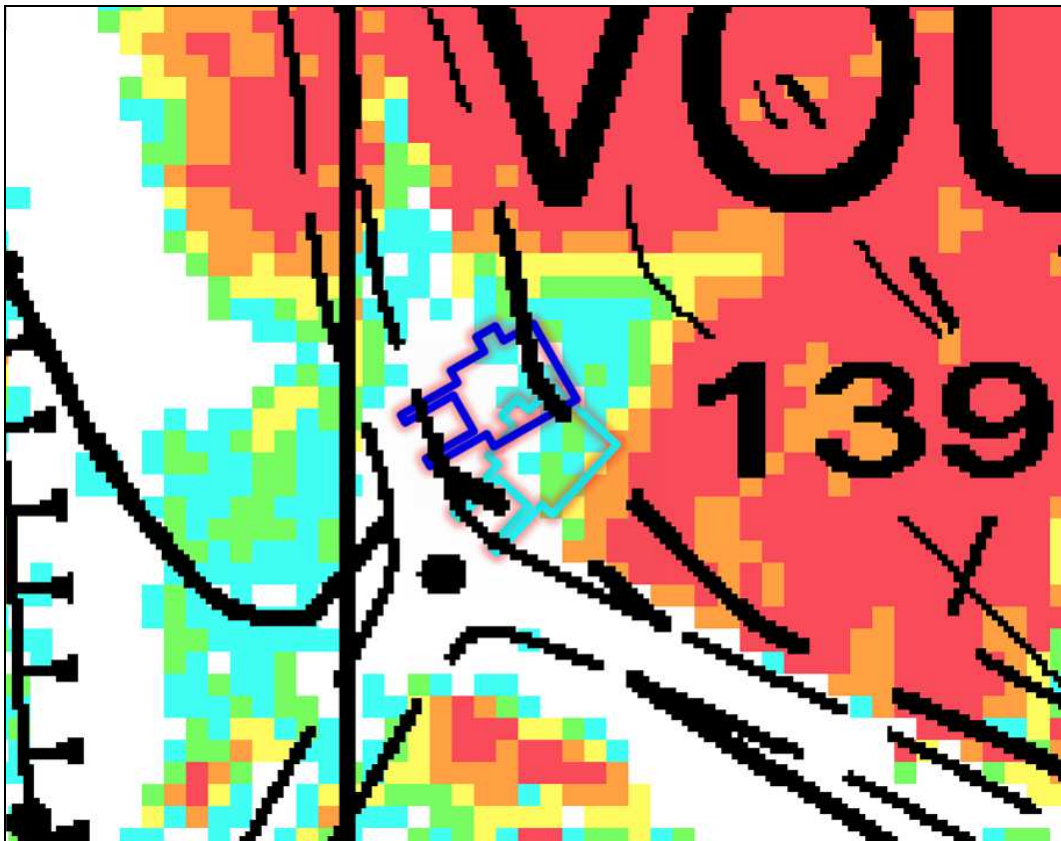
*Simulazione situazione attuale – Nr\_passages  
 Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



*Simulazione situazione di progetto – Nr\_passages  
 Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



*Simulazione situazione attuale – Nr\_deposited  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*



*Simulazione situazione di progetto – Nr\_deposited  
Dettaglio del sito di realizzazione della centrale*

Come si evince dalle simulazioni eseguite, l'opera di mitigazione in progetto, costituita da un riporto di materiale a tergo della centrale per accentuare il displuvio esistente, riesce a garantire la sicurezza per il manufatto e per l'accesso allo stesso. Nel settore d'intervento si ha solamente il passaggio di n.1 masso che, sulla base delle altezze di volo elaborate dal software, transita in volo. Non essendo presenti infrastrutture a valle della centrale, la modifica della morfologia non crea maggiore pericolo per cose e/o persone: la strada podereale era infatti già interessata dalla caduta massi, così come i terreni nelle vicinanze.

## 11. VERIFICHE DI STABILITÀ: SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

Conseguentemente ai principi generali enunciati nelle NTC, la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

-sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;

-sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite nella tabella sottostante.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):	
$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:	
$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:	
$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:	
$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$	[2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:	
$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$	[2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:	
$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$	[2.5.6]
Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:	
$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$	[2.5.7]

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

-lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU

-lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR

-lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Fatte salve tutte le prescrizioni fornite nelle NTC, la tabella sottostante riporta i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_F$  da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna EQU della tabella.

Per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si eseguono adottando i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 della tabella.

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

Nell'Approccio 1, le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema ( $\gamma_R$ ). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 della tabella. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A2. In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale, sia per quello geotecnico, si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni ( $\gamma_F$ ), per la resistenza dei materiali ( $\gamma_M$ ) e, eventualmente, per la resistenza globale ( $\gamma_R$ ). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Dove:

$\gamma_{G1}$	coefficiente parziale dei carichi permanenti $G_1$ ;
$\gamma_{G2}$	coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali $G_2$ ;
$\gamma_Q$	coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

## 12. VERIFICHE DI STABILITÀ: VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure indicate nel capitolo precedente.

## 12.1 VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per ogni stato limite per perdita di equilibrio (EQU), deve essere rispettata la condizione:

$$E_{inst,d} \leq E_{stb,d}$$

dove  $E_{inst,d}$  è il valore di progetto dell'azione instabilizzante,  $E_{stb,d}$  è il valore di progetto dell'azione stabilizzante.

La verifica della suddetta condizione deve essere eseguita impiegando come fattori parziali per le azioni i valori  $\gamma F$  riportati nella colonna EQU della tabella 6.2.I.

Per ogni stato limite ultimo che preveda il raggiungimento della resistenza di un elemento strutturale (STR) o del terreno (GEO), deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, definito dalle relazioni:

$$E_d = E \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad e \quad E_d = \gamma_E \cdot E \left[ F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico definito dalla relazione:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[ \gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza di progetto sono espresse nelle relazioni precedenti rispettivamente in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_F F_k$ , dei parametri geotecnici di progetto  $X_k/\gamma_M$  e dei parametri geometrici di progetto  $a_d$ . Il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_R$  opera direttamente sulla resistenza del sistema. L'effetto delle azioni di progetto può anche essere valutato direttamente con i valori caratteristici delle azioni come indicato dalla relazione sopra riportata con  $\gamma_E = \gamma_F$ .

In accordo a quanto stabilito precedentemente, la verifica della condizione  $E_d \leq R_d$  deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti.

Per le verifiche nei confronti di stati limite ultimi non espressamente trattati nei paragrafi delle NTC, si utilizza l'Approccio 1 con le due combinazioni (A1+M1+R1) e (A2+M2+R2). I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo

stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

### 12.1.1 Azioni

I coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni sono indicati nella tabella sottostante:

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_Q$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> 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  $\gamma_{G1}$ .

### 12.1.2 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato:

in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella successiva tabella e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;

in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi delle NTC relativi a ciascun tipo di opera;

sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi delle NTC relativi a ciascun tipo di opera.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali. Il valore di progetto della resistenza si ottiene, per il caso (a), applicando al valore caratteristico della resistenza unitaria al taglio  $\tau_R$  un coefficiente parziale  $\gamma_{\tau R} = 1,0$  (M1) e  $\gamma_{\tau R} = 1,25$  (M2) oppure procedendo come previsto ai punti b) e c) di cui sopra.

## 12.2 STABILITÀ DEI PENDII NATURALI

Le NTC si applicano allo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali, anche in presenza di azioni sismiche, al progetto, all'esecuzione e al controllo degli interventi di stabilizzazione.



### 12.2.1 Prescrizioni generali

Lo studio della stabilità dei pendii naturali richiede osservazioni e rilievi di superficie, raccolta di notizie storiche sull'evoluzione dello stato del pendio e su eventuali danni subiti dalle strutture o infrastrutture esistenti, la constatazione di movimenti eventualmente in atto e dei loro caratteri geometrici e cinematici, la raccolta dei dati sulle precipitazioni meteoriche, sui caratteri idrogeologici della zona e sui precedenti interventi di consolidamento. Le verifiche di sicurezza, anche in relazione alle opere da eseguire, devono essere basate su dati acquisiti con specifiche indagini geotecniche.

### 12.2.2 Modellazione geologica del pendio

Il modello geologico di riferimento deve rappresentare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geologico strutturali e idrogeologiche, con particolare riguardo alla genesi delle forme e dei processi, dei diversi litotipi, dell'ambiente deposizionale, del metamorfismo delle rocce, degli stili tettonici e geologico-strutturali dell'area; deve, inoltre, riconoscere e descrivere le criticità di natura geologica in relazione ai possibili processi di instabilità.

Le tecniche di studio, i rilievi e le indagini sono commisurati all'estensione dell'area, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera.

### 12.2.3 Modellazione geotecnica del pendio

Tenendo conto del modello geologico ed evolutivo del versante, devono essere programmate specifiche indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni e dell'ammasso roccioso, finalizzate alla definizione del modello geotecnico sulla base del quale effettuare lo studio delle condizioni di stabilità, nonché al progetto di eventuali interventi di stabilizzazione.

Le indagini devono effettuarsi secondo i seguenti criteri:

-la superficie del pendio deve essere definita attraverso un rilievo plano-altimetrico in scala adeguata ed esteso ad una zona sufficientemente ampia a monte e valle del pendio stesso;

-lo studio geotecnico deve definire la successione stratigrafica e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi, l'entità e la distribuzione delle pressioni interstiziali nel terreno e nelle discontinuità, degli eventuali spostamenti plano-altimetrici di punti in superficie e in profondità.

La scelta delle tipologie di indagine e misura, dell'ubicazione del numero di verticali da esplorare, della posizione e del numero dei campioni di terreno da prelevare e sottoporre a prove di laboratorio dipende dall'estensione dell'area, dalla disponibilità di informazioni provenienti da precedenti indagini e dalla complessità delle condizioni idrogeologiche e stratigrafiche del sito in esame.

Il numero minimo di verticali di indagine e misura deve essere tale da permettere una descrizione accurata della successione stratigrafica dei terreni interessati da cinematismi di collasso effettivi e potenziali e, in caso di pendii in frana, deve consentire di accertare forma e posizione della superficie o delle superfici di scorrimento esistenti e definire i caratteri cinematici della frana.

La profondità e l'estensione delle indagini devono essere fissate in relazione alle caratteristiche geometriche del pendio, ai risultati dei rilievi di superficie nonché alla più probabile posizione della eventuale superficie di scorrimento.

Tutti gli elementi raccolti devono permettere la definizione di un modello geotecnico di sottosuolo che tenga conto della complessità della situazione stratigrafica e geotecnica, della presenza di discontinuità e dell'evidenza di movimenti pregressi e al quale fare

riferimento per le verifiche di stabilità e per il progetto degli eventuali interventi di stabilizzazione.

#### 12.2.4 Verifiche di sicurezza

Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto del tipo di frana e dei possibili cinematismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento, le proprietà meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi e il regime delle pressioni interstiziali.

Nel caso di pendii in frana, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quella/e riconosciuta/e con le indagini.

Negli altri casi, la verifica di sicurezza deve essere eseguita lungo superfici di scorrimento cinematicamente possibili, in numero sufficiente per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il grado di sicurezza più basso.

Quando sussistano condizioni tali da non consentire un'agevole valutazione delle pressioni interstiziali, le verifiche di sicurezza devono essere eseguite assumendo le condizioni più sfavorevoli che ragionevolmente si possono prevedere.

La valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile ( $\Sigma$ ) e la tensione di taglio agente ( $\Sigma$ ) lungo la superficie di scorrimento, deve essere eseguita impiegando sia i parametri geotecnici, congruenti con i caratteri del cinematismo atteso o accertato, sia le azioni presi con il loro valore caratteristico.

L'adeguatezza del margine di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve comunque essere giustificata sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di un'eventuale frana.

#### 12.2.5 Interventi di stabilizzazione

Il progetto degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la descrizione completa dell'intervento, l'influenza delle modalità costruttive sulle condizioni di stabilità, il piano di monitoraggio e un significativo piano di gestione e controllo nel tempo della funzionalità e dell'efficacia dei provvedimenti adottati. In ogni caso devono essere definiti l'entità del miglioramento delle condizioni di sicurezza del pendio e i criteri per verificarne il raggiungimento.

La scelta delle più idonee tipologie degli interventi di stabilizzazione deve tener conto delle cause promotrici della frana, del meccanismo di collasso ipotizzato o in atto, dei suoi caratteri cinematici e del regime delle pressioni interstiziali nel sottosuolo. Il progetto degli interventi deve essere basato su specifici modelli geotecnici di sottosuolo.

Oltre alla valutazione dell'incremento di sicurezza indotto dagli interventi di stabilizzazione nei confronti del meccanismo di collasso più critico, è necessario verificare le condizioni di sicurezza connesse con altri, diversi, meccanismi di collasso, compatibili con gli interventi ipotizzati

#### 12.2.6 Controlli e monitoraggio

Il monitoraggio di un pendio o di una frana interessa le diverse fasi che vanno dallo studio al progetto, alla realizzazione e gestione delle opere di stabilizzazione e al controllo della loro funzionalità e durabilità. Esso è riferito principalmente agli spostamenti di punti significativi del pendio, in superficie e/o in profondità, al controllo di eventuali manufatti presenti e alla misura delle pressioni interstiziali, da effettuare con periodicità e durata tali da consentire di definirne le variazioni periodiche e stagionali.

Il controllo dell'efficacia degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la definizione delle soglie di attenzione e di allarme e dei provvedimenti da assumere in caso del relativo superamento.

### **12.3 BACK ANALYSIS E VALORI CARATTERISTICI**

Per poter estrapolare dei dati geotecnici oggettivi, sulla sezione BB della centrale sono state realizzate reiterate verifiche di stabilità in “back-analysis”, opportunamente predisposte allo scopo di valutare le caratteristiche di resistenza dei terreni presenti nel settore oggetto della presente relazione. La back analysis consiste nell'analizzare un problema del quale sono noti la geometria e le condizioni al contorno, per ricavare a ritroso i parametri di resistenza del materiale, attraverso una risoluzione inversa delle equazioni di equilibrio o per tentativi o iterazioni successivi. Tuttavia, il fatto che uno o più set di parametri geotecnici forniscano in un modello analitico risultati comparabili a quanto si verifica in sito, non è di per sé garanzia della bontà dei parametri e delle equazioni di equilibrio utilizzate.

Il sito oggetto di analisi è principalmente costituito essenzialmente da due unità geologico-geotecniche: si tratta di depositi di genesi mista posti sul versante sino al fondovalle ove sono interdigitati ai depositi alluvionali e fluvioglaciali, il substrato, non rilevato direttamente nel sito, ma a seguito dell'indagine geofisica riportata nei precedenti capitoli, è posto ad una profondità di circa 10 m.

Per ottenere risultati sufficientemente cautelativi tramite la back analysis sono state fissate le seguenti condizioni nel modello di calcolo:

- assenza di sollecitazioni sismiche;
- parametri geotecnici “reali” (non ridotti secondo i coefficienti parziali imposti dai DM 14/01/2008 e D.M. 17/01/18).

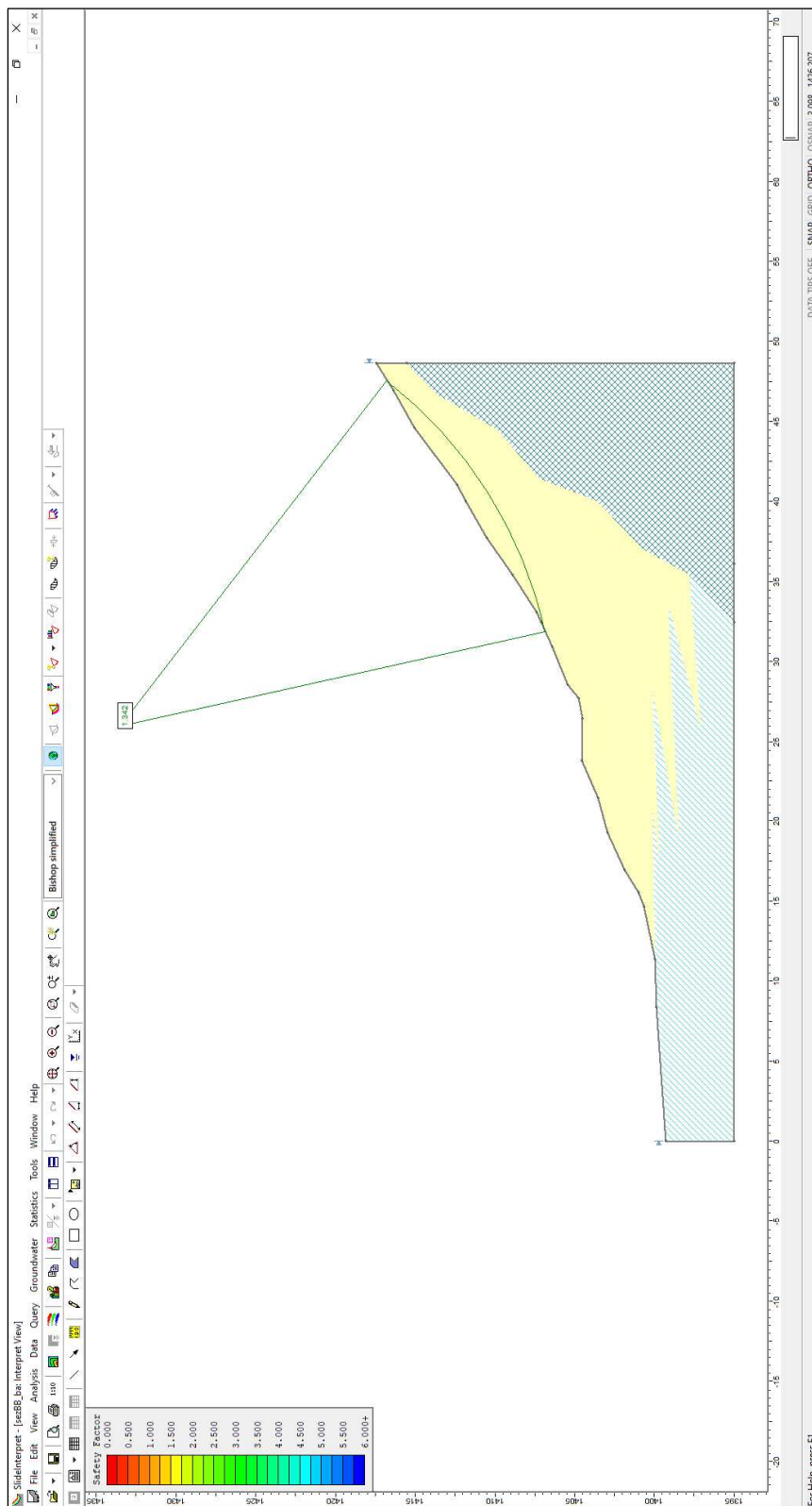
Tenuto conto di tali condizioni si è ritenuto di considerare il sito attuale con un fattore di sicurezza  $F_s$  pari a 1,3 in considerazione dell'acclività (pendenza di circa 30°-32°) e della oggettiva situazione che al momento individua un pendio ben assestato e che risulta essere complessivamente stabile.

Le verifiche sono state eseguite con il metodo di Bishop semplificato, nel quale si risolvono le equazioni del momento rispetto al centro dell'arco di cerchio che descrive la superficie di scivolamento.

In funzione dell'assetto geologico del pendio analizzato si è preso in considerazione l'assetto stratigrafico sopra descritto.

### 12.3.1 Sezione BB – back analysis

<b>Metodo di calcolo</b>	<b>Fs min</b>
Bishop semplificato	1.342



**Verifica di stabilità (back analysis) con evidenziata la superficie con Fs minore ( $F_s=1.382$ )  
Metodo di calcolo Bishop semplificato**

Dalla back-analysis sono stati ricavati ed assunti dunque i seguenti valori caratteristici dei parametri geotecnici:

Material: depositi di genesi mista

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 1.8 kPa  
Friction Angle: 35 degrees  
Water Surface: None

Material: depositi alluvionali e fluvioglaciali

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 18 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 0.5 kPa  
Friction Angle: 34 degrees  
Water Surface: None

Material: substrato

Strength Type: Mohr-Coulomb  
Unit Weight: 25 kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion: 80 kPa  
Friction Angle: 60 degrees  
Water Surface: None

### **13. VERIFICHE DI STABILITÀ: SIMULAZIONI**

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8 delle NTC, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1 tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici, e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Al fine di valutare attentamente la stabilità del sistema opera/pendio, sono state eseguite delle verifiche di stabilità lungo la sezione più rappresentativa di progetto: le verifiche sono state eseguite tramite il software SLIDE di Rocscience (Version 6.039).

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle NTC, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1; quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD) di cui allo stesso § 3.2.1.

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 7 delle NTC, oppure con i  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

#### **13.1 FRONTI DI SCAVO E RILEVATI**

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come  $F_h = k_h W$  ed  $F_v = k_v W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nelle NTC (§ 7.11.3.5.2) e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$  nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$  nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

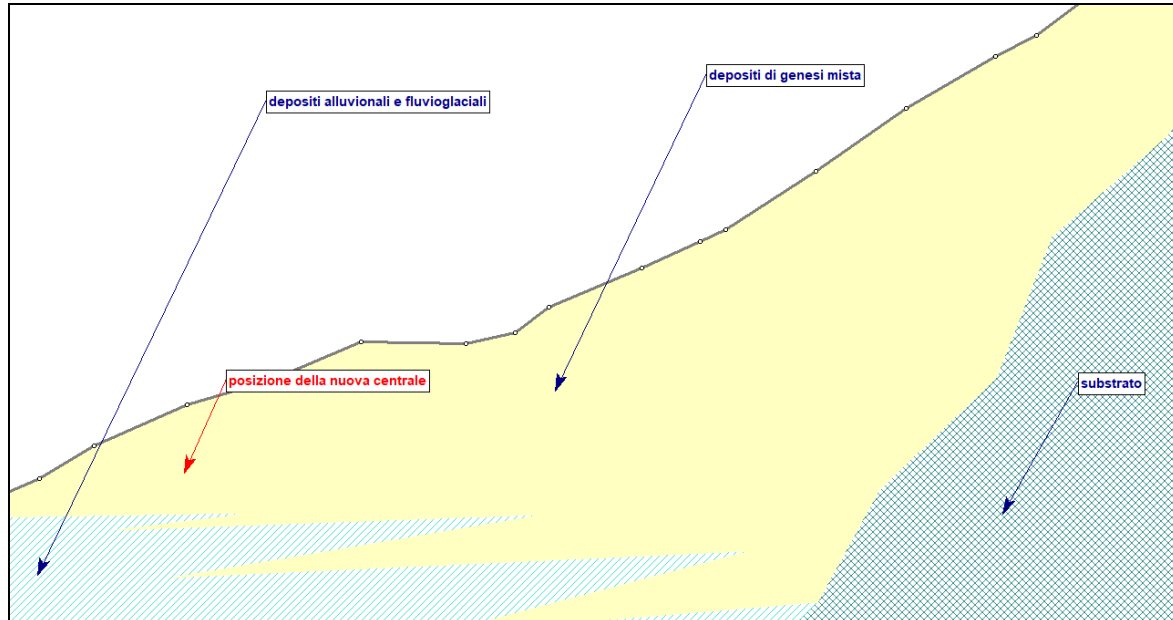
Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ . Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

### 13.2 VALORI CARATTERISTICICI

Dall'analisi geosismica di dettaglio e dall'osservazione dei tagli artificiali e naturali si è potuto ricostruire la stratigrafia dell'area, utilizzando poi le caratteristiche tipiche dei terreni incontrati, attribuendone dei valori desunti da prove effettuate dallo scrivente su terreni in situazioni geologiche analoghe.

In base ai risultati dell'analisi geosismica e sulla base dell'esperienza e delle conoscenze disponibili, sono stati rilevati i valori caratteristici suddivisi per sismostrati. Con tale termine si intende la suddivisione del terreno effettuata in base alla risposta sismica: si evidenzia che tale suddivisione non sempre corrisponde a quella litostratigrafica.

Di seguito si riporta lo schema litostratigrafico dell'area con le caratteristiche geotecniche dei terreni corrispondenti.



approccio DA1-C2		
PARAMETRO	Unità di misura	Valore caratteristico
<b>PARAMETRO</b>		<b>Depositi di genesi mista</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	0,7002
	$\phi_K$	35,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0180
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000
<b>PARAMETRO</b>		<b>Depositi alluvionali e fluvioglaciali</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	0,6745
	$\phi_K$	34,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0005
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (Mpa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000
<b>PARAMETRO</b>		<b>Substrato</b>
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan(\phi'_K)$	1,7321
	$\phi_K$	60,00
<i>Coesione efficace</i>	$C'_K$ (MPa)	0,0800
<i>Resistenza non drenata</i>	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000
<i>Peso nell'unità di volume</i>	$\gamma_K$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,0000

### 13.3 CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA

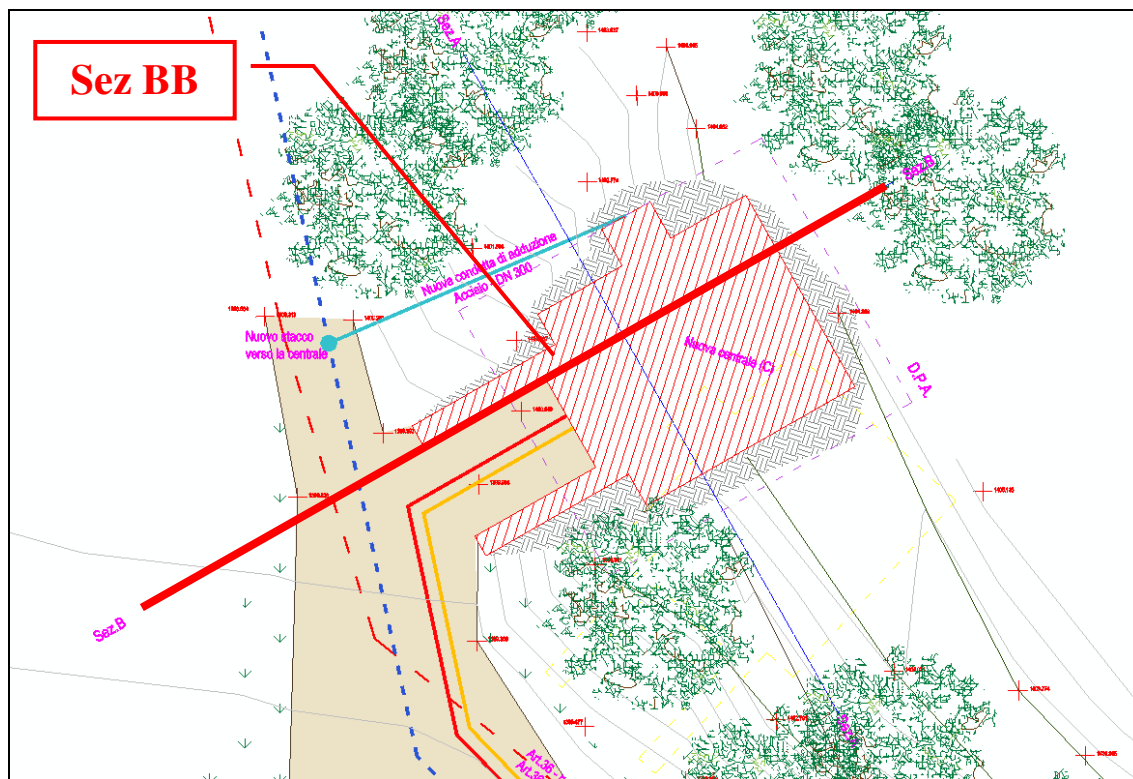
Come prevedono le NTC, sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 delle NTC, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1. Le verifiche agli stati limite ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di cui al § 3.2.1 (configurazione finale di progetto); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD) di cui allo stesso § 3.2.1 (fase di scavo).

Per la fase dello scavo temporaneo, nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, impiegando lo stesso approccio per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1.2$ . Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

Per quanto riguarda invece la configurazione finale di progetto, le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto, con i coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 7 delle NTC, oppure con i  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite lungo le sezioni sotto riportate e ritenute più critiche tra quelle estrapolate dalle tavole di progetto dell'ing. Magliano Marco.

La sezione BB di progetto è stata verificata in fase di scavo e nella configurazione finale di progetto.



*Planimetria di progetto – edificio della centrale*

Relativamente alle verifiche in condizioni statiche si è tenuto conto di un fattore di sicurezza  $F_s$  pari a 1,1, mentre in condizioni sismiche si è tenuto conto di un fattore di sicurezza  $F_s$  pari a 1,2, come previsto dalle NTC 2018.

### **13.4 AZIONI SISMICHE**

L'azione sismica di progetto da assumere nelle analisi di stabilità fa riferimento a quanto riportato nel capitolo precedente, relativo alle condizioni di sottosuolo e le azioni sismiche al suolo.

Nel caso di pendii con inclinazione maggiore di  $15^\circ$  e altezza maggiore di 30 m, l'azione sismica di progetto deve essere opportunamente incrementata o attraverso un coefficiente di amplificazione topografica o in base ai risultati di una specifica analisi bidimensionale della risposta sismica locale, con la quale si valutano anche gli effetti di amplificazione stratigrafica.

In generale l'amplificazione tende a decrescere sotto la superficie del pendio. Pertanto, gli effetti topografici tendono a essere massimi lungo le creste di dorsali e rilievi, ma si riducono sensibilmente in frane con superfici di scorrimento profonde. In tali situazioni, nelle analisi pseudostatiche gli effetti di amplificazione topografica possono essere trascurati ( $ST = 1$ ).

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nel nostro caso si è deciso di eseguire l'analisi delle condizioni di stabilità mediante metodi pseudostatici.

Nelle analisi si deve tenere conto dei comportamenti di tipo fragile, che si manifestano nei terreni a grana fina sovraconsolidati e nei terreni a grana grossa addensati con una riduzione della resistenza al taglio al crescere delle deformazioni. Inoltre, si deve tener conto dei possibili incrementi di pressione interstiziale indotti in condizioni sismiche nei terreni saturi. Nei metodi pseudo-statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione



statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come  $F_h = k_h \times W$  ed  $F_v = k_v \times W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

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

Dove:

$\beta_s$  = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  = accelerazione di gravità.

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

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ );

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

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

*Coefficienti di amplificazione stratigrafica*

**Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito**

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

*Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*

**Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

*Coefficienti di amplificazione topografica*

La condizione di stato limite deve essere valutata con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici e riferita alla superficie di scorrimento critica, caratterizzata dal minore margine di sicurezza. L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della stabilità del pendio deve essere valutata e motivata dal progettista.

In terreni saturi e in siti con accelerazione orizzontale massima attesa  $a_{max} > 0,15 \times g$ , nell'analisi statica delle condizioni successive al sisma si deve tenere conto della possibile riduzione della resistenza al taglio per incremento delle pressioni interstiziali o per decadimento delle caratteristiche di resistenza indotti dalle azioni sismiche.

Nell'analisi di stabilità di frane quiescenti, che possono essere riattivate dall'azione del sisma, si deve fare riferimento ai valori dei parametri di resistenza attinti a grandi deformazioni. L'eventuale incremento di pressione interstiziale indotto dal sisma, da considerare in dipendenza della natura dei terreni, deve considerarsi uniformemente distribuito lungo la superficie di scorrimento critica.

#### 13.4.1 Azioni sismiche in fase di scavo

Per quanto riguarda i fronti di scavo e rilevati, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come  $F_h = k_h W$  ed  $F_v = k_v W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nelle NTC (§ 7.11.3.5.2) e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

- $\beta_s = 0.38$  nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV);
- $\beta_s = 0.47$  nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Le verifiche sono state realizzate allo stato limite di esercizio (SLE), più precisamente allo stato limite di danno (SLD) e nel nostro caso si è quindi utilizzato un valore di  $\beta_s$  pari a 0.47.

Le verifiche hanno mostrato che lo scavo in fase di realizzazione risulta critico: è dunque necessario prevedere che lo stesso venga stabilizzato impostando, lungo tutta la base, una scogliera con massi ciclopici per un'altezza di almeno 6,0 m e il fronte rimanente riprofilato ad un massimo di 35°. Le verifiche riportate di seguito rappresentano la situazione senza opere provvisionali e con la scogliera prevista.

Imponendo le condizioni sopra espresse e volendo verificare gli scavi anche in presenza di azione sismica, si ottengono i seguenti valori:

$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$	0,022
$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$	0,011

dove:

$\beta_s$	0,47
$a_{\max}$	0,047 g
$g$	9,81

dove:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

con:

$S_S$	1,2
$S_T$	1
$a_g$	0,039

*Coefficienti sismici considerati per lo scavo per la realizzazione della centrale*

#### 13.4.2 Azioni sismiche in fase di progetto

Per quanto riguarda la configurazione finale di progetto con la centrale realizzata, le verifiche sono state realizzate allo stato limite ultimo (SLU), più precisamente allo stato limite di vita (SLV).

Imponendo le condizioni sopra espresse e volendo verificare la progettazione anche in presenza di azione sismica, si ottengono i seguenti valori:

$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$	0,054
$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$	0,027

dove:

$\beta_s$	0,24
$a_{\max}$	0,224 g
$g$	9,81

dove:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

con:

$S_S$	1,2
$S_T$	1
$a_g$	0,187

*Coefficienti sismici considerati nella condizione di centrale realizzata*

### 13.5 SITUAZIONE DI PROGETTO

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminare un numero elevato di potenziali superfici.

Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto, dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne, saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia  $m \times n$  e raggio variabile in un determinato range di valori, tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Ai dati geotecnici ricavati sono state apportate le correzioni dovute ai coefficienti parziali  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 7 delle NTC, oppure ai  $\gamma_R$  indicati nel Capitolo 6 laddove non espressamente specificato.

Come previsto, la verifica globale è stata condotta attraverso l'approccio 1, combinazione 2, adottando come coefficiente parziale per le verifiche di sicurezza  $\gamma_R$  quello riportato nella tabella 6.8.I delle NTC.

Per quanto riguarda le opere in progetto sono stati presi come valori caratteristici quelli presenti nella bibliografia. Sono stati utilizzati valori comunque cautelativi in quanto le opere sono particolari e non standardizzate.

Le opere di progetto dovranno avere dei valori caratteristici pari o superiori a quelli utilizzati nelle verifiche effettuate.

Di seguito si riportano i valori delle caratteristiche dei terreni utilizzati per le simulazioni ed i valori corretti secondo i coefficienti previsti dalla normativa.

approccio DA1-C2				
PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Valore caratteristico	Coefficiente parziale M2	Valore di progetto
<b>Depositi di genesi mista</b>				
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0,7002	1,25	0,5602
	$\phi_k$	35,00		29,26
Coesione efficace	$C'_k$ (MPa)	0,0018	1,25	0,0014
Resistenza non drenata	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000	1,40	0,0000
Peso nell'unità di volume	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000	1,00	18,0000
<b>Depositi alluvionali e fluvioglaciali</b>				
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0,6745	1,25	0,5396
	$\phi_k$	34,00		28,35
Coesione efficace	$C'_k$ (MPa)	0,0005	1,25	0,0004
Resistenza non drenata	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000	1,40	0,0000
Peso nell'unità di volume	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,0000	1,00	18,0000
<b>Substrato</b>				
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	1,7321	1,25	1,3856
	$\phi_k$	60,00		54,18
Coesione efficace	$C'_k$ (MPa)	0,0800	1,25	0,0640
Resistenza non drenata	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000	1,40	0,0000
Peso nell'unità di volume	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,0000	1,00	25,0000
<b>Riempimento - Riporto</b>				
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	0,6745	1,25	0,5396
	$\phi_k$	34,00		28,35
Coesione efficace	$C'_k$ (MPa)	0,0010	1,25	0,0008
Resistenza non drenata	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000	1,40	0,0000
Peso nell'unità di volume	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,0000	1,00	17,0000
<b>Scogliera</b>				
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\phi'_k)$	1,1918	1,25	0,9534
	$\phi_k$	50,00		43,63
Coesione efficace	$C'_k$ (MPa)	0,0500	1,25	0,0400
Resistenza non drenata	$C_{UK}$ (MPa)	0,0000	1,40	0,0000
Peso nell'unità di volume	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	22,0000	1,00	22,0000

### 13.6 VERIFICHE DI STABILITÀ DEI FRONTI DI SCAVO

Come già anticipato precedentemente, al fine di valutare l'assetto dei fronti di scavo in fase di esecuzione dei lavori, sono state realizzate delle verifiche di stabilità sulle seguenti sezioni ritenute più critiche:

- sezione BB (centrale).

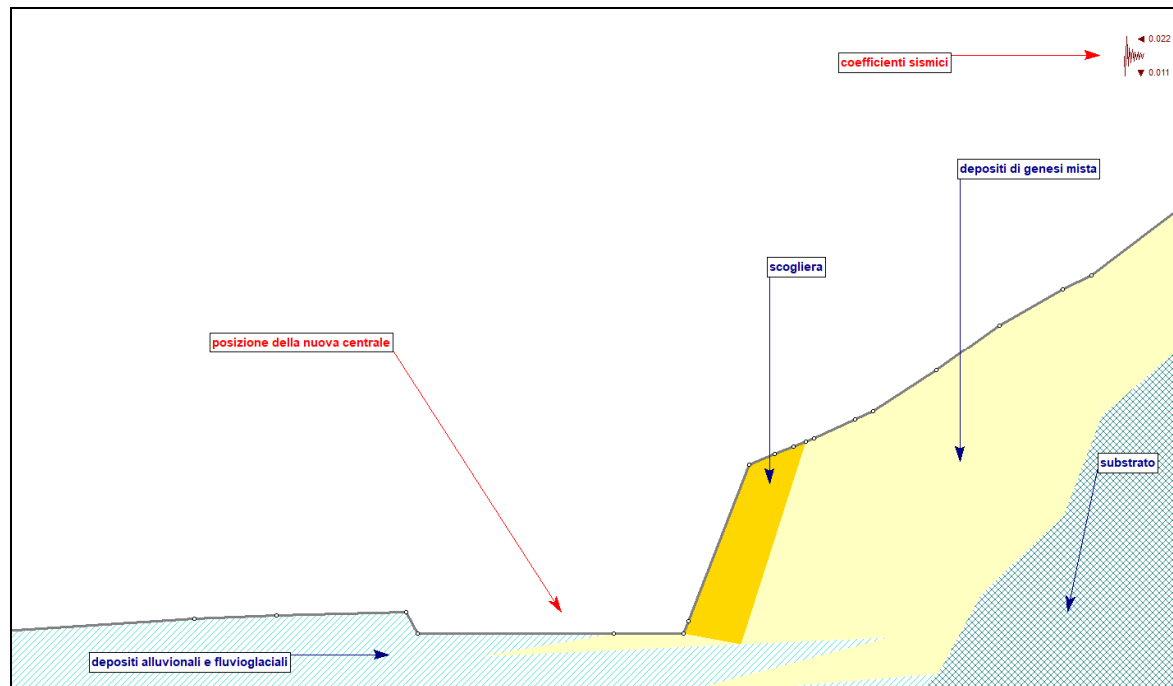
Si è verificato il sistema "fronte di scavo" con i criteri imposti dalle NTC vigenti: le verifiche sono state dunque condotte con i parametri caratteristici dei terreni e dei materiali utilizzando i coefficienti previsti dalle norme e in condizioni di azione sismica.

Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - Rocscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.

Nell'analisi di stabilità è stata considerata la configurazione di scavo: nello specifico si sono calcolate tutte le superfici di scivolamento con valore di  $F_s$  inferiore a 1,1 in condizioni statiche ed inferiore a 1,2 in condizioni sismiche, andando ad evidenziare se le stesse interessano i fronti di scavo.

### 13.6.1 Impostazione del modello – scavo per la realizzazione della centrale

Il modello considerato è costituito dallo scavo per realizzare la centrale configurata con la scarpata con le pendenze da progetto ed in assenza di una falda di versante: i rilievi in sito e le indagini eseguite non hanno evidenziato la presenza di acqua di versante.



*Verifica di stabilità della sezione BB con il software Slide – fase di scavo  
Nella sezione vengono evidenziati i terreni e i materiali*

Per il calcolo del  $F_s$  l'analisi è stata effettuata in condizioni drenate ammettendo che sia lecito assumere che le sovrappressioni interstiziali generate dall'applicazione dei carichi si dissipino contemporaneamente all'applicazione stessa. Attribuiti i parametri caratteristici del terreno e stabilita la possibile geometria di rottura, la verifica di stabilità è stata effettuata con supporto informatico e per il calcolo del  $F_s$  si sono scelti per completezza diversi metodi.

### 13.6.2 Valori di riferimento del modello geologico considerato – scavo per la realizzazione della centrale

Di seguito si riportano i valori utilizzati per le simulazioni nel software di calcolo:

## **Condizioni statiche**

### **Slide Analysis Information**

### **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

#### **General Settings**

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left

- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

## Analysis Options

### Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

## Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None





## Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

## Material Properties

Property	depositi di genesi mista	depositi alluvionali e fluvioglaciali	substrato	scogliera
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	18	18	25	22
Cohesion [kPa]	1.4	0.4	64	40
Friction Angle [deg]	29.26	28.35	54.18	43.63
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

# ***Condizioni sismiche***

## ***Slide Analysis Information***

### ***SLIDE - An Interactive Slope Stability Program***

#### ***General Settings***

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

#### ***Analysis Options***

##### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check  $\alpha < 0.2$ : Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

#### ***Groundwater Analysis***

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

#### ***Random Numbers***

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

#### ***Surface Options***





- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

#### ***Loading***

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.022
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.011

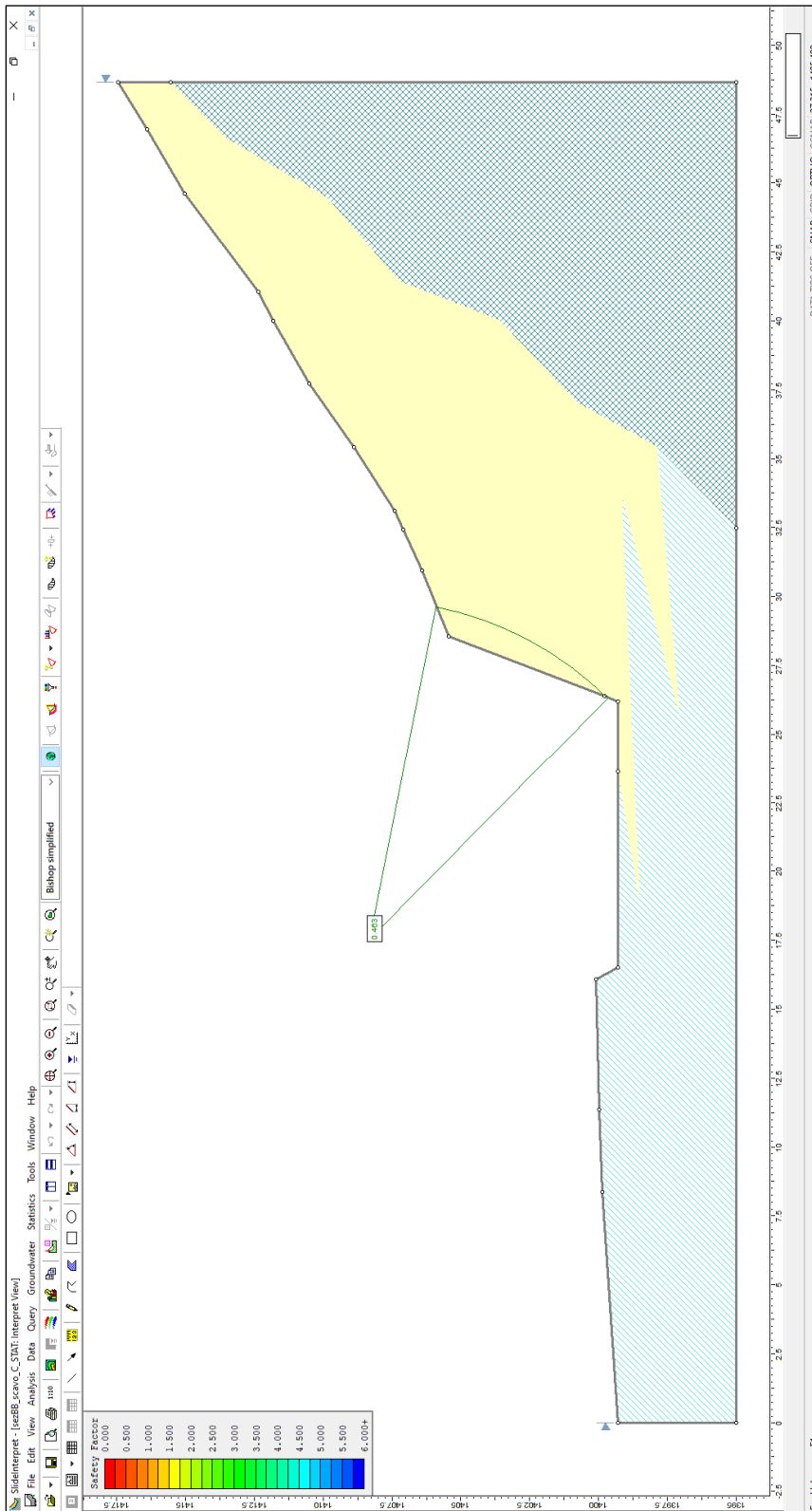
#### ***Material Properties***



Property	depositi di genesi mista	depositi alluvionali e fluvio-glaciali	substrato	scogliera
Color				
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	18	18	25	22
Cohesion [kPa]	1.8	0.5	80	50
Friction Angle [deg]	35	34	60	50
Water Surface	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0

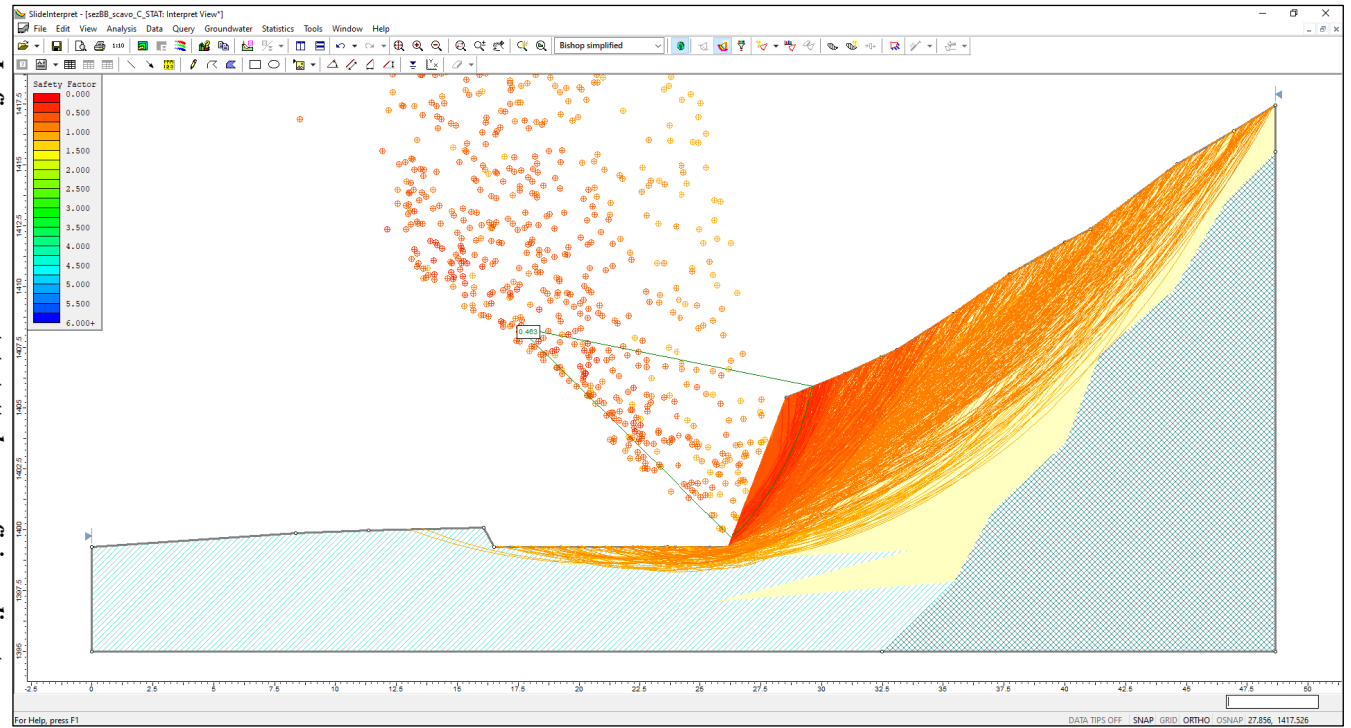
13.6.3 *Verifiche in fase di scavo – sezBB – Condizioni statiche*

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	0.463



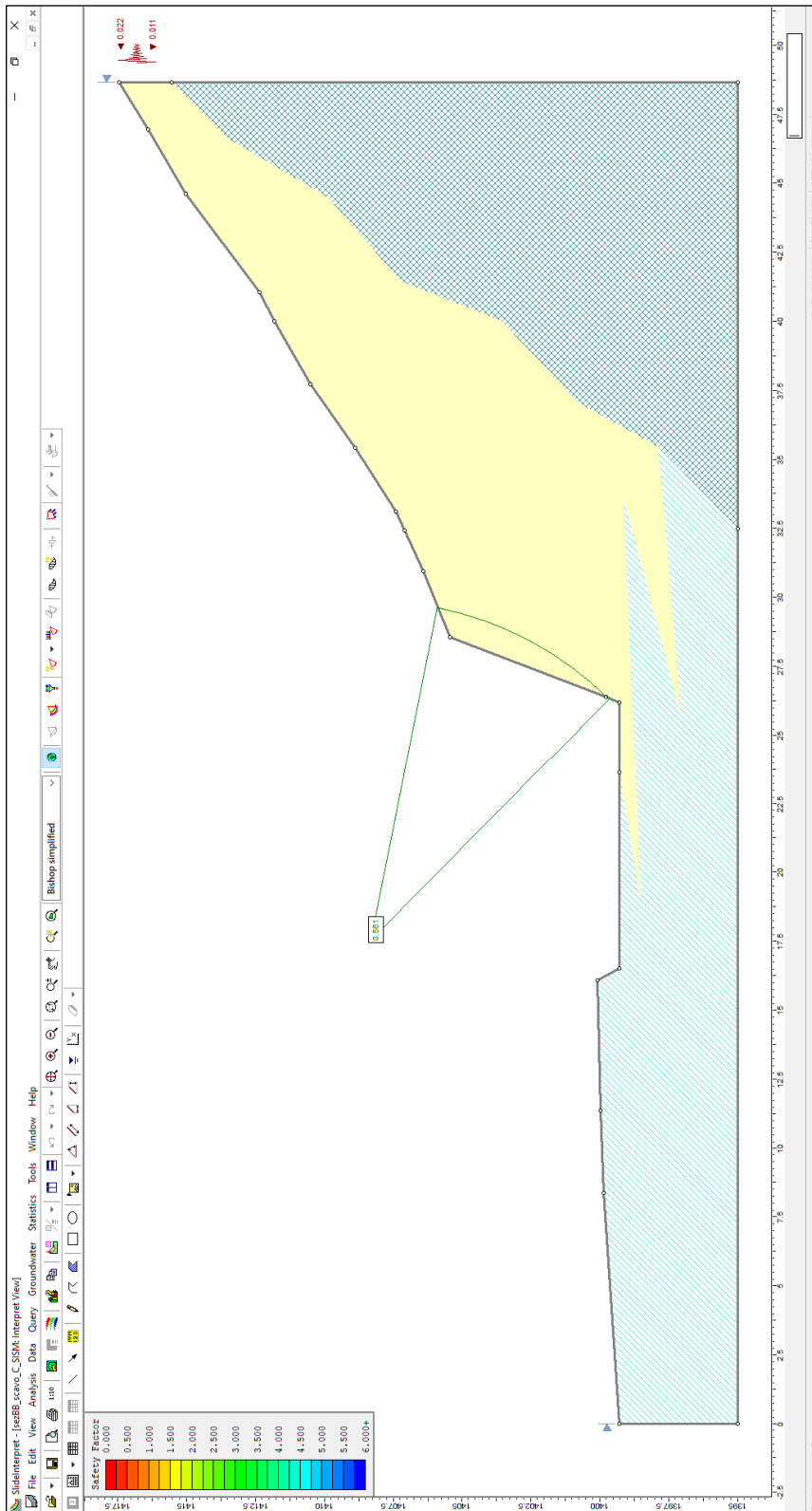
*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*

*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

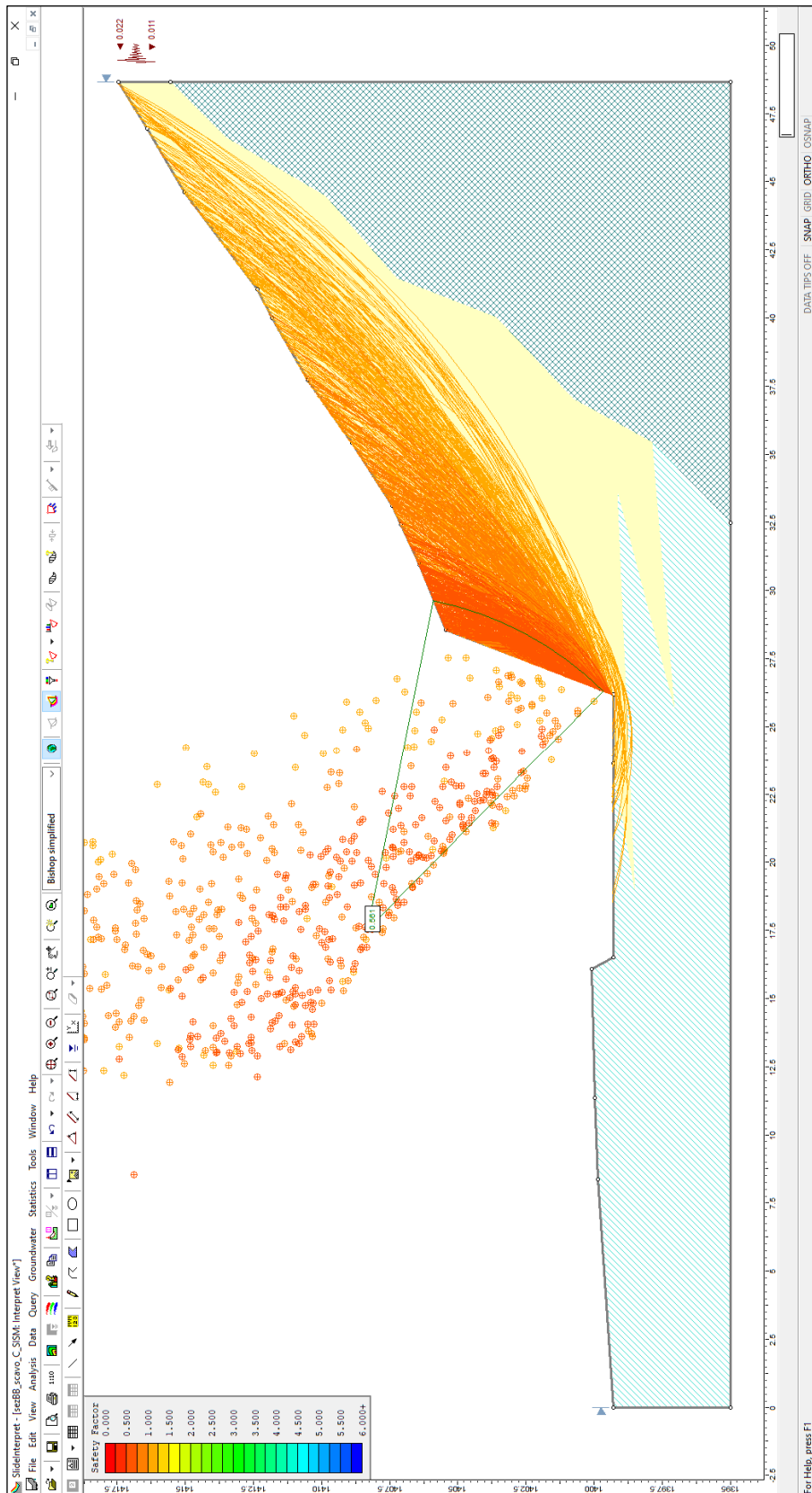


13.6.4 Verifiche in fase di scavo – sezBB – Condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	0.561



*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*

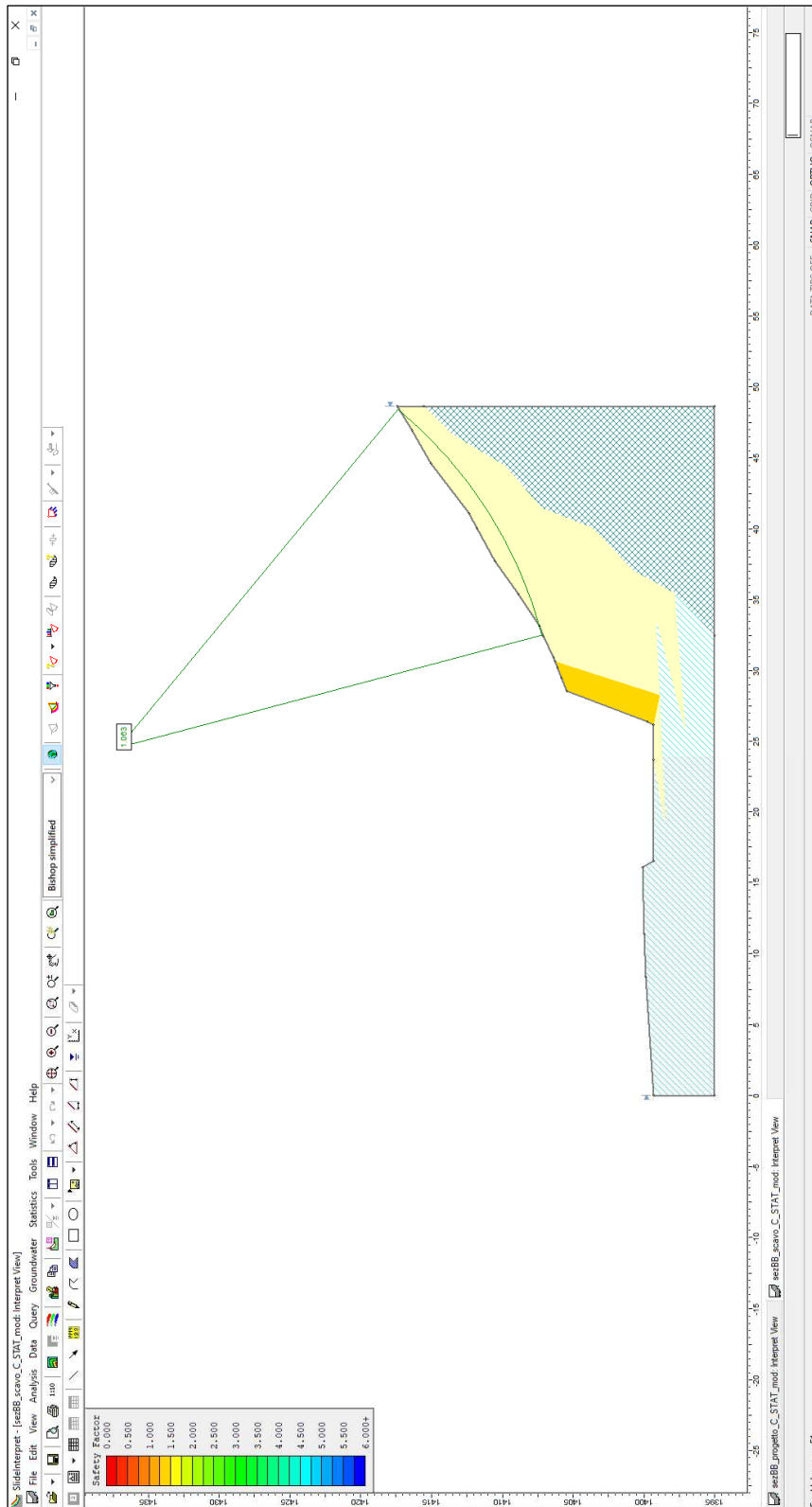


*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

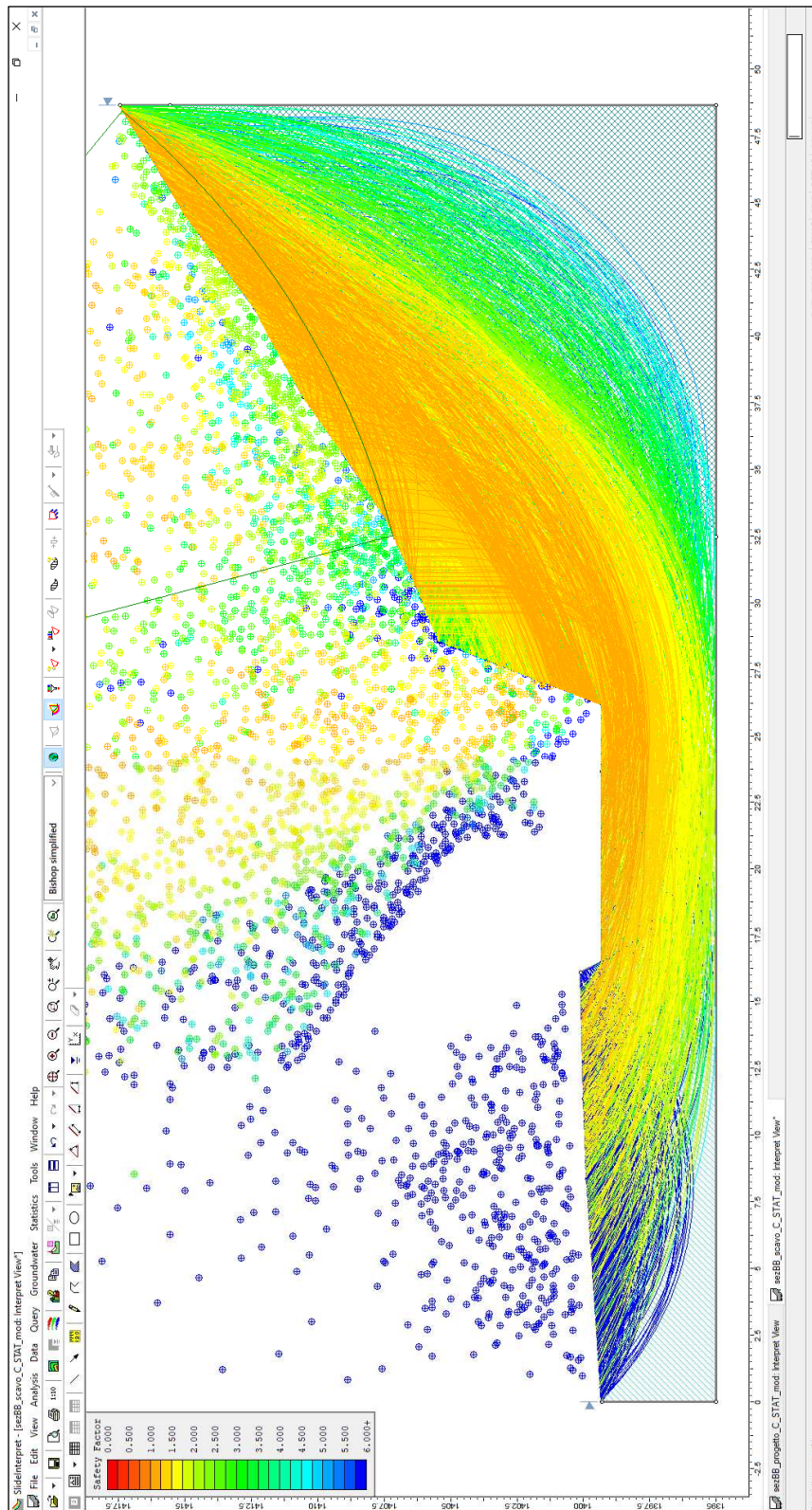
Le verifiche hanno mostrato che lo scavo in fase di realizzazione risulta critico: è necessario prevedere che lo stesso venga stabilizzato impostando, lungo tutta la base, una scogliera con massi ciclopici per un'altezza di almeno 6,0 m e che il fronte rimanente venga riprofilato ad un massimo di 35°.

13.6.5 Verifiche in fase di scavo con opere provvisionali – sezBB – Condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	1.063



*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*

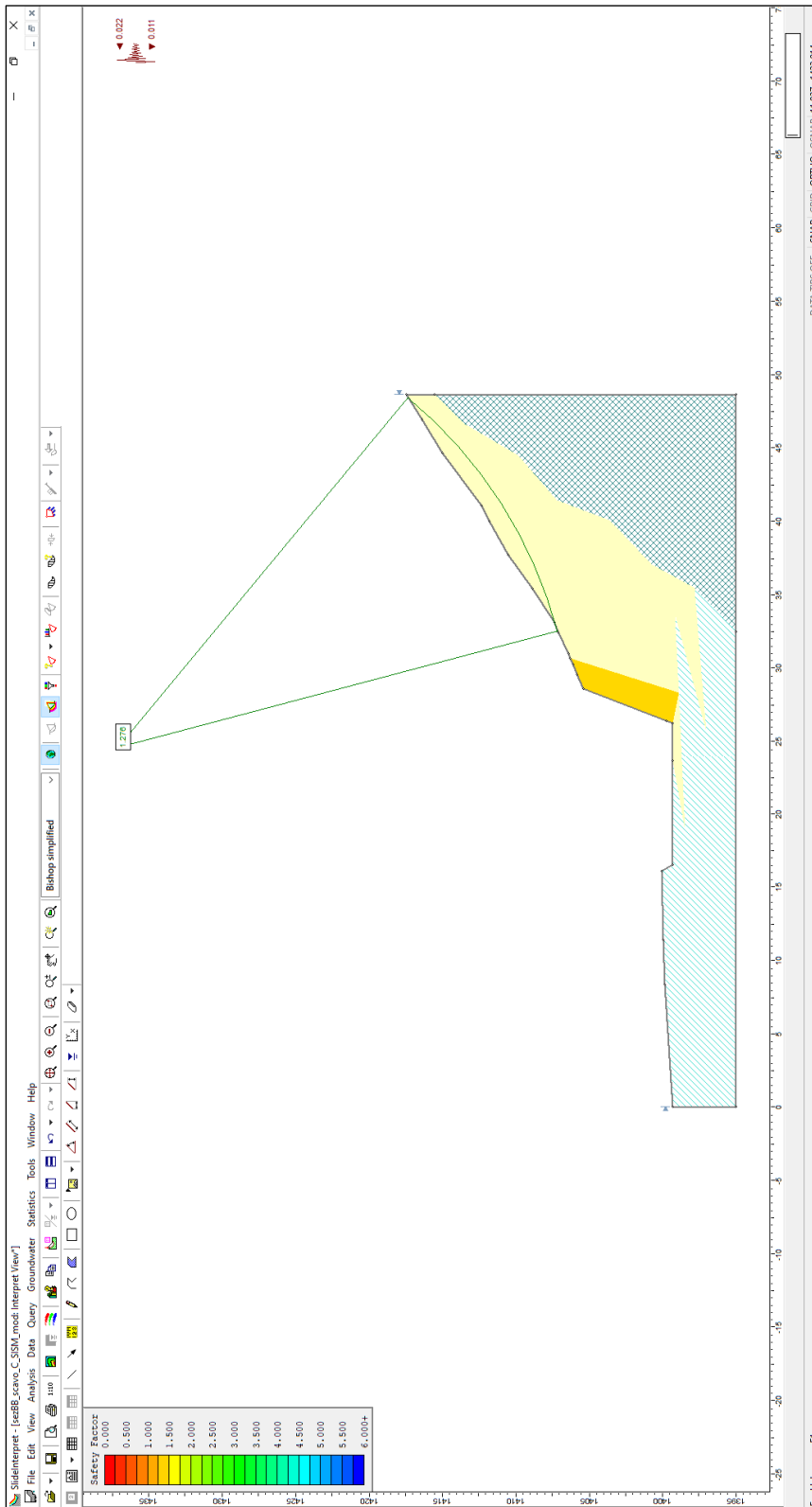


*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

La verifica in condizioni statiche evidenzia una superficie con un valore di  $F_s$  di poco inferiore a quello previsto dalle NTC ( $<1.1$ ): si tratta di un settore che non viene modificato in fase di scavo, ma sul quale successivamente verrà posizionato del materiale in modo tale che nella verifica finale a centrale realizzata anche tale superficie risulterà stabilizzata. In fase di realizzazione delle opere è comunque prevista la posa di teli in grado di aumentare temporaneamente la stabilità. si tratta comunque di una superficie che non interessa il fronte di scavo creato per la realizzazione dell'opera.

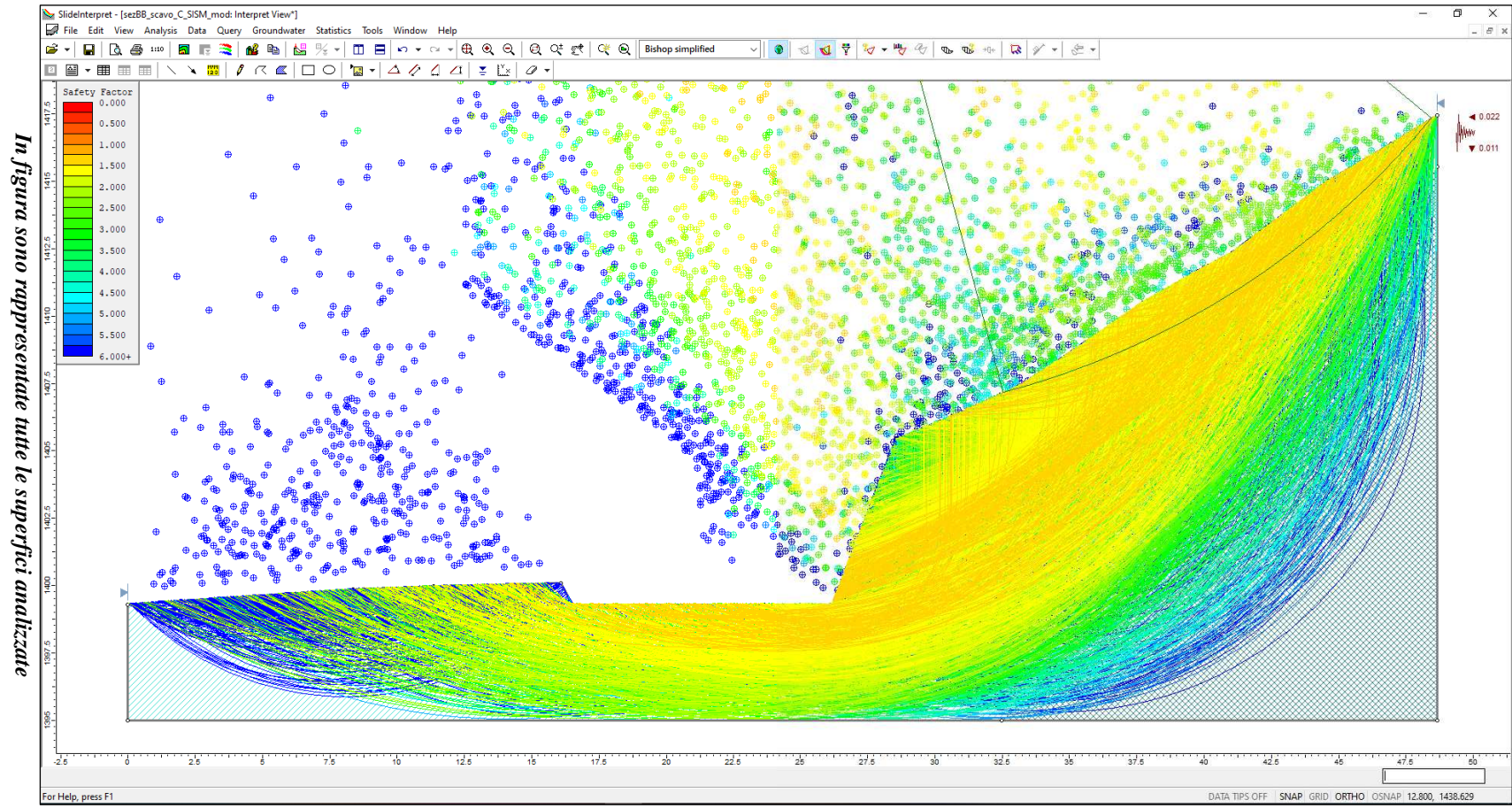
13.6.6 Verifiche in fase di scavo con opere provvisionali – sezBB – Condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	1.276



*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*





*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

### 13.7 VERIFICHE DI STABILITÀ NELLA CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

Come già anticipato precedentemente, al fine di valutare il sistema opere/pendio nella configurazione di progetto, sono state realizzate delle verifiche di stabilità sulle seguenti sezioni ritenute più critiche:

- sezione BB (centrale).

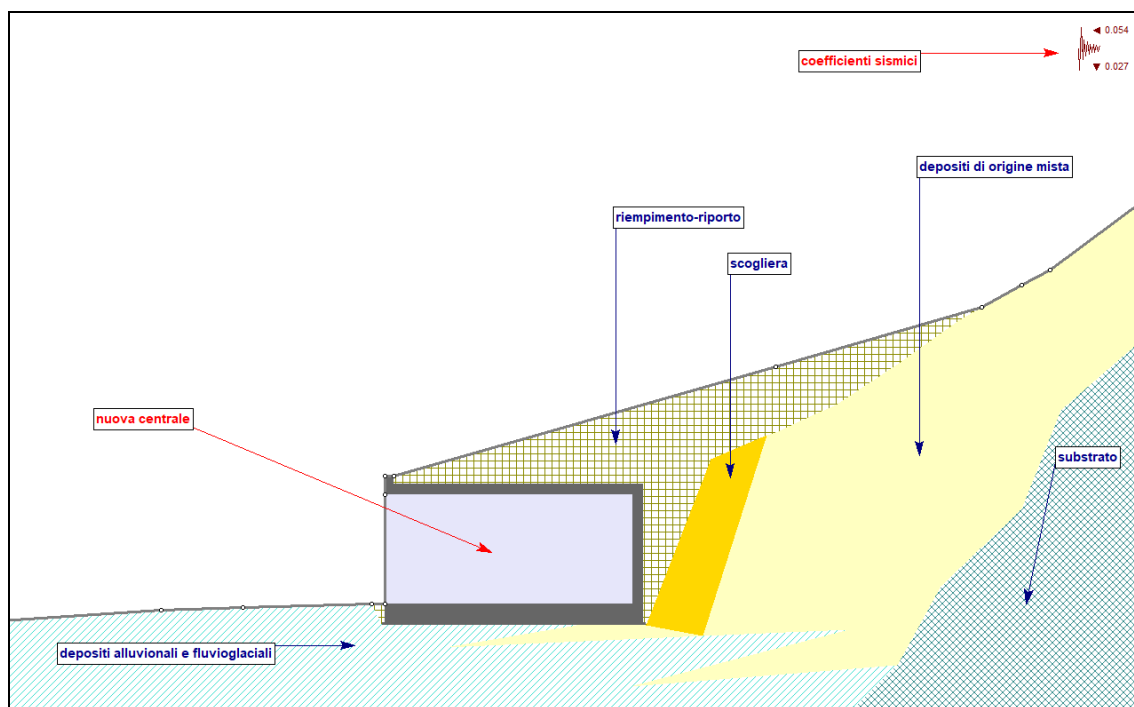
Si è verificato il sistema nella configurazione di progetto al completamento della fase di realizzazione della centrale con i criteri imposti dalle NTC vigenti: le verifiche sono state dunque condotte con i parametri caratteristici dei terreni e dei materiali, utilizzando i coefficienti previsti dalle norme in condizioni statiche ed in condizioni di azione sismica.

Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - roscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.

Nell'analisi di stabilità è stata considerata la configurazione di progetto: nello specifico si sono calcolate tutte le superfici di scivolamento con valore di  $F_s$  inferiore a 1,1 in condizioni statiche ed inferiori a 1,2 in condizioni sismiche, andando ad evidenziare se le stesse interessano le opere in progetto.

#### 13.7.1 *Impostazione del modello – centrale*

Il modello considerato è costituito dal pendio a fine lavori, con il manufatto della centrale totalmente realizzato.



*Verifica di stabilità della sezione BB con il software Slide – fase di invaso  
Nella sezione vengono evidenziati i terreni e i materiali*

Per il calcolo del  $F_s$  l'analisi è stata effettuata in condizioni drenate ammettendo che sia lecito assumere che le sovrappressioni interstiziali generate dall'applicazione dei carichi si dissipino contemporaneamente all'applicazione stessa. Attribuiti i parametri caratteristici del terreno e stabilita la possibile geometria di rottura, la verifica di stabilità è stata effettuata con supporto informatico, e per il calcolo del  $F_s$  si sono scelti per completezza diversi metodi.

### 13.7.2 Valori di riferimento del modello geologico considerato – centrale

Di seguito si riportano i valori utilizzati per le simulazioni nel software di calcolo:

## **Condizioni statiche**

### **Slide Analysis Information**

#### **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

##### **General Settings**

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

##### **Analysis Options**

###### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check  $\alpha < 0.2$ : Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

##### **Groundwater Analysis**

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None








##### **Random Numbers**

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

##### **Surface Options**

- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

##### **Material Properties**

Property	depositi di origine mista	depositi alluvionali e fluvio-glaciali	substrato	riempimento-riporto	cemento armato	cemento armato riempimento	scogliera
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m <sup>3</sup> ]	18	18	25	17	25	20	22
Cohesion [kPa]	1.4	0.4	64	0.8			40
Friction Angle [deg]	29.26	28.35	54.18	28.35			43.63
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0

## Condizioni sismiche

### Slide Analysis Information

## SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

### General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

### Analysis Options

#### Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check  $m_{\alpha} < 0.2$ : Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options








- Surface Type: Circular
- Search Method: Slope Search
- Number of Surfaces: 5000
- Upper Angle: Not Defined
- Lower Angle: Not Defined
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack

- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

## Loading

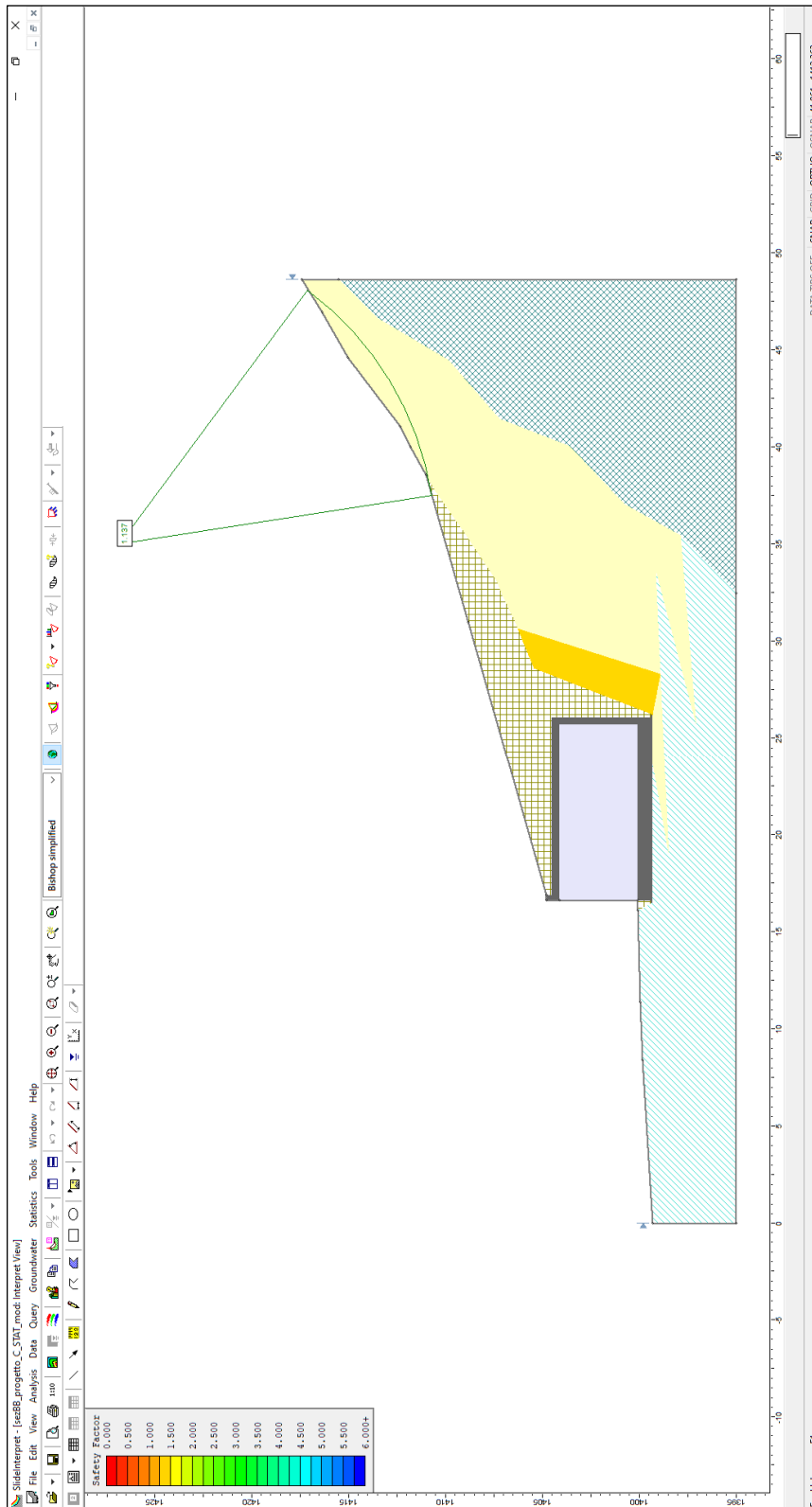
- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.054
- Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.027

## Material Properties

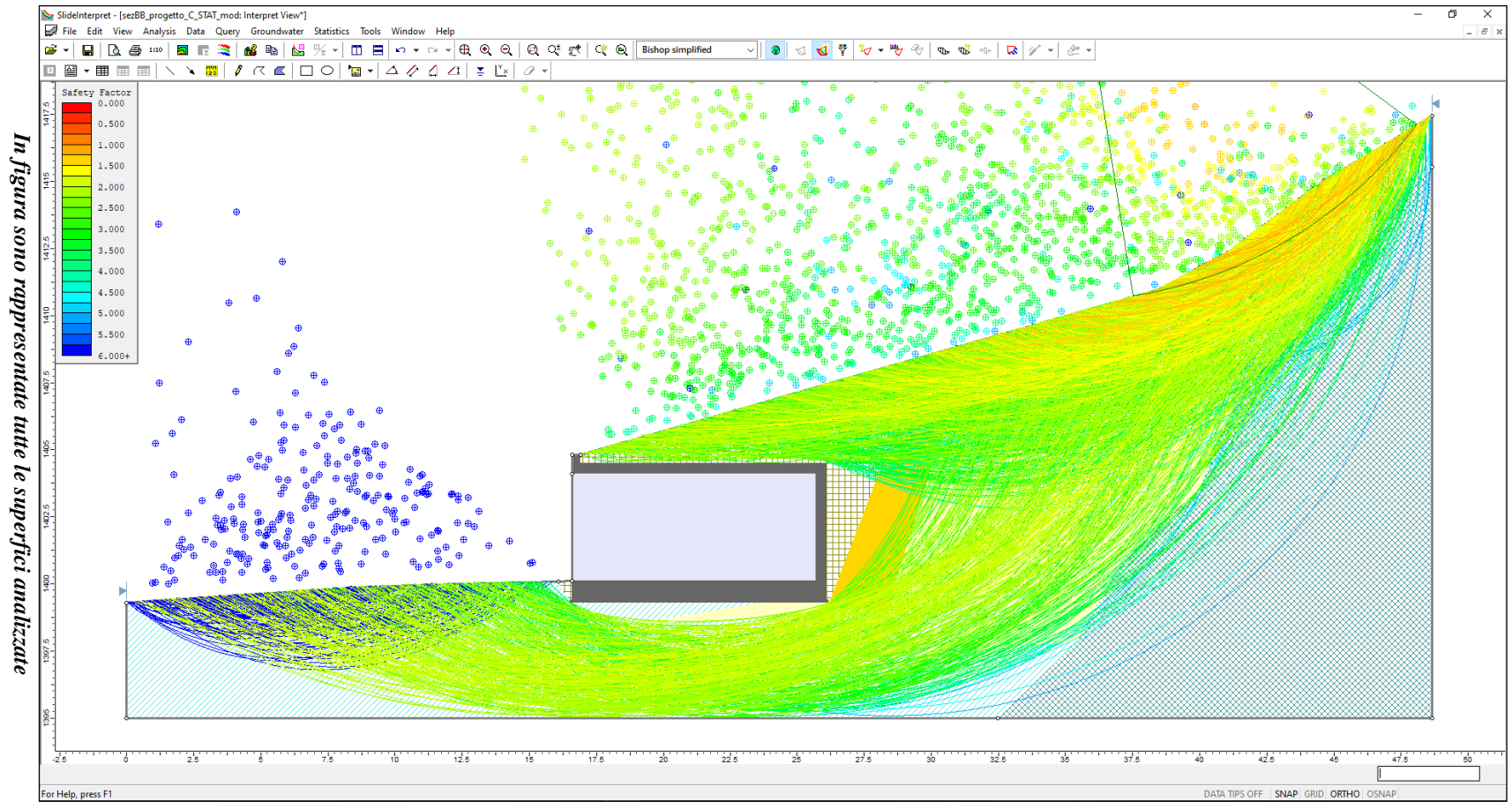
Property	depositi di origine mista	depositi alluvionali e fluvioglaciali	substrato	riempimento-riporto	cemento armato	cemento armato riempimento	scogliera
Color							
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Infinite strength	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18	18	25	17	25	20	22
Cohesion [kPa]	1.8	0.5	80	1			50
Friction Angle [deg]	35	34	60	34			50
Water Surface	None	None	None	None	None	None	None
Ru Value	0	0	0	0	0	0	0

### 13.7.3 Verifiche centrale – sezBB – Condizioni statiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	1.137



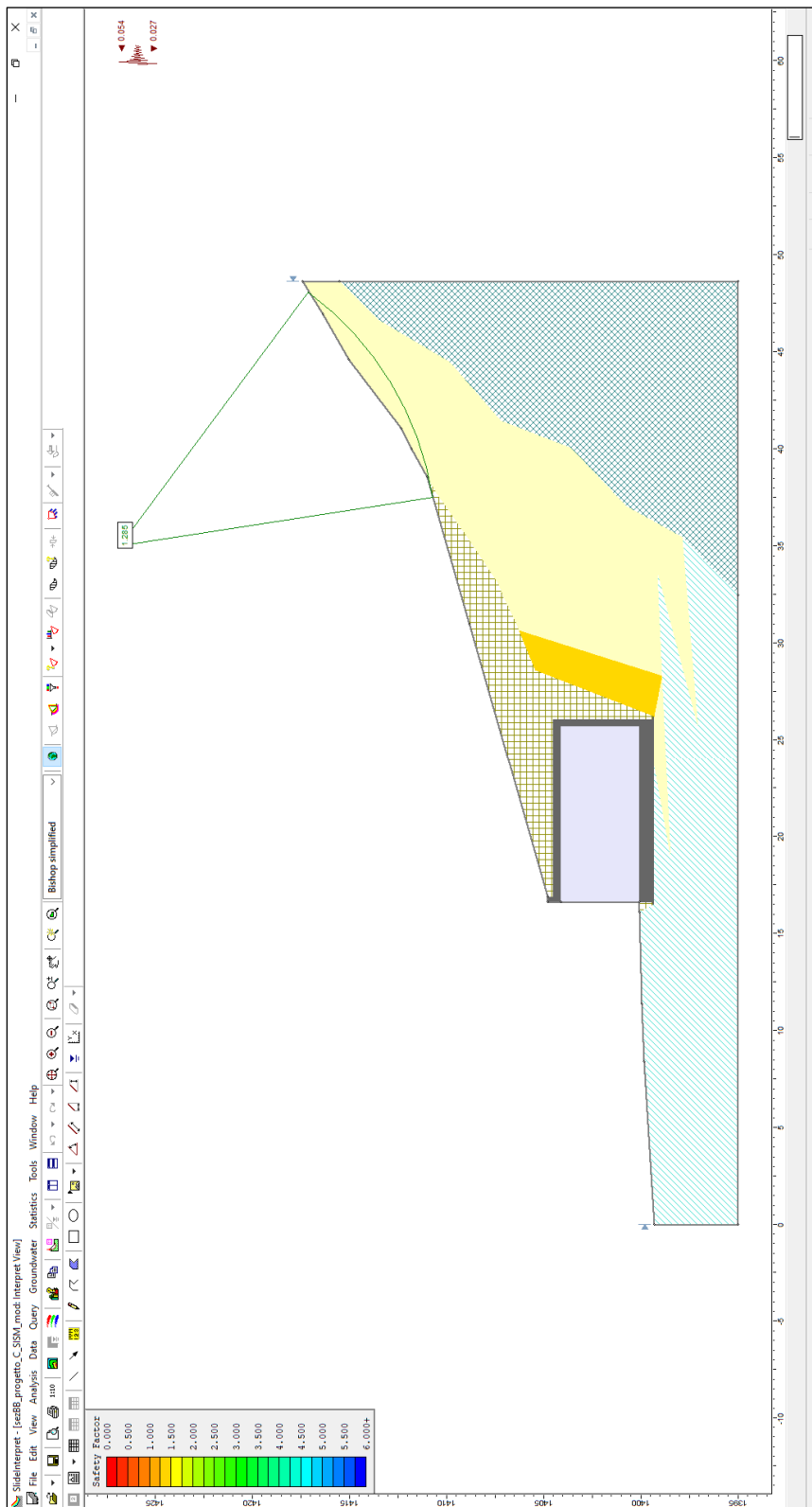
*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*



*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

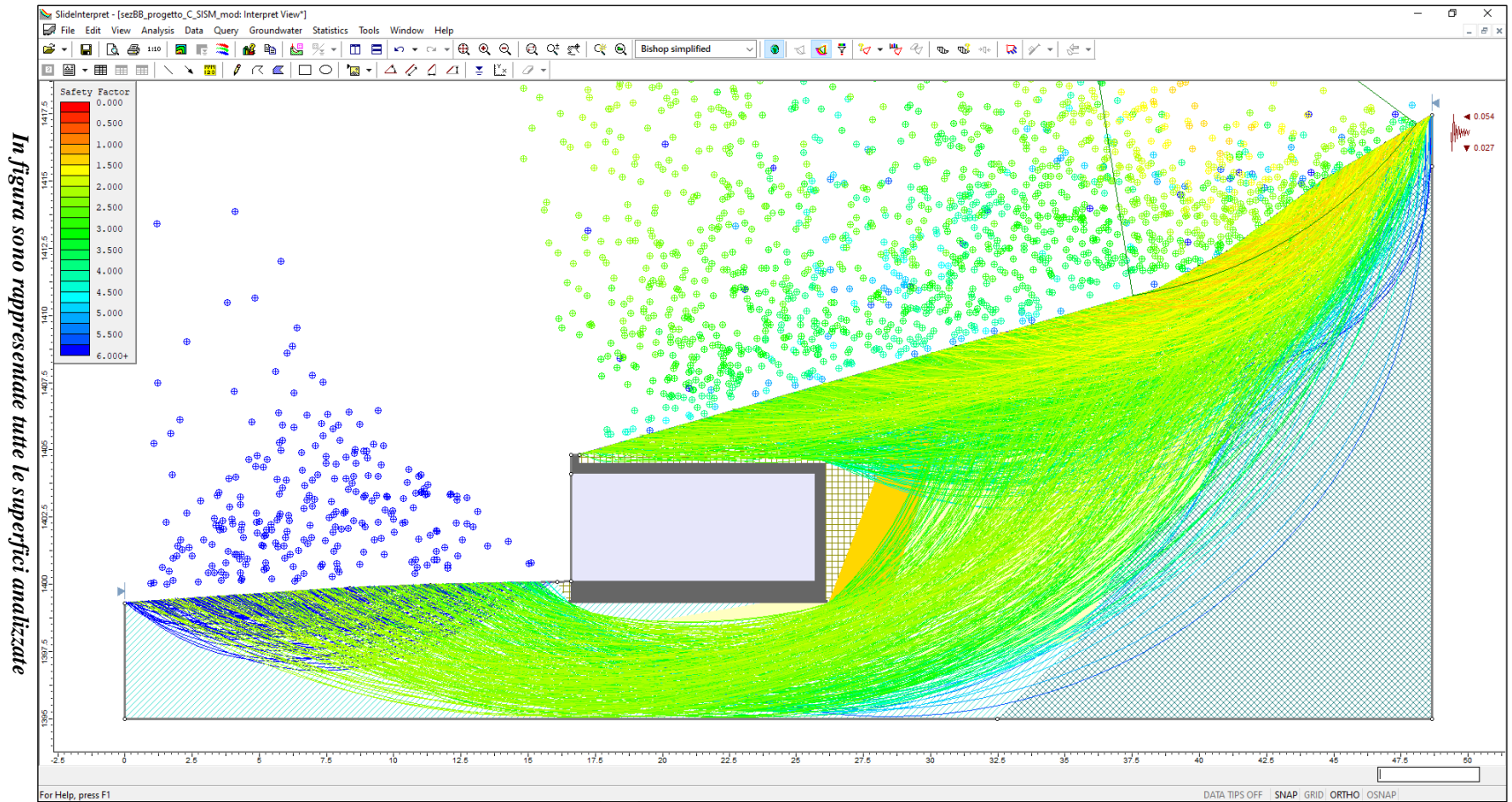
13.7.4 Verifiche centrale – sezBB – Condizioni sismiche

<i>Metodo di calcolo</i>	<i>F's min</i>
Bishop semplificato	1.285



*Verifica di stabilità con evidenziata la superficie con F's minore*





*In figura sono rappresentate tutte le superfici analizzate*

### 13.7.5 Risultati delle verifiche

Il supporto informatico utilizzato (*SLIDE - An Interactive Slope Stability Program - roscience*) ha permesso di individuare le possibili superfici di rottura, valutando in particolar modo quelle passanti per i settori più critici.

Nelle analisi di stabilità sono state considerate le configurazioni di progetto: nello specifico si sono calcolate tutte le superfici di scivolamento con valore di  $F_s$  inferiore a 1,1 in condizioni statiche e 1,2 in condizioni sismiche, andando ad evidenziare se le stesse interessano le opere in progetto.

Le verifiche di stabilità globale risultano sempre soddisfatte in quanto il fattore di sicurezza alla stabilità  $F_s$  è risultato  $> 1,1$  in condizioni statiche e  $> 1,2$  in condizioni sismiche.

Come si può osservare dall'esame del valore di  $F_s$  ottenuto, le verifiche confermano le condizioni di stabilità raggiunte dal sistema opere/pendio nelle condizioni di scavo ed in quelle finali dopo gli interventi previsti dal progetto.

## **14. GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

Con l'entrata in vigore del decreto legislativo n. 152 del 2006, la gestione dei materiali derivanti da attività di demolizione, di costruzione e delle terre e rocce da scavo (TRS) è stata compresa nella disciplina dei rifiuti, di cui alla Parte IV del decreto medesimo.

Tali materiali, di conseguenza, sono classificati, in via generale, come rifiuti, fatto salvo che non sussistano le condizioni per ricomprenderli nella categoria dei "sottoprodotti" o nella categoria degli "End of Waste" (prodotti secondari /materia prima secondaria).

### **14.1 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale;

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 giugno 2017, n. 120 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164);

LINEE-GUIDA PER LA GESTIONE DEI MATERIALI/RIFIUTI INERTI DERIVANTI DALLE ATTIVITÀ DI DEMOLIZIONE, COSTRUZIONE E SCAVO, COMPRESSE LE COSTRUZIONI STRADALI, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DERIVANTI DA SCAVI E DELLE MISCELE BITUMINOSE – DISPOSIZIONI PER LA GESTIONE DEI FANGHI DI DRAGAGGIO DEI BACINI IDROELETTRICI – RAVDA – Settembre 2018 vers. 2.

### **14.2 SOTTOPRODOTTO**

La classificazione di un rifiuto come "sottoprodotto" presuppone il rispetto delle condizioni di cui agli articoli 184-bis e 184-ter del citato d. lgs. N. 152/2006, ed in particolare:

- Art. 184-bis (sottoprodotto)

- la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

- la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Rientrano nella disciplina dei sottoprodotti di cui all'articolo 184-bis del d.lgs. n. 152/2006, e quindi esclusi dall'ambito di applicazione della disciplina dei rifiuti (art. 184-ter), altresì, le tipologie di materiali sotto riportati. Tali materiali, allo stato naturale e non contaminati, possono essere avviati ad operazioni di recupero/riciclaggio purché rispondano alle esigenze geotecniche in relazione alle opere a cui sono destinati:

- i materiali inerti costituiti da materiale lapideo, pietre e rocce sia derivanti da scavi che provenienti da operazioni di spietramento, aventi le caratteristiche per essere riutilizzati in edilizia tal quali, impiegati come materiale da costruzione, senza alcun trattamento, ad eccezione della vagliatura e della riduzione volumetrica, impiegati per la formazione di arginature, realizzazione di muri, ricoperture esterne di fabbricati, ecc.;
- i materiali inerti, provenienti da frane, smottamenti e depositi alluvionali, derivanti da operazioni di sgombero per motivi di sicurezza e per ripristinare la funzionalità delle infrastrutture;
- i materiali inerti di natura lapidea, pietre e rocce depositati su aree già a servizio di attività di estrazione che derivano da cave dismesse e aventi le caratteristiche di cui all'articolo 184-bis.

Non rientrano nella disciplina dei rifiuti, in quanto non soggette ad alcuna delle formalità previste dal DPR 13 giugno 2017, n. 120, le TRS riutilizzate direttamente nel luogo di produzione (piazzi, tratti di strada, ecc.) purché assolvano alla stessa funzione che avevano in origine.

#### ***14.1 UTILIZZO NEL SITO DI PRODUZIONE DELLE TERRE E ROCCE ESCLUSE DALLA DISCIPLINA RIFIUTI***

Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del presente regolamento.

Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga nell'ambito della realizzazione di opere o attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale, la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è effettuata in via preliminare, in funzione del livello di progettazione e in fase di stesura dello studio di impatto ambientale (SIA), attraverso la presentazione di un «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti» che contenga:

- a) descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo;
- b) inquadramento ambientale del sito (geografico, geomorfologico, geologico, idrogeologico, destinazione d'uso delle aree attraversate, ricognizione dei siti a rischio potenziale di inquinamento);
- c) proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguire nella fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, che contenga almeno:

- 1) numero e caratteristiche dei punti di indagine;
  - 2) numero e modalità dei campionamenti da effettuare;
  - 3) parametri da determinare;
- d) volumetrie previste delle terre e rocce da scavo;
- e) modalità e volumetrie previste delle terre e rocce da scavo da riutilizzare in sito.

In fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, in conformità alle previsioni del «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti» di cui al comma 2, il proponente o l'esecutore:

- a) effettua il campionamento dei terreni, nell'area interessata dai lavori, per la loro caratterizzazione al fine di accertarne la non contaminazione ai fini dell'utilizzo allo stato naturale, in conformità con quanto pianificato in fase di autorizzazione;
- b) redige, accertata l'idoneità delle terre e rocce scavo all'utilizzo ai sensi e per gli effetti dell'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, un apposito progetto in cui sono definite:
  - 1) le volumetrie definitive di scavo delle terre e rocce;
  - 2) la quantità delle terre e rocce da riutilizzare;
  - 3) la collocazione e durata dei depositi delle terre e rocce da scavo;
  - 4) la collocazione definitiva delle terre e rocce da scavo.

Gli esiti delle attività eseguite ai sensi del comma 3 sono trasmessi all'autorità competente e all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente, prima dell'avvio dei lavori.

#### ***14.2 PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALLA DISCIPLINA DEI RIFIUTI***

Essendo l'opera sottoposta a valutazione di impatto ambientale, la sussistenza delle condizioni e dei requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, deve essere effettuata in via preliminare attraverso la presentazione di un «Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti»

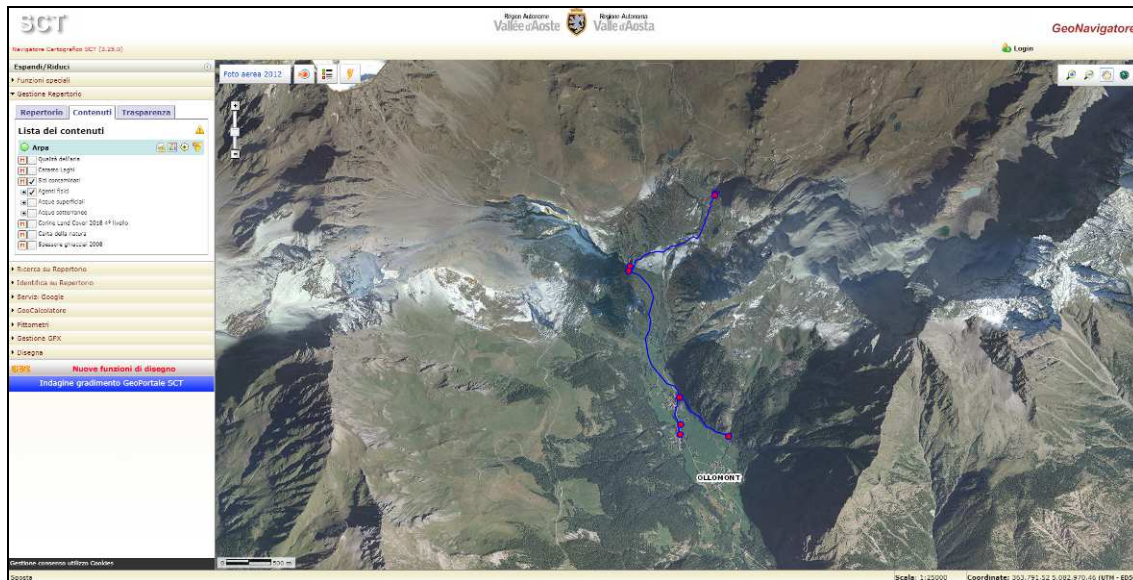
##### ***14.2.1 Descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo***

Per la descrizione dettagliata delle opere da realizzare, si rimanda al capitolo 3 della presente relazione. Come indicato dal progettista, si prevedono circa 5.250 mc di scavo totalmente riutilizzati in sito, nonché 30 mc di asfalti (CER 17.03.02) e 55 mc di demolizioni (CER 17.01.01) che verranno conferiti in discarica.

##### ***14.2.2 Inquadramento ambientale del sito***

Per la descrizione dettagliata delle opere da realizzare, si rimanda al capitolo 4 della presente relazione.

Nel settore non si riscontra la presenza di materiale di riporto e ARPA VdA non segnala nel settore siti contaminati.



Siti contaminati – GeoNavigator – sito web RAVA

Come riportato, l’area non ha avuto problematiche di tipo ambientale.

### 14.2.3 Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguire nella fase di progettazione esecutiva

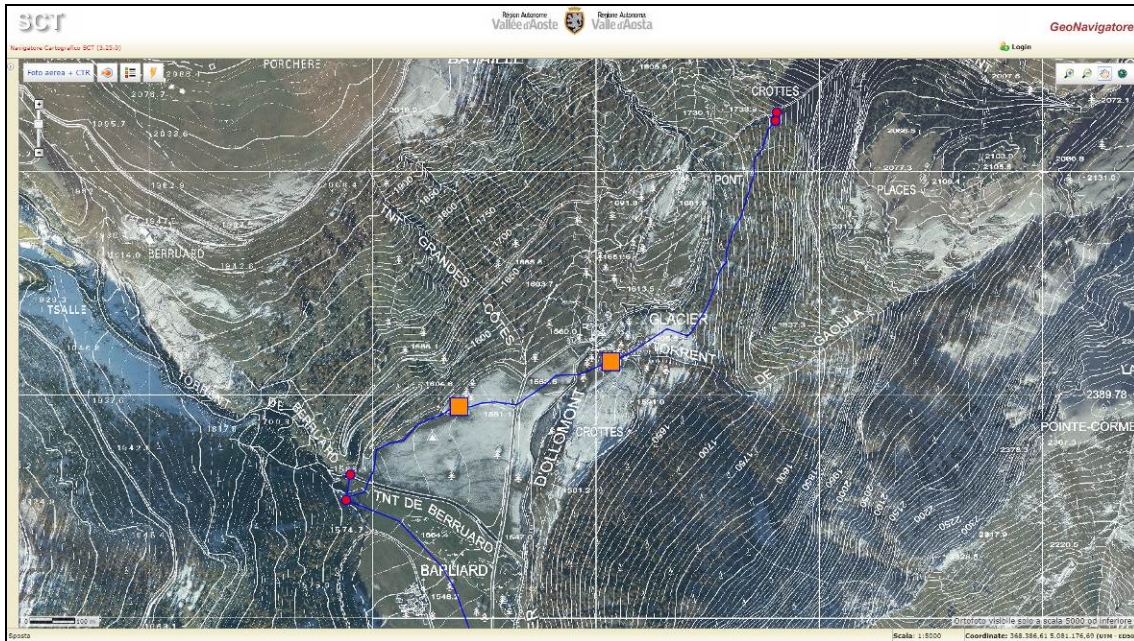
Essendo l’opera caratterizzata da un volume di scavo inferiore ai 6.000 mc, la stessa rientra tra i cantieri di piccole dimensioni ed è soggetta alle “PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO DELLE TRS IN FASE DI PROGETTAZIONE SIA PER LA GESTIONE DELLE TRS COME SOTTOPRODOTTO QUANDO PROVENIENTI DAI CANTIERI DI PICCOLE DIMENSIONI, SIA PER IL LORO RIUTILIZZO DIRETTO NEL SITO DI PRODUZIONE (ESCLUSIONE DALLA DISCIPLINA SUI RIFIUTI)” delle linee guida di RAVA del 2018.

La caratterizzazione ambientale deve quindi essere eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio. Nel caso in esame verranno eseguiti dei pozzetti esplorativi e mezzo di escavatore meccanico.

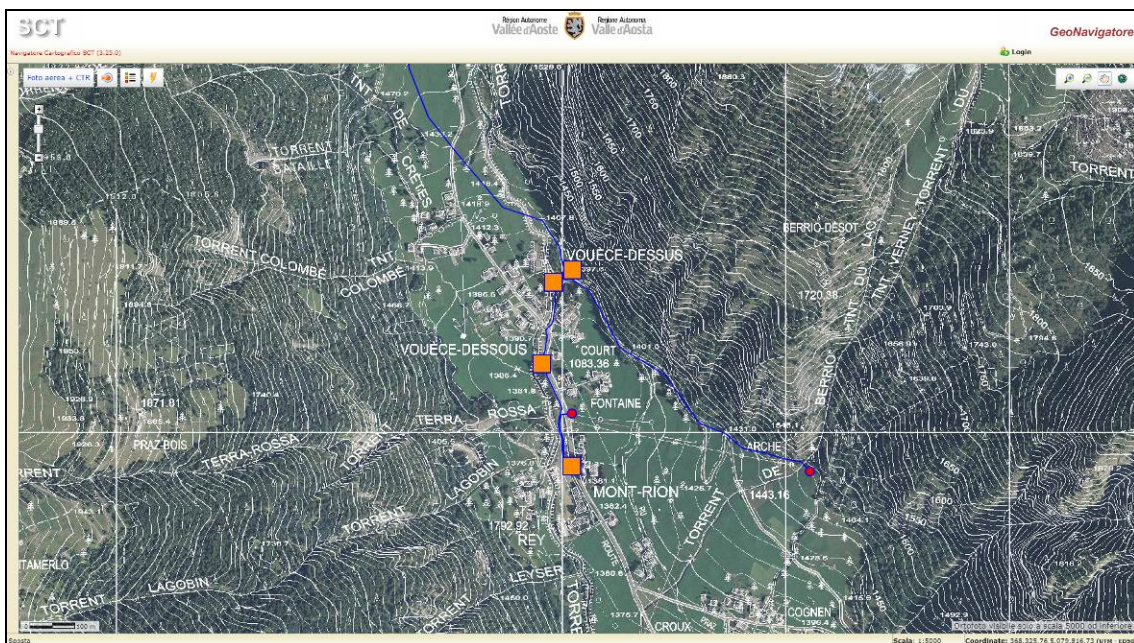
La densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione basate su un modello concettuale preliminare delle aree (campionamento ragionato) ha portato alla seguente proposta basata sul capitolo 12 delle linee guida di RAVA del 2018:

<b>Intervento</b>	<b>Numero prelievi</b>
<b>Presca Eaux-Blanches</b>	<b>0 (limitato scavo in roccia con totale riutilizzo)</b>
<b>Vasca Eaux-Blanches</b>	<b>0 (limitato scavo in roccia con totale riutilizzo)</b>
<b>Nuova condotta</b>	<b>2 (1.400 ml / 750 m)</b>
<b>Centrale</b>	<b>1</b>
<b>Canale di restituzione</b>	<b>1</b>
<b>Cavidotto elettrico</b>	<b>1</b>
<b>Cabina di consegna</b>	<b>1</b>
<b>TOTALE</b>	<b>7</b>

Di seguito si riportano le planimetrie con l’indicazione dei punti di prelievo (quadrati arancio).



*Punti di prelievo (quadrati arancio) nuova condotta*



*Punti di prelievo (quadrati arancio) centrale, elettrodotta e cabina di consegna*

La profondità d'indagine sarà determinata in base alle profondità previste degli scavi: in linea di massima i campioni verranno prelevati tramite pozzetti: in questi verranno raggiunte le profondità massime dello sbraccio del mezzo meccanico. Essendo il terreno ambientalmente omogeneo, si propone di utilizzare campioni compositi derivanti dalla miscelazione di aliquote incrementali pari a una per ogni metro per scavi di profondità inferiore a 2 metri e pari a 3 per scavi più profondi. In quest'ultimo caso le aliquote che comporranno il campione saranno:

- aliquota 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;
- aliquota 2: nella zona di fondo scavo;
- aliquota 3: nella zona intermedia tra i due.

Per quanto riguarda i parametri da determinare, non essendo l'area posta in settori ambientalmente critici, si propone di utilizzare il set analitico minimale:

- a. Arsenico

- b. Cadmio
- c. Cobalto
- d. Nichel
- e. Piombo
- f. Rame
- g. Zinco
- h. Mercurio
- i. Idrocarburi C>12
- j. Cromo totale
- k. Cromo VI

Si ritiene sufficientemente cautelativo non escludere i BTEX e IPA in quanto il settore di scavo è collocato a 20 m di distanza da infrastrutture viarie e ad insediamenti che possono aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

Le analisi chimico-fisiche verranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite. Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione verranno utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.

Nel caso di superamento delle concentrazioni soglia per fondo naturale, le terre e rocce da scavo potranno essere utilizzabili nell'ambito del sito di produzione o in un sito diverso a condizione che questi presentino valori di fondo naturale con caratteristiche analoghe in termini di concentrazione per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione.

## 15. 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

Come definito dalla Delibera della Giunta regionale 2939 del 10 ottobre 2008, si tratta di studi di carattere geologico, idrogeologico e idraulico volti ad individuare le eventuali conseguenze della realizzazione dell'intervento sullo stato di dissesto, a valutare dal punto di vista tecnico le conseguenze del dissesto sull'opera che si intende realizzare, vale a dire la vulnerabilità dell'opera stessa, e a individuare gli eventuali interventi di protezione o di messa in sicurezza necessari.

### 1. Individuazione della classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento proposto, come specificato nel paragrafo "Interventi edilizi"

L'intervento in oggetto si configura come nuova costruzione di opere puntuali (opera di presa e opere annesse, centrale di produzione e cabina di consegna), nonché di opere lineari (condotte forzate e di restituzione) e a rete (cavidotto elettrico).

### 2. Caratterizzazione dei vincoli presenti (in base agli artt. 35, 36 e 37 della l.r. n. 11/1998, oppure perimetrazione del P.A.I. in assenza delle cartografie degli ambiti inedificabili) nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare, rappresentati su idonea cartografia

Nello specifico, gli areali ove si realizzeranno le opere rientrano nelle zone F1, FC-1 (zona di cautela con valore di F1), F2 e F3 per frana, nelle fasce A, B e C per inondazione ed in zona Va (zona esposta a fenomeni valanghivi) per valanga.

Nello specifico:

Intervento	Artt. 33 e 34	Art. 35	Art. 35 c. 2 (in validazione)	Art. 36	Art. 37	Vincolo idrogeologico	Vincoli paesaggistici	Aree tutelate
Presa Eaux-Blanches	X	FC-1	---	Fascia A	---	X	---	---
Vasca Eaux-Blanches	X	FC-1	---	---	---	X	---	---
Nuova condotta	X	F1, FC-1, F2, F3	DF1, DF2 e DF3	Fasce A, B e C	Va	X	---	---
Centrale	---	FC-1	---	Fascia B	---	---	---	---
Canale di restituzione	---	FC-1	---	Fasce A e B	---	---	---	---
Cavidotto elettrico	---	FC-1, F2, F3	DF3	Fasce A, B e C	---	---	---	---
Cabina di consegna	---	F3	DF3	Fascia C	---	---	---	---

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

#### **Pericolosità per frana**

Le zone F1 per frana in cui ricade parte degli interventi sono state poste in considerazione delle dinamiche di trasporto in massa lungo i conoidi dei torrenti Gaoula e Berruad.



Le zone Fc-1 per frana (settore compreso tra l'opera di presa sul torrente Eaux-Blanches e Glacier e settore posto a monte di Vouèce-Dessus) sono "zone di cautela" non ancora studiate nel dettaglio, che sono state poste in considerazione della presenza di aree caratterizzate da elevata pendenza, roccia da affiorante a subaffiorante e particolarmente frantumata, depositi incoerenti non del tutto stabilizzati o aree poste a valle di settori potenzialmente soggetti a crolli.

Le zone F2 per frana sono state poste in generale in considerazione del fatto che comprendono settori potenzialmente soggetti a fenomeni franosi, che si innescano generalmente in occasione di eventi idrogeologici di una certa importanza.

Le zone F3 per frana sono state poste poiché si tratta di settori mediamente acclivi e potenzialmente soggetti a fenomeni franosi, con probabilità di accadimento eccezionale, che si innescano generalmente in occasione di eventi idrogeologici particolarmente gravosi.

### **Pericolosità per fenomeni di trasporto in massa**

Attualmente le cartografie degli ambiti inedificabili per fenomeni di trasporto in massa non sono ancora state recepite né approvate dal comune di Ollomont. Tuttavia si segnala che parte delle opere in progetto rientrerà in tali ambiti. In particolare si tratta delle tubazioni della condotta forzata da interrare nel settore compreso tra il villaggio di Glacier ed il conoide del torrente Berruard: la condotta risulterà rientrare in zone ad alto, medio e basso rischio per i fenomeni attesi lungo il conoide del torrente Gaoula e a basso rischio per i fenomeni attesi lungo il conoide del torrente Berruard.

Il cavidotto elettrico e la cabina di consegna sono invece posti in un'area a basso rischio rispetto alle dinamiche attese lungo il torrente Berrio (a partire dal settore posto poco a valle della centrale di produzione in progetto sino ad arrivare, costeggiando l'argine sinistro del torrente Buthier d'Ollomont, al parcheggio comunale posto a valle della località Mont-Rion.

### **Pericolosità per inondazione**

Le fasce A, B e C comprendono gli alvei dei torrenti Eaux-Blanches, Gaoula, Berruard e Buthier d'Ollomont, oltre ai terreni soggetti ad esondazioni.

### **Pericolosità per valanga**

L'opera di presa e la vasca di carico esistenti del CMF sono ubicate in un settore soggetto ai fenomeni valanghivi: si tratta in particolare della valanga denominata "Dents du Velan - Barliard", perimetrata in zona esposta ai fenomeni valanghivi (Va).

La valanga si può generare sin dalla quota di 3.570 m s.l.m. in corrispondenza della cresta denominata "Dents-du-Velan" o a quote inferiori poste lungo le ampie falde della "Combe de Berruard", percorrendo il versante con direzione sud-est caratterizzato da pendenza importante e costante fino agli alpeggi di Vieille, per poi proseguire incanalata nell'impluvio percorso dal torrente Berruard. Essa è in grado di raggiungere il fondovalle, arrestandosi sul conoide del torrente suddetto. Le nuove opere previste in questo settore riguardano la posa della nuova tubazione di adduzione alla vasca del CMF, risultando del tutto interrate.

In generale le aree ove sono previsti gli interventi sono caratterizzati dai seguenti dissesti segnalati:

- fenomeni di esondazione lungo il torrente Buthier d'Ollomont;
- fenomeni di debris-flow del torrente Gaoula;
- fenomeni di debris-flow del torrente Berruard;
- fenomeni di debris flow lungo il torrente Buthier d'Ollomont.
- fenomeni di debris-flow del torrente Lagobin;

- fenomeni valanghivi lungo il torrente Berruard.

Parte del tracciato seguito dalla nuova condotta ed il settore ove sono previsti la nuova condotta forzata, il cavidotto, il canale di restituzione e la cabina di consegna sono stati coinvolti da dissesti.

Le zone ove insistono le opere in progetto sono in particolare vulnerabili rispetto ai fenomeni di dissesto che si possono verificare nel tratto fluviale lungo il quale si sviluppano. Si tratta principalmente dei fenomeni di esondazione e di debris-flow lungo i torrenti Gaoula, Berruard e Buthier d'Ollomont, oltre ai fenomeni valanghivi che possono svilupparsi lungo il torrente Berruard.

Particolare attenzione dovrà essere posta in fase di esecuzione delle opere in progetto nei pressi degli attraversamenti degli alvei dei torrenti Gaoula, Berruard e Buthier d'Ollomont e lungo le loro arginature.

### **Fenomeni di esondazione lungo il torrente Buthier d'Ollomont**

Il tratto di torrente Buthier d'Ollomont interessato dalle opere in progetto è stato caratterizzato nel passato da alcuni fenomeni di esondazione, sia in destra che in sinistra orografica. In particolare, il tratto di torrente compreso tra le località Vouèce-Dessus e Mont-Rion presenta delle aree di naturale espansione del corso d'acqua, regolarmente soggette a fenomeni di esondazione. In questo tratto, durante l'evento di dissesto dell'agosto del 2017, entrambe le sponde sono state interessate da deposizione.

Gli interventi in progetto posti più vicino al torrente interessano essenzialmente la sinistra orografica.

Il tratto di torrente Buthier d'Ollomont scorre confinato in sinistra orografica da un ripido versante, mentre in destra orografica da settori anche abitati a debole acclività (villaggio di Vouèce-Dessus).

Il sito ove sorgerà la centrale di produzione, posto poco distante dalla sponda sinistra del torrente Buthier d'Ollomont, risulta essere protetto da un tratto arginato con scogliere in pietrame di recente realizzazione: vista la quota rilevata rispetto alla sponda, si ritiene sufficientemente protetto dall'esondazione del torrente suddetto, così come messo in evidenza nella relazione idraulica redatta dai progettisti.

Solamente il tracciato della condotta di scarico rientra naturalmente in zone a medio e alto rischio di inondazioni.

### **Fenomeni di debris flow del torrente Gaoula**

Si ravvisa che non vi è interferenza diretta tra i fenomeni di debris flow del torrente Gaoula e gli interventi in progetto, ad eccezione di un possibile intasamento dell'opera di presa facilmente risolvibile. Le opere principali, ad eccezione della sponda e delle arginature, sono totalmente interrato.

Alla luce delle verifiche idrauliche eseguite dai progettisti e delle considerazioni sopra riportate si evince che la realizzazione dell'opera di presa e la vasca di carico interrato risultano compatibili con le dinamiche attese in quel tratto di torrente.

### **Fenomeni di debris flow del torrente Berruard**

Si ravvisa che non vi è interferenza diretta tra i fenomeni di debris flow del torrente Berruard e gli interventi in progetto, dal momento che si tratta di opere totalmente interrato.

### **Fenomeni di debris flow del torrente Berrio**

Rispetto al debris flow del torrente Berrio si segnala che la cabina di consegna risulta essere posta in una zona a basso rischio. La stessa è stata progettata in modo tale da minimizzare le interferenze in quanto presenta l'accesso non direttamente rivolto verso il

flusso della colata, con il piano di calpestio posto ad una quota pari o maggiore a quella del piano campagna del terreno verso valle, sempre rispetto al flusso della colata e priva di ulteriori aperture che possano convogliare il flusso della colata all'interno della struttura.

Per quanto riguarda il cavidotto interrato, si ravvisa che non vi è interferenza diretta tra i fenomeni di debris flow del torrente Berruard e la tubazione in progetto, dal momento che si tratta di opere totalmente interrate.

### **Fenomeni di debris flow del torrente Lagobin**

Nessuna interferenza con gli interventi in progetto.

### **Fenomeni valanghivi lungo il torrente Berruard**

Una piccola parte delle opere in progetto, consistenti nella parte terminale della nuova condotta interrata che dalla nuova opera di presa trasporterà le acque sino alla vasca esistente del CMF situata poco a monte della località Barliard, è posta in un settore potenzialmente soggetto a fenomeni valanghivi. Si tratta della valanga sopra descritta e denominata "Dents du Velan - Barliard".

La valanga è perimetrata in zona esposta ai fenomeni valanghivi (Va).

Essendo l'opera in progetto totalmente interrata, si ritiene che non vi siano interferenze tra il fenomeno valanghivo e la tubazione in progetto per cui la stessa risulta compatibile.

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

La realizzazione dell'intervento in progetto risulta compatibile con il dissesto presente nell'areale, a condizione che si abbia la massima cura nello smaltimento delle acque, nella realizzazione degli scavi e delle fondazioni del terreno e nelle sistemazioni morfologiche.

Per quanto riguarda i fenomeni di esondazione dei torrenti presenti nel settore, pressoché tutti gli interventi sono interessati da tali fenomeni. Le opere realizzate in interrato non interferiscono con il normale deflusso delle acque lasciando, pertanto, invariato il grado di pericolosità delle aree. L'opera di presa rientra direttamente in alveo: l'opera è progettata in modo tale da resistere alle piene o, al limite, da necessitare di ordinarie opere di manutenzione. La centrale di produzione si trova in un settore marginale della piana di esondazione del torrente Buthier d'Ollomont, dove gli ambiti inedificabili hanno rilevato una pericolosità media: la verifica idraulica eseguita dai progettisti evidenzia che le nuove arginature mitigano la pericolosità ed evitano che le acque raggiungano il manufatto.

Per quanto riguarda i fenomeni gravitativi, la centrale è stata progettata in modo tale da non essere interessata da tali eventi: la creazione del rilevato a monte della stessa permette, inoltre, di garantire una certa sicurezza anche in corrispondenza dell'accesso. Per quanto riguarda le altre opere poste in settori soggetti a fenomeni gravitativi, si tratta principalmente di tubazioni interrate poste ad una profondità di almeno 50 cm in grado di evitare danneggiamenti.

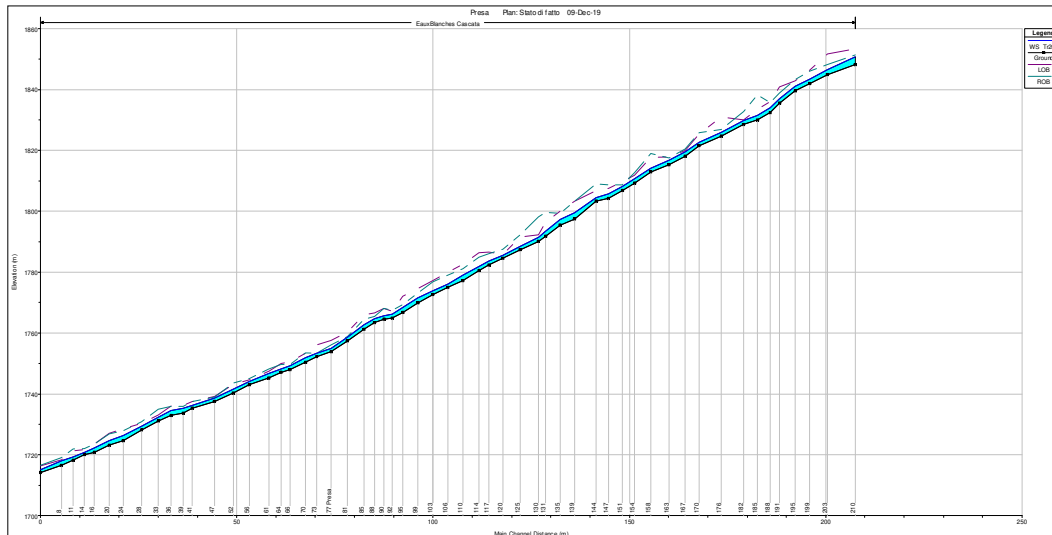
Le opere, pertanto, risultano compatibili con i fenomeni di dissesto considerati.

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

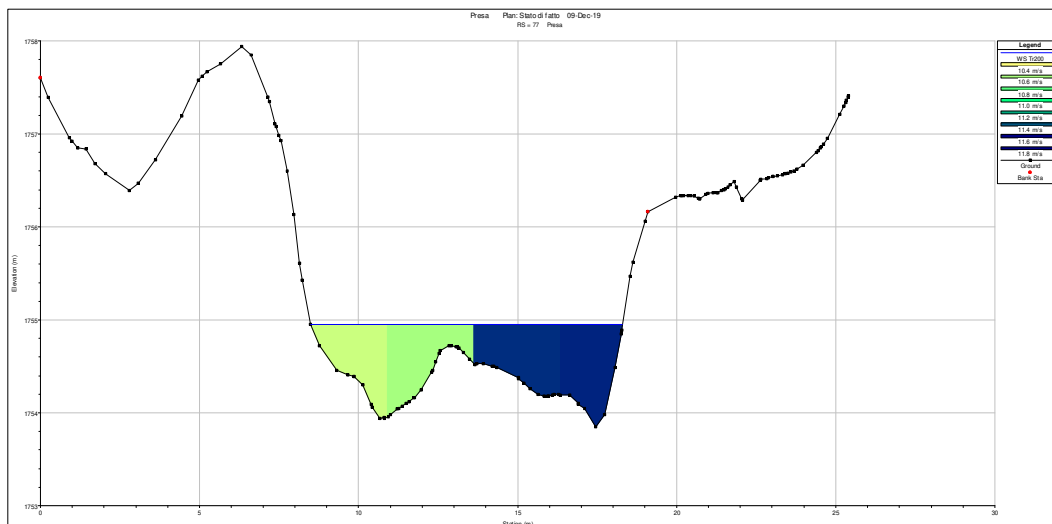
In considerazione delle problematiche rilevate e del grado di rischio individuato, le opere, una volta eseguiti i lavori in progetto, presentano una medio-bassa vulnerabilità e risultano compatibili con l'uso al quale sono destinate.

## Opera di presa e vasca di carico

L'opera di presa, essendo posizionata direttamente in alveo, presenta tutte le criticità legate al passaggio delle acque e del trasporto solido ordinario. In caso di piene eccezionali l'opera è progettata in modo tale da resistere a tali eventi o, al limite, da necessitare di ordinarie opere di manutenzione. Inoltre, essa potrebbe essere coinvolta anche da eventuali debris-flow del torrente Buthier: anche in tali casi verrebbe difficilmente danneggiata, ma necessiterebbe di opere di manutenzione già previste dai progettisti. La vasca di carico, totalmente interrata, risulta sufficientemente protetta dagli eventi previsti. Le verifiche idrauliche eseguite dai progettisti hanno evidenziato la compatibilità delle opere rispetto alle piene attese. Di seguito si riporta la simulazione eseguita dai progettisti in corrispondenza dell'opera di presa con un tempo di ritorno di 200 anni.



profilo per T=200 – presa Eaux Blanches



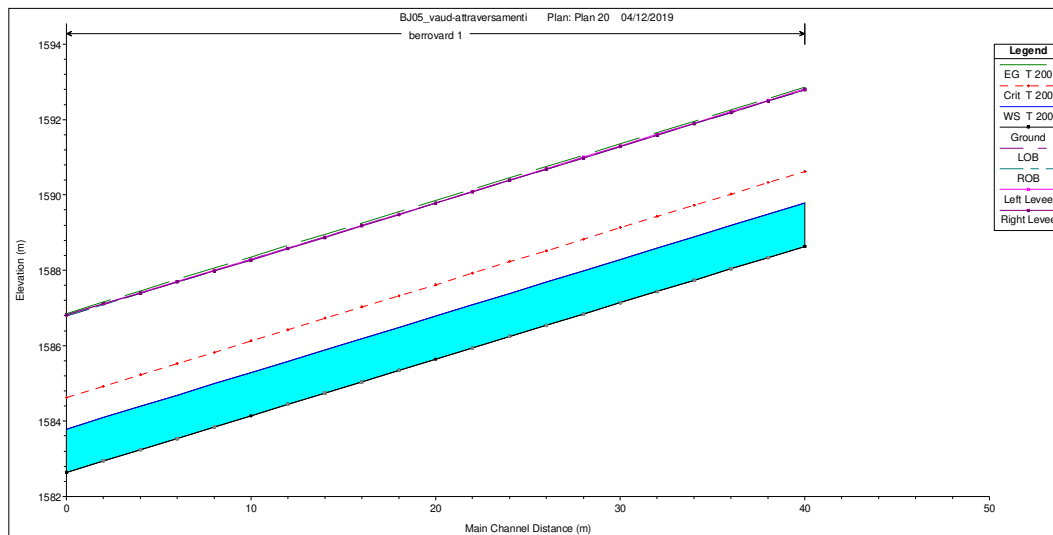
sezione della presa per T=200 – presa Eaux Blanches

Per quanto riguarda la vasca di carico, in base alle verifiche idrauliche eseguite dai progettisti, non si ravvisano criticità per l'opera stessa e per il tratto di torrente presente a valle. Infatti la modellazione idraulica ha dimostrato che le opere in progetto non vanno a modificare l'assetto idrologico dell'asta, mantenendo quindi sempre le criticità attualmente presenti: le opere progettate garantiscono comunque il passaggio della piena duecentennale. Relativamente alla realizzazione della vasca di carico, essendo il settore

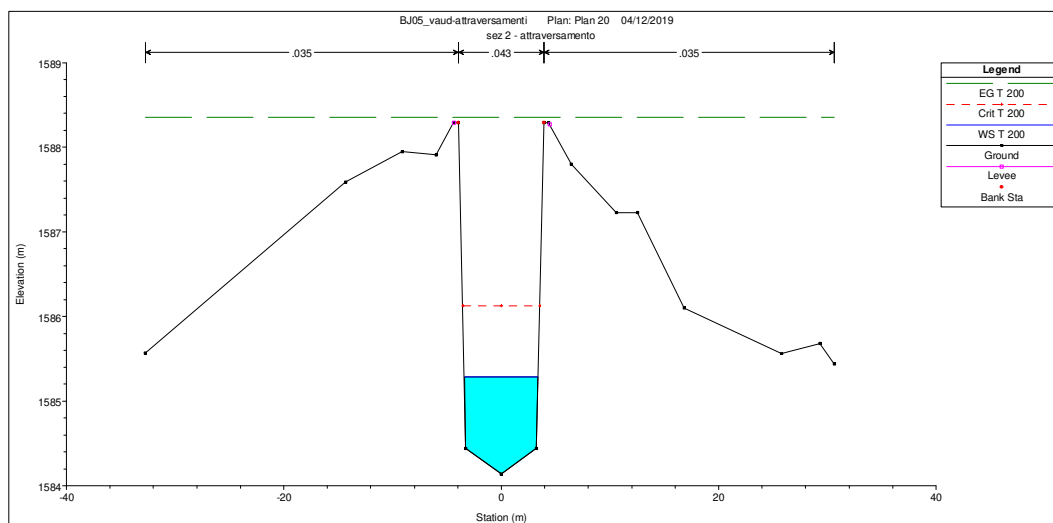
posto in roccia affiorante, gli interventi risultano realizzabili senza causare destabilizzazioni del versante ed eccessivi denudamenti di terreno.

### Condotta forzata

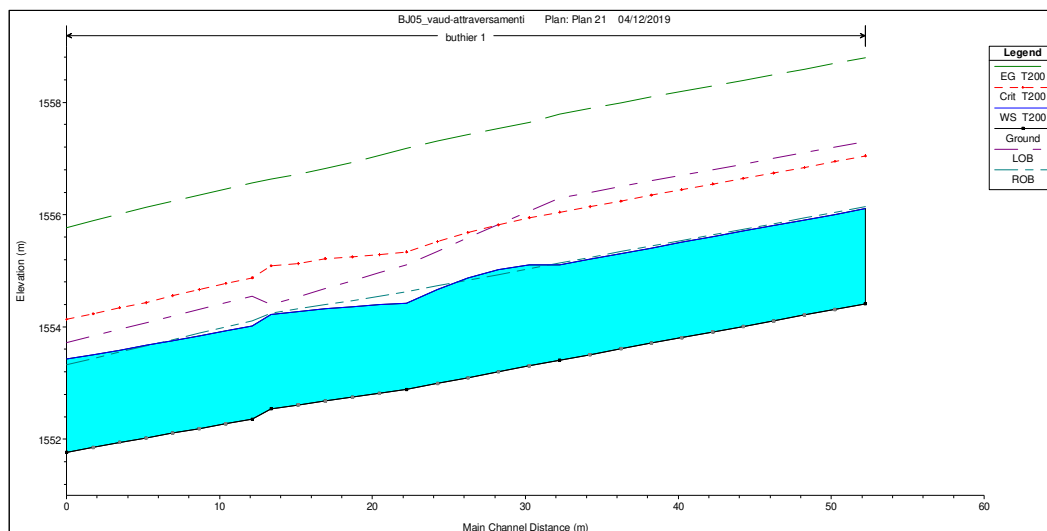
La tubazione risulta totalmente interrata. Dove si hanno gli attraversamenti dei torrenti Gaoula, Buthier d'Ollomont e Berruard il tubo è posto ad una profondità maggiore dell'alveo ed è adeguatamente protetto dall'erosione delle acque. Di seguito si riporta la simulazione eseguita dai progettisti in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Berrovard e Buthier con un tempo di ritorno di 200 anni.



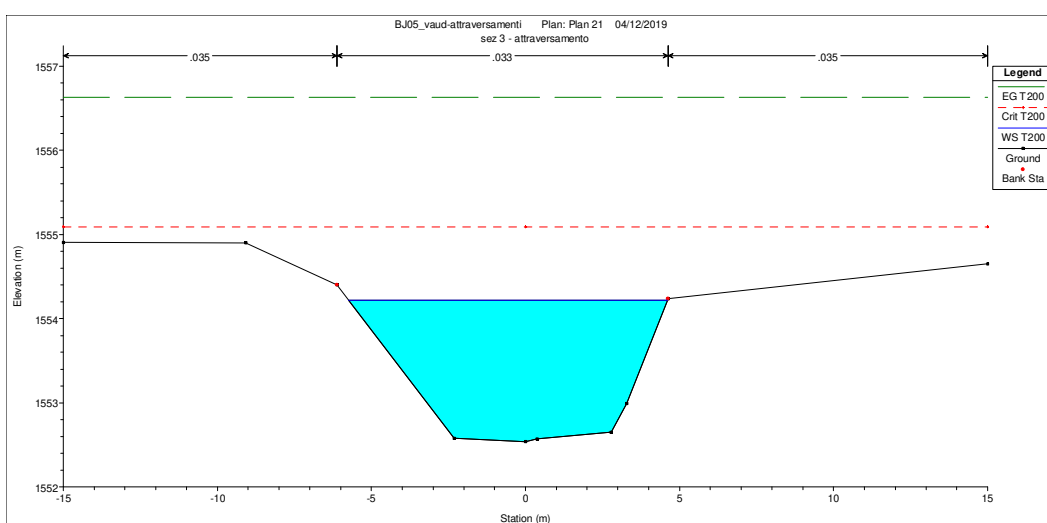
profilo per T=200 – attraversamento t. Berrovard



sezione attraversamento del t. Berrovard per T=200



profilo idraulico per T=200 – attraversamento t. Buthier



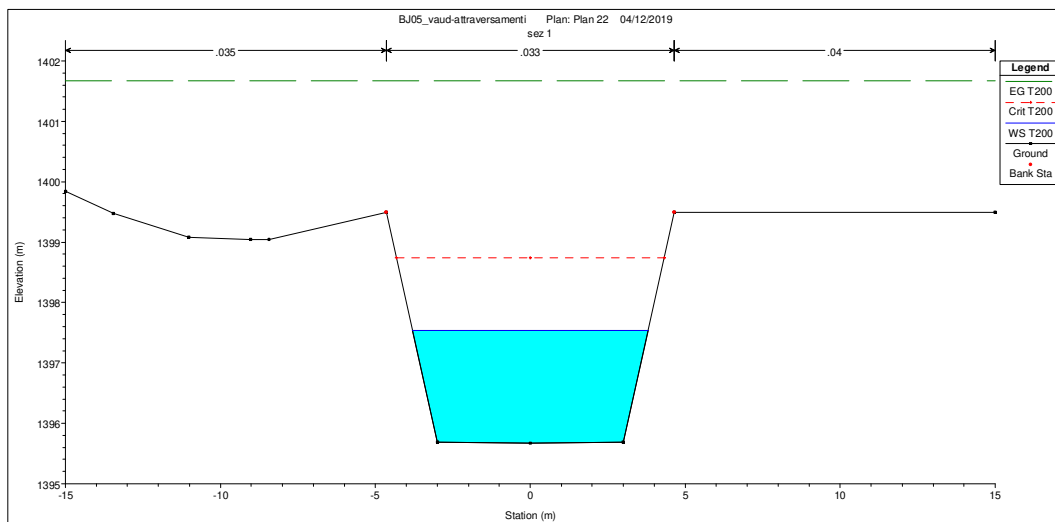
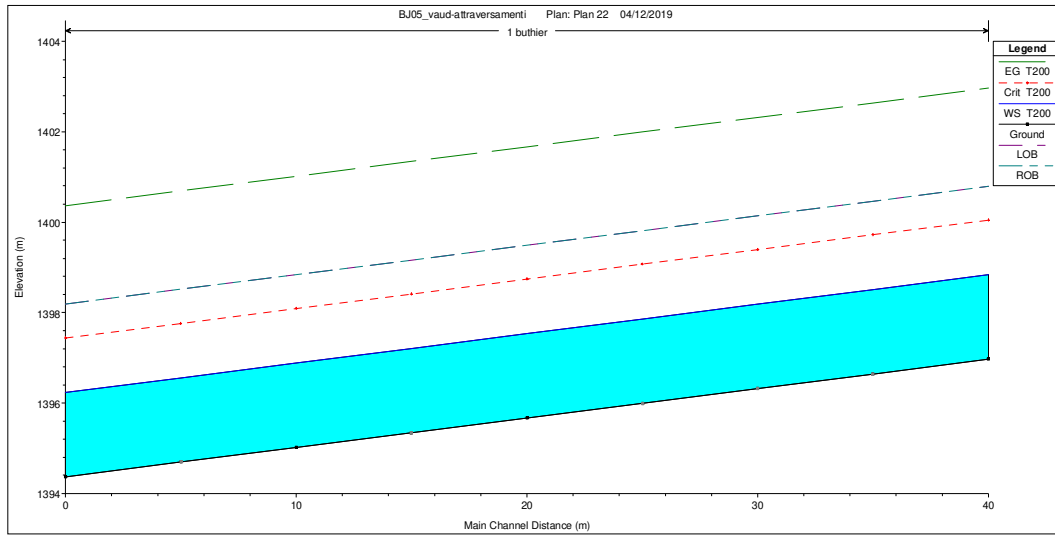
sezione attraversamento del t. Buthier per T=200

Il riempimento dello scavo per la posa della condotta viene inoltre eseguito adottando tutte le tecniche necessarie per evitare fenomeni di erosione e subsidenza. Per quanto riguarda la stabilità degli scavi per la posa della condotta di adduzione, si ritiene che non siano necessarie delle verifiche di stabilità in quanto si tratta di scavi con profondità massima di 1.0 m: le NTC 2018 indicano che “*Per scavi in trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di personale, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista una struttura di sostegno delle pareti di scavo. Le verifiche devono essere svolte nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) e nei confronti degli stati limite di servizio (SLE), quando pertinenti.*” (capitolo 6.8.6.2.). Si segnala anche che il testo unico sulla sicurezza riporta che nel caso di scavi a sezione obbligata, in cui la profondità è maggiore della larghezza, occorre necessariamente armare lo scavo per evitare crolli e franamenti delle pareti. Fanno eccezione i casi in cui lo scavo non raggiunge la profondità di 1 metro.

In fase di realizzazione dovranno comunque essere eseguiti degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando ad esempio casseri metallici e pistoni idraulici.

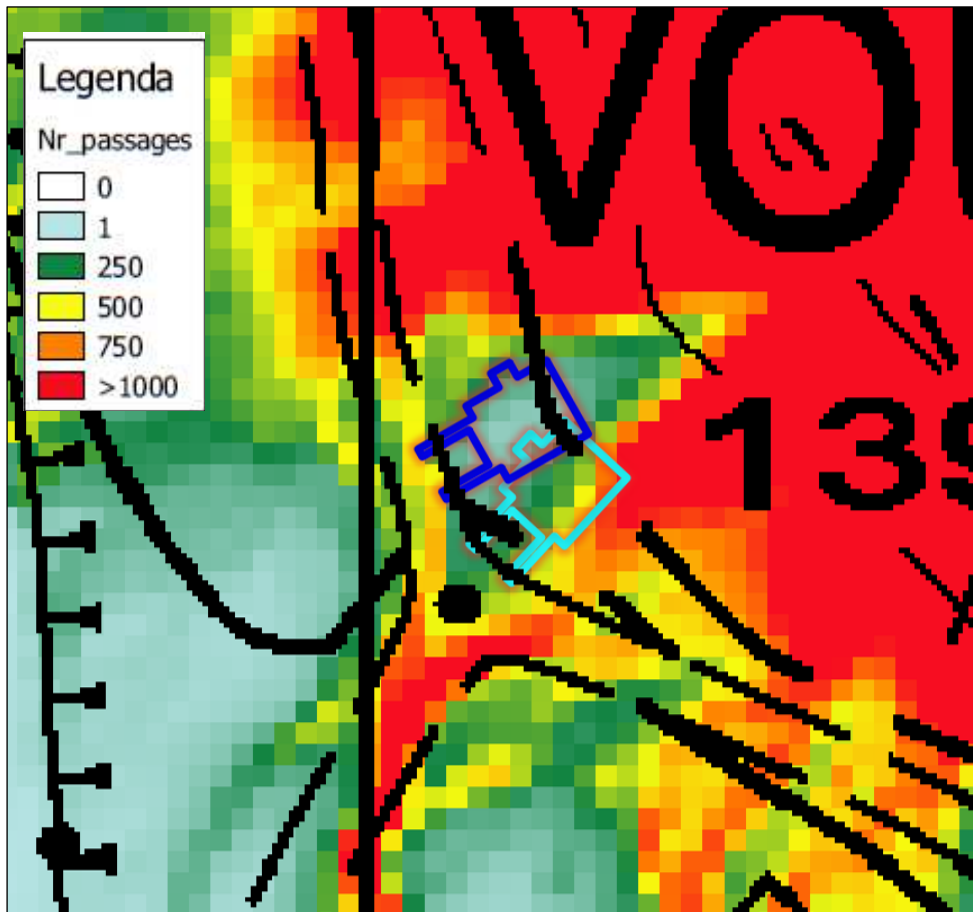
### Centrale di produzione

Come evidenziato, il locale centrale risulta poco vulnerabile rispetto al verificarsi di eventuali fenomeni di esondazione del torrente Buthier d’Ollomont.



Lo stesso risulta invece interessato da fenomeni gravitativi. Nello specifico, il progetto iniziale prevedeva di posizionare la centrale a sud (manufatto azzurro): tale posizione non garantiva tuttavia un adeguato livello di sicurezza, perché, sebbene la centrale sia seminterrata, si aveva un lato caratterizzato da elevati valori di passaggi e quindi da possibili impatti.

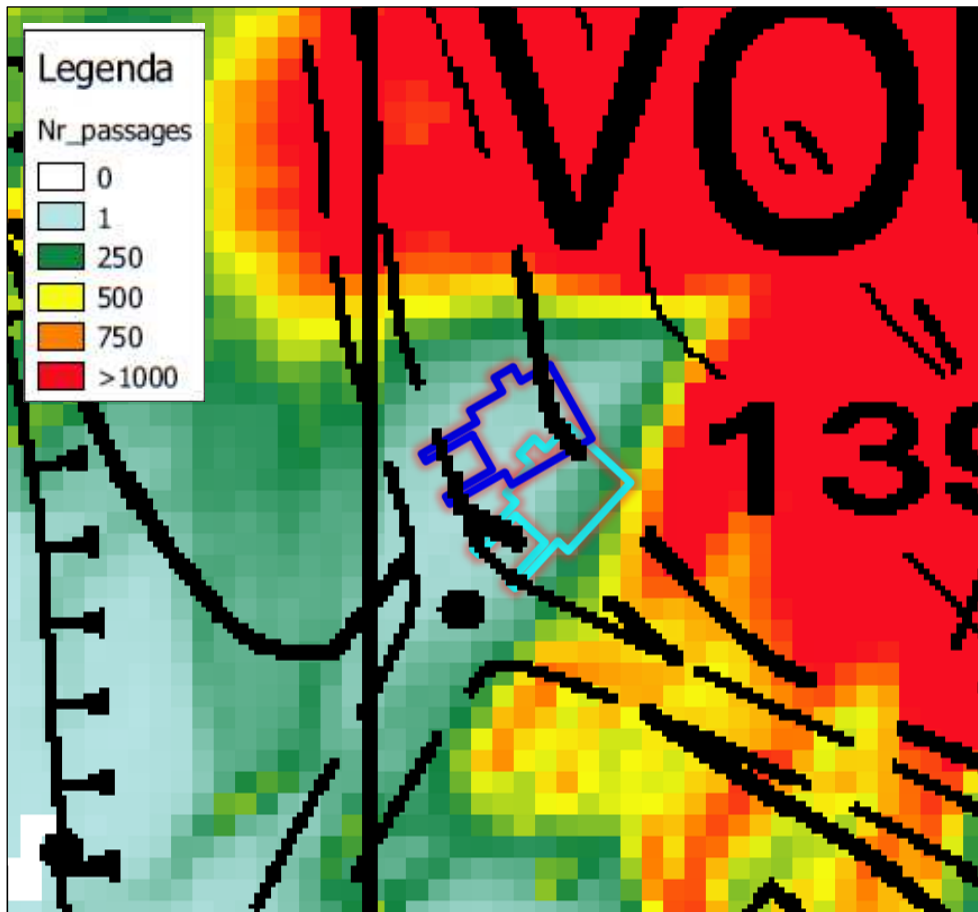
Confrontandoci con i progettisti, si è deciso quindi di sfruttare il piccolo dislivello presente a monte che, come evidenziato dalle simulazioni, garantiva un elevato grado di sicurezza: in tale configurazione (edificio rappresentato in blu) la struttura è interessata solamente da pochissimi passaggi (settore centrale solo un passaggio).



*Cartografia con situazione morfologica di rilievo e numero di passaggi*

Di concerto con i progettisti, si è pensato di implementare ulteriormente il livello di sicurezza andando ad amplificare l'effetto deviatore del displuvio mediante rimodellazione dello stesso con dell'apporto di materiale: si è quindi creato un deviatore in terra inerbito e rivegetato in grado di proteggere naturalmente l'infrastruttura seminterrata ed il suo accesso.





*Cartografia con situazione morfologica di progetto e numero di passaggi*

Come si evince dalle simulazioni eseguite, con tale opera di mitigazione si riesce a garantire la sicurezza per il manufatto e per l'accesso allo stesso. Nel settore d'intervento si ha solamente il passaggio di un masso che, sulla base delle altezze di volo elaborate dal software, transita in volo. Non essendo presenti infrastrutture a valle della centrale, la modifica della morfologia non crea maggiore pericolo per cose e/o persone: la strada poderale era infatti già interessata dalla caduta massi, così come i terreni nelle vicinanze.

In fase di cantiere si dovrà comunque andare a monitorare i pendii presenti a monte prevedendo un controllo preliminare direttamente in falesia e, se necessario, effettuando un disaggio dei blocchi instabili. Quotidianamente, prima dell'inizio delle attività, dovrà essere eseguito un controllo visivo della falesia; dopo intense precipitazioni sarà necessario effettuare una valutazione direttamente in falesia e se necessario realizzare un disaggio dei blocchi instabilizzati.

Relativamente allo scavo, dovendo effettuare un importante sbancamento dovranno essere previste le opere provvisorie indicate nei capitoli precedenti (scogliera), in modo tale da non causare destabilizzazioni del versante ed eccessivi denudamenti di terreno.

### **Canale restituzione acque**

Il canale di restituzione è totalmente interrato e raggiunge l'alveo del torrente Buthier d'Ollomont. La tubazione risulta totalmente interrata e protetta, soprattutto nel settore terminale, dall'eventuale erosione delle acque del torrente. Il riempimento dello scavo per la posa della condotta viene inoltre eseguito adottando tutte le tecniche necessarie per evitare fenomeni di erosione e subsidenza. In fase di realizzazione dovranno essere eseguiti degli importanti interventi di contrasto dei fronti, ad esempio usando casseri metallici e pistoni idraulici. Relativamente ai fenomeni gravitativi la condotta dovrà essere posta ad una profondità di almeno 50 cm in maniera da evitare danneggiamenti.

## Cavidotto elettrico

La consegna dell'energia è prevista attraverso un cavo posto all'interno di un passacavo corrugato in PVC, per la maggior parte interrato. La profondità di scavo di circa 50 cm è sufficiente per scongiurare danni da dinamiche gravitative. Rispetto al rischio di inondazione, la profondità dello scavo e la posizione distale da settori ad alto rischio garantiscono la sicurezza dell'opera.

## Cabina di consegna

La cabina di consegna è posta attualmente in zone a bassa pericolosità sia per frana che per inondazione.

A seguito all'evento dell'8 agosto del 2017 la RAVDA ha commissionato uno studio all'Università di Trento sul territorio di Ollomont finalizzato alla progettazione di opere di protezione da eventi simili. Era stato preso come evento di riferimento quello ricostruito a partire dai dati disponibili della colata detritica dell'8 agosto 2017. Consultando la documentazione consegnata dall'Università di Trento e messa a disposizione del sottoscritto dagli uffici regionali, relativamente a questo aspetto si evince che i settori di progetto (nuova centrale di produzione e nuova cabina di consegna) sono stati marginalmente coinvolti. Nello specifico, da quanto risulta dalle simulazioni eseguite, il settore della centrale viene solamente lambito dal fenomeno in quanto lo stesso si è propagato lungo la strada poderale esistente: dove si intende eseguire la nuova centrale non si sono avuti interessamenti. Relativamente alla cabina di consegna, l'evento ha interessato tale areale con tiranti massimi di circa 25 cm, con spessori massimi di circa 25 cm e con velocità di 0,2 m/s. Si tratta di valori compatibili con l'opera in progetto: la nuova cabina di consegna è stata posizionata a ridosso del muro del piazzale andando a sostituire ed eliminare la cabina di consegna attualmente esistente posizionata quasi in alveo. Per garantire una maggiore sicurezza si è valutato di sopraelevare il piano della cabina di circa 50 cm dal piano di campagna attuale. In tal modo si ritiene che la nuova cabina di consegna risulti compatibile con gli eventi parossistici che si possono avere nell'areale.

Di seguito si riportano degli stralci delle cartografie più significative, rappresentanti il deposito massimo, il tirante massimo e la velocità massima.

Lo studio, pur non essendo ancora stato validato ed essendo lo stesso tarato essenzialmente sull'evento del 2017, si ritiene che abbia comunque un importante valore scientifico e possa rappresentare degli eventi parossistici.



*Simulazione deposito massimo –Area di realizzazione della cabina di consegna  
Studio Università di Trento - DICAM*



*Simulazione tirante massimo – Area di realizzazione della cabina di consegna  
 Studio Università di Trento - DICAM*



*Simulazione velocità massima – Area di realizzazione della cabina di consegna  
 Studio Università di Trento - DICAM*

Si ritiene pertanto che le opere in progetto siano ammissibili.

6. 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

**Opera di presa e vasca di carico**

L'opera di presa presenta tutte le criticità descritte precedentemente.

Al fine di ridurre la pericolosità si richiede di:

- evitare l'accesso al cantiere in situazioni di pericolo da inondazioni: in fase di esecuzione il direttore dei lavori dovrà quotidianamente prendere visione del bollettino di criticità alla pagina web [http://cf.regione.vda.it/allerte\\_meteo.php](http://cf.regione.vda.it/allerte_meteo.php), in considerazione del fatto che le problematiche del settore sono riferite a fenomeni di piena che si possono innescare anche in situazioni di “Assenza di fenomeni significativi prevedibili” (livello verde) con segnalazione di temporali;
- in concomitanza di eventi meteorologici di una certa portata, evitare l'accesso al sito sia in fase di realizzazione delle opere, sia in fase di gestione e manutenzione;

- dal momento che l'andamento idrologico del torrente Eaux Blanches è avulso dalla condizione idrologica stagionale, ma dipende dai rilasci CVA, prendere costante contatto con il gestore in modo da non avere maestranze e mezzi d'opera in concomitanza di rilasci straordinari;
- curare attentamente le opere poste direttamente in alveo al fine di evitare fenomeni di erosione o sottoscalzamento;
- sistemare con cura i materiali movimentati in alveo, evitando di lasciare accumuli temporanei e depositi facilmente mobilizzabili, al fine di non favorire fenomeni di trasporto in massa;
- garantire il regolare deflusso delle acque e tenere conto del DMV relativo all'autorizzazione dell'opera di presa;
- eseguire le opere di arginatura come da progetto, in quanto le stesse risultano verificate e non vanno in alcun modo ad aggravare lo stato di rischio attualmente presente.

Per quanto riguarda la vasca di carico, in base alle verifiche idrauliche eseguite dai progettisti, non si ravvisano criticità per l'opera stessa e per il tratto di torrente presente a valle. Infatti la modellazione idraulica ha dimostrato che le opere in progetto non vanno a modificare l'assetto idrologico dell'asta. Relativamente alla realizzazione della vasca di carico, essendo il settore posto in roccia affiorante, gli interventi risultano realizzabili senza causare destabilizzazioni del versante ed eccessivi denudamenti di terreno.

### **Condotta forzata**

La tubazione risulta totalmente interrata e, dove si hanno gli attraversamenti dei torrenti Gaoula, Buthier d'Ollomont e Berruard, il tubo è posto ad una profondità maggiore dell'alveo ed è adeguatamente protetto dall'erosione delle acque, così come evidenziato nella relazione idraulica a cura dei progettisti. In fase di realizzazione dovranno essere eseguiti degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando, ad esempio, dei casseri metallici e pistoni idraulici.

Si deve prevedere quindi di:

- aprire gradualmente gli scavi in periodi non immediatamente successivi ad intense precipitazioni con immediata esecuzione delle opere;
- effettuare gli scavi con mezzi meccanici ed eliminare l'acqua eventualmente rinvenuta con appositi drenaggi;
- in caso di scavi con presenza di grossi blocchi, non utilizzare esplosivi ma mezzi meccanici o cementi chimici espansi;
- stendere uno strato di 15-20 cm di materiale fine (terra vagliata o sabbia) lungo tutto il fondo dello scavo su cui porre le tubature e ricoprire con lo stesso materiale per uno strato di 20 cm facendo attenzione a non danneggiare le condotte;
- effettuare la scarifica dei livelli limosi o francamente detritici per evitare fenomeni di scivolamento o di sottoscalzamento;
- nei tratti a maggiore profondità di scavo, eseguire degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando, ad esempio, dei casseri metallici e pistoni idraulici;
- asportare la frazione vegetale dal terreno utilizzato per il successivo ritombamento;
- nel caso in cui si rinvenisse acqua nel fondo scavo, curare il drenaggio eliminando l'acqua presente con apposite pompe;

- prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;
- rullare e compattare adeguatamente il terreno di riempimento secondo le tecniche più idonee per assicurare una capacità portante uniforme e minimizzare i cedimenti differenziali;
- eseguire il rullaggio della compattazione mantenendo l'umidità ottima corretta, eventualmente calcolata tramite prove Proctor;
- regolarizzare le scarpate non protette e/o stabilizzate con pendenze non superiori a 35°;
- le terre di riempimento devono appartenere alle classi A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 delle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 150mm;
- compattare il materiale di riempimento procedendo parallelamente allo scavo;
- costipare ogni strato di terreno con una densità relativa superiore al 95% della densità ASTM D1557 (AASHTO T180);
- curare la realizzazione di frequenti scoline trasversali sugli sbancamenti e sui tracciati degli scavi, soprattutto nei tratti maggiormente acclivi;
- curare l'evacuazione delle acque superficiali sulle aree ripristinate a mezzo di cunette e scoline al fine di evitare fenomeni di ruscellamento concentrato;
- evitare il ruscellamento concentrato nei settori maggiormente acclivi.

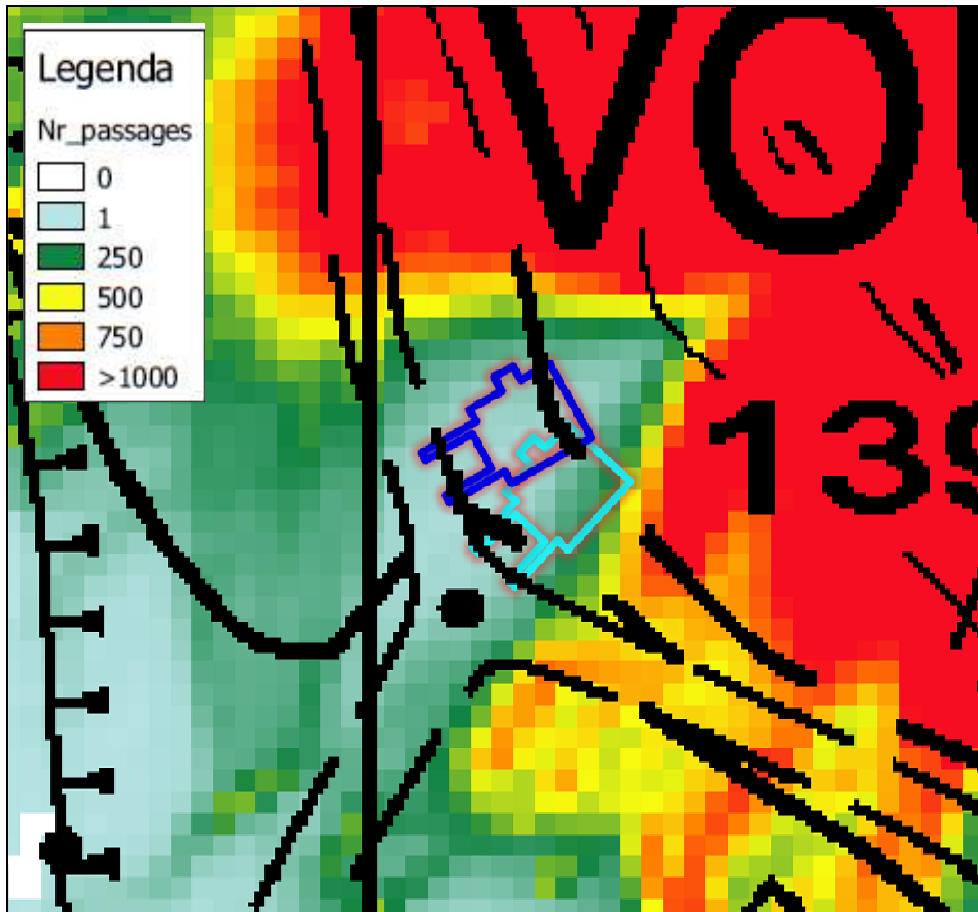
### **Centrale di produzione**

Come evidenziato, il locale centrale risulta poco vulnerabile rispetto al verificarsi di eventuali fenomeni di esondazione del torrente Buthier d'Ollomont.

Lo stesso risulta invece interessato da fenomeni gravitativi. Nello specifico, il progetto iniziale prevedeva di posizionare la centrale a sud (manufatto azzurro): tale posizione non garantiva tuttavia un adeguato livello di sicurezza, perché, sebbene la centrale sia seminterrata, si aveva un lato caratterizzato da elevati valori di passaggi e quindi da possibili impatti.

Dopo un confronto con i progettisti, si è deciso quindi di sfruttare il piccolo displuvio presente a monte che, come evidenziato dalle simulazioni, garantiva un elevato grado di sicurezza: in tale configurazione la struttura è interessata solamente da pochissimi passaggi (settore centrale solo 1 passaggio).

Di concerto con i progettisti, si è pensato di implementare ulteriormente il livello di sicurezza andando ad amplificare l'effetto deviatore del displuvio rimodellando lo stesso con dell'apporto di materiale: si è quindi creato un deviatore in terra inerbito e rivegetato in grado di proteggere naturalmente l'infrastruttura seminterrata ed il suo accesso.



*Cartografia con situazione morfologica di progetto e numero di passaggi*

Come si evince dalle simulazioni eseguite, con tale opera di mitigazione si riesce a garantire la sicurezza per il manufatto e per l'accesso allo stesso. Nel settore d'intervento si ha solamente il passaggio di un masso che, sulla base delle altezze di volo elaborate dal software, transita in volo. Non essendo presenti infrastrutture a valle della centrale, la modifica della morfologia non crea maggiore pericolo per cose e/o persone: la strada poderale era infatti già interessata dalla caduta massi, così come i terreni nelle vicinanze.

Si deve prevedere quindi di:

- in fase di cantiere, monitorare i pendii presenti a monte prevedendo un controllo preliminare direttamente in falesia e se necessario effettuando un disgaggio dei blocchi instabili. Quotidianamente, prima dell'inizio delle attività, eseguire un controllo visivo della falesia; dopo intense precipitazioni effettuare una valutazione direttamente in falesia e, se necessario, realizzare un disgaggio dei blocchi instabilizzati;
- relativamente allo scavo, prevedere le opere provvisorie indicate nei capitoli precedenti (scogliera), in modo tale da non causare destabilizzazioni del versante ed eccessivi denudamenti di terreno;
- prevedere a retro delle murature un sistema di drenaggio con scarico verso valle;
- relativamente al riempimento a tergo del manufatto:
  - realizzare la scogliera provvisoria, come indicata nel capitolo dedicato alle verifiche di stabilità in fase di scavo;
  - prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;

- regolarizzare le scarpate non protette e/o stabilizzate con pendenze non superiori a 35°;
- le terre di riempimento devono appartenere alle classi A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 delle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 150mm;
- compattare il materiale di riempimento procedendo parallelamente al pendio;
- costipare ogni strato di terreno con una densità relativa superiore al 95% della densità ASTM D1557 (AASHTO T180);
- curare l'evacuazione delle acque superficiali sulle aree ripristinate a mezzo di cunette e scoline al fine di evitare fenomeni di ruscellamento concentrato.

### **Canale restituzione acque**

Il canale di restituzione è totalmente interrato e raggiunge l'alveo del torrente Buthier d'Ollomont. La tubazione risulta totalmente interrata e protetta, soprattutto nel settore terminale, dall'eventuale erosione delle acque del torrente. Si deve prevedere quindi di:

- evitare l'accesso al cantiere in situazioni di pericolo da inondazioni: in fase di esecuzione il direttore dei lavori dovrà quotidianamente prendere visione del bollettino di criticità alla pagina web [http://cf.regione.vda.it/allerte\\_meteo.php](http://cf.regione.vda.it/allerte_meteo.php), in considerazione del fatto che le problematiche del settore sono riferite a colate detritiche che si possono innescare anche in situazioni di "Assenza di fenomeni significativi prevedibili" (livello verde) con segnalazione di temporali;
- in concomitanza di eventi meteorologici di una certa portata, evitare l'accesso al sito sia in fase di realizzazione delle opere, sia in fase di gestione e manutenzione;
- aprire gradualmente gli scavi in periodi non immediatamente successivi ad intense precipitazioni con immediata esecuzione delle opere;
- realizzare le opere nel periodo di magra del torrente Buthier d'Ollomont;
- effettuare gli scavi con mezzi meccanici ed eliminare l'acqua eventualmente rinvenuta con appositi drenaggi;
- in caso di scavi con presenza di grossi blocchi, non utilizzare esplosivi ma mezzi meccanici o cementi chimici espansi;
- effettuare la scarifica dei livelli limosi o francamente detritici per evitare fenomeni di scivolamento o di sottoscalzamento;
- nei tratti a maggiore profondità di scavo, eseguire degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando, ad esempio, dei casseri metallici e pistoni idraulici;
- asportare la frazione vegetale dal terreno utilizzato per il successivo ritombamento;
- nel caso in cui si rinvenisse acqua nel fondo scavo, curare il drenaggio eliminando l'acqua presente con apposite pompe;
- prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;
- rullare e compattare adeguatamente il terreno di riempimento secondo le tecniche più idonee per assicurare una capacità portante uniforme e minimizzare i cedimenti differenziali;

- le terre di riempimento devono appartenere alle classi A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 delle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 150 mm;
- compattare il materiale di riempimento procedendo parallelamente allo scavo;
- costipare ogni strato di terreno con una densità relativa superiore al 95% della densità ASTM D1557 (AASHTO T180).

### **Cavidotto elettrico**

La consegna dell'energia è prevista attraverso un cavo posto all'interno di un passacavo corrugato in PVC, per la maggior parte interrato. La profondità di scavo di circa 50 cm è sufficiente per scongiurare danni da dinamiche gravitative. Rispetto al rischio di inondazione, la profondità dello scavo e la posizione distale da settori ad alto rischio garantiscono la sicurezza dell'opera.

Si deve prevedere quindi di:

- aprire gradualmente gli scavi in periodi non immediatamente successivi ad intense precipitazioni con immediata esecuzione delle opere;
- effettuare gli scavi con mezzi meccanici ed eliminare l'acqua eventualmente rinvenuta con appositi drenaggi;
- in caso di scavi con presenza di grossi blocchi, non utilizzare esplosivi ma mezzi meccanici o cementi chimici espansi;
- stendere uno strato di 15-20 cm di materiale fine (terra vagliata o sabbia) lungo tutto il fondo dello scavo su cui porre le tubature e ricoprire con lo stesso materiale per uno strato di 20 cm facendo attenzione a non danneggiare i passacavi;
- effettuare la scarifica dei livelli limosi o francamente detritici per evitare fenomeni di scivolamento o di sottoscalzamento;
- prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;
- rullare e compattare adeguatamente il terreno di riempimento secondo le tecniche più idonee per assicurare una capacità portante uniforme e minimizzare i cedimenti differenziali;
- le terre di riempimento devono appartenere alle classi A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 delle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 150 mm;
- compattare il materiale di riempimento procedendo parallelamente allo scavo;
- costipare ogni strato di terreno con una densità relativa superiore al 95% della densità ASTM D1557 (AASHTO T180).

### **Cabina di consegna**

La cabina di consegna è posta in zone a bassa pericolosità sia per frana che per inondazione. In seguito all'evento dell'8 agosto del 2017 la RAVDA ha commissionato all'Università di Trento uno studio sul territorio di Ollomont finalizzato alla progettazione di opere di protezione da eventi simili. È stato preso come evento di riferimento quello ricostruito a partire dai dati disponibili della colata detritica dell'8 agosto 2017. Relativamente a questo aspetto, consultando la documentazione consegnata dall'Università di Trento e messa a disposizione al sottoscritto dagli uffici regionali, si evince che i settori di progetto (nuova centrale di produzione e nuova cabina di consegna) sono stati coinvolti marginalmente. Nello specifico, da quanto risulta dalle simulazioni eseguite, il settore della



centrale viene solamente lambito dal fenomeno in quanto lo stesso si è propagato lungo la strada poderale esistente: dove si intende eseguire la nuova centrale non si sono avuti interessamenti. Relativamente alla cabina di consegna l'evento ha interessato tale areale con tiranti massimi di circa 25 cm, con spessori massimi di circa 25 cm e con velocità di 0,2 m/s. Si tratta di valori compatibili con l'opera in progetto: la nuova cabina di consegna è stata posizionata a ridosso del muro del piazzale, andando a sostituire ed eliminare la cabina di consegna attualmente esistente posizionata quasi in alveo. Per garantire una maggiore sicurezza si è valutato di sopraelevare il piano della cabina di circa 50 cm dal piano di campagna attuale. In tal modo si ritiene che la nuova cabina di consegna risulti compatibile con gli eventi parossistici che si possono avere nell'areale. Per la costruzione del manufatto si dovranno comunque adottare le seguenti precauzioni:

- aprire gradualmente gli scavi in periodi non immediatamente successivi ad intense precipitazioni con immediata realizzazione delle opere;
- perfezionare l'adattamento al suolo della struttura all'apertura dello scavo, in modo da situare la fondazione al disotto della coltre di terreno vegetale, in corrispondenza di materiali non prevalentemente limosi;
- utilizzare fondazioni di tipo continuo;
- eventuali livelli isolati di materiale cedevole, come ad esempio limo e/o sabbia limosa, dovranno essere superati approfondendo lo scavo delle sottofondazioni;
- rullare e compattare adeguatamente il terreno di fondazione per assicurare una capacità portante uniforme e minimizzare i cedimenti differenziali.

L'efficacia degli interventi di protezione e di mitigazione risulta notevole, mentre l'efficienza dipende dalla manutenzione nel tempo degli stessi.

7. Conclusioni della verifica che dichiarino che l'intervento, così come progettato, risulta compatibile con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della l.r. n. 11/1998

Alla luce delle considerazioni sopra riportate, le opere, così come progettate, risultano compatibili con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti ai sensi della l.r. n. 11/1998.

## 16. CONFORMITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il settore ove verranno realizzate le opere ricade nelle zone interessate dal vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267 del 30 dicembre 1923 (Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani).

L'intervento in oggetto si configura come nuova costruzione di opere puntuali (opera di presa e opere annesse, centrale di produzione e cabina di consegna), nonché di opere lineari (condotte forzata e di restituzione) e a rete (cavidotto elettrico).

In particolare:

Intervento	Vincolo idrogeologico
Presa Eaux-Blanches	X
Vasca Eaux-Blanches	X
Nuova condotta	X
Centrale	---
Canale di restituzione	---
Cavidotto elettrico	---
Cabina di consegna	---

Rispetto al vincolo posto e per ridurre la pericolosità dell'areale e la vulnerabilità delle opere rispetto agli scavi ed al loro ripristino, è necessario seguire le seguenti prescrizioni riportate di seguito, suddivise per singolo intervento.

### **Opera di presa e vasca di carico**

L'opera di presa presenta tutte le criticità descritte precedentemente.

Al fine di ridurre la pericolosità si richiede di:

- evitare l'accesso al cantiere in situazioni di pericolo da inondazioni: in fase di esecuzione il direttore dei lavori dovrà quotidianamente prendere visione del bollettino di criticità alla pagina web [http://cf.regione.vda.it/allerte\\_meteo.php](http://cf.regione.vda.it/allerte_meteo.php), in considerazione del fatto che le problematiche del settore sono riferite a fenomeni di piena che si possono innescare anche in situazioni di "Assenza di fenomeni significativi prevedibili" (livello verde) con segnalazione di temporali;
- in concomitanza di eventi meteorologici di una certa portata, evitare l'accesso al sito sia in fase di realizzazione delle opere, sia in fase di gestione e manutenzione;
- dal momento che l'andamento idrologico del torrente Eaux Blanches è avulso dalla condizione idrologica stagionale, ma dipende dai rilasci CVA, prendere costante contatto con il gestore in modo da non avere maestranze e mezzi d'opera in concomitanza di rilasci straordinari;
- curare attentamente le opere poste direttamente in alveo al fine di evitare fenomeni di erosione o sottoscalzamento;
- sistemare con cura i materiali movimentati in alveo, evitando di lasciare accumuli temporanei e depositi facilmente mobilizzabili, al fine di non favorire fenomeni di trasporto in massa;
- garantire il regolare deflusso delle acque e tenere conto del DMV relativo all'autorizzazione dell'opera di presa;
- eseguire le opere di arginatura come da progetto, in quanto le stesse risultano verificate e non vanno in alcun modo ad aggravare lo stato di rischio attualmente presente.

Per quanto riguarda la vasca di carico, in base alle verifiche idrauliche eseguite dai progettisti, non si ravvisano criticità per l'opera stessa e per il tratto di torrente presente a valle. Infatti la modellazione idraulica ha dimostrato che le opere in progetto non vanno a modificare l'assetto idrologico dell'asta. Relativamente alla realizzazione della vasca di carico, essendo il settore posto in roccia affiorante, gli interventi risultano realizzabili senza causare destabilizzazioni del versante ed eccessivi denudamenti di terreno.

### **Condotta forzata**

La tubazione risulta totalmente interrata; dove si hanno gli attraversamenti dei torrenti Gaoula, Buthier d'Ollomont e Berruard il tubo è posto ad una profondità maggiore dell'alveo ed è adeguatamente protetto dall'erosione delle acque, così come evidenziato nella relazione idraulica a cura dei progettisti. In fase di realizzazione dovranno essere eseguiti degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando, ad esempio, dei casseri metallici e pistoni idraulici.

Si deve prevedere quindi di:

- aprire gradualmente gli scavi in periodi non immediatamente successivi ad intense precipitazioni con immediata esecuzione delle opere;
- effettuare gli scavi con mezzi meccanici ed eliminare l'acqua eventualmente rinvenuta con appositi drenaggi;

- in caso di scavi con presenza di grossi blocchi, non utilizzare esplosivi ma mezzi meccanici o cementi chimici espansi;
- stendere uno strato di 15-20 cm di materiale fine (terra vagliata o sabbia) lungo tutto il fondo dello scavo su cui porre le tubature e ricoprire con lo stesso materiale per uno strato di 20 cm facendo attenzione a non danneggiare le condotte;
- effettuare la scarifica dei livelli limosi o francamente detritici per evitare fenomeni di scivolamento o di sottoscalzamento;
- nei tratti a maggiore profondità di scavo, eseguire degli importanti interventi di contrasto dei fronti, usando, ad esempio, dei casseri metallici e pistoni idraulici;
- asportare la frazione vegetale dal terreno utilizzato per il successivo ritombamento;
- nel caso in cui si rinvenisse acqua nel fondo scavo, curare il drenaggio eliminando l'acqua presente con apposite pompe;
- prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;
- rullare e compattare adeguatamente il terreno di riempimento secondo le tecniche più idonee per assicurare una capacità portante uniforme e minimizzare i cedimenti differenziali;
- eseguire il rullaggio della compattazione mantenendo l'umidità ottima corretta, eventualmente calcolata tramite prove Proctor;
- regolarizzare le scarpate non protette e/o stabilizzate con pendenze non superiori a 35°;
- le terre di riempimento devono appartenere alle classi A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 delle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 150mm;
- compattare il materiale di riempimento procedendo parallelamente allo scavo;
- costipare ogni strato di terreno con una densità relativa superiore al 95% della densità ASTM D1557 (AASHTO T180);
- curare la realizzazione di frequenti scoline trasversali sugli sbancamenti e sui tracciati degli scavi, soprattutto nei tratti maggiormente acclivi;
- curare l'evacuazione delle acque superficiali sulle aree ripristinate a mezzo di cunette e scoline al fine di evitare fenomeni di ruscellamento concentrato;
- evitare il ruscellamento concentrato nei settori maggiormente acclivi.

In considerazione delle problematiche rilevate e del grado di rischio individuato, le opere, una volta eseguiti i lavori in progetto, presentano una bassa vulnerabilità e risulta conforme con il vincolo idrogeologico.

## 17. CONCLUSIONI

In relazione a quanto esposto, tenendo conto delle modalità esecutive e delle precauzioni consigliate, non si rilevano elementi geologici e geotecnici tali da impedire la realizzazione dell'opera.

Aosta, dicembre 2019

