



PATRIMONIO DEL TRENTO S.P.A.

Via del Brennero, 165 - 38121 Trento (TN)
Tel 0461 830453 | Fax 0461 830459
www.patrimoniotn.it | info@patrimoniotn.it

IL DIRETTORE GENERALE

ing. Michele Maistri

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ing. Michele Maistri

Comune di Trento

Provincia di Trento

OGGETTO

**Area destra Adige - ex Italcementi
Piano di lottizzazione del Comparto C**

PROGETTISTI

progettazione urbanistica
verifica interferenze con la bonifica
geologia e studio di compatibilità
valutazione acustica
valutazione ambientale
opere di urbanizzazione

ing. Mattia Baffetti
ing. Adriano Dalvit
geol. Franca Bazzanella
ing. Elena Margesin
dott. for. Gilberto Segalina
EnDes engineering s.r.l.

CATEGORIA

RELAZIONE - GEOLOGIA

TITOLO

**RELAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA
STUDIO DI COMPATIBILITÀ**

REVISIONE

EMISSIONE

14.04.2022

SCALA

CODICE UNIVOCO

L378-08

CODICE ELABORATO

PA.R.340.01



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



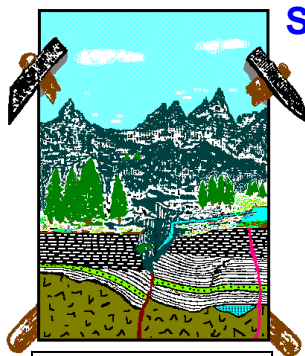
COMUNE DI TRENTO

**RELAZIONE GEOLOGICA
&
STUDIO DI COMPATIBILITA'**

**AREA DESTRA ADIGE – EX ITALCEMENTI
PIANO DI LOTTIZZAZIONE DEL COMPARTO C**

COMMITTENTE: PATRIMONIO DEL TRENTO S.P.A.

Aprile 2022



1971/22

STUDIO GEOLOGICO ASSOCIATO GEOALP

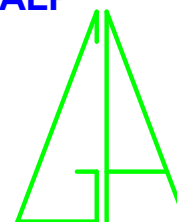
dott. geol. Franca Bazzanella
dott. geol. Gianfranco Bazzoli
dott. geol. Icilio Vigna

P.IVA 01332500220 - cod. P62QHVQ
Viale Europa, 78 - Loc. San Cristoforo
Pergine Valsugana (TN) - 38057

Tel. 0461-985577 E-mail: geoalp.tn@virgilio.it

E-mail PEC: geoalp@pec-legal.it

Web homepage: <http://www.geoalp.eu>





INDICE

1. **INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO**
2. **IL PROGETTO**
3. **RELAZIONE GEOLOGICA**
 - 3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica
 - 3.2. Geomorfologia ed idrografia
 - 3.3. Litologia
 - 3.4. Idrogeologia - Vincolo idrogeologico
 - 3.5. Sismicità e pericolosità sismica di base
 - 3.6. Tematica ambientale
 - 3.7. Conclusioni
4. **STUDIO DI COMPATIBILITA'**

INDICE DEGLI ALLEGATI

- ALLEGATO 1 AREA EX ITALCEMENTI - RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE ai sensi del D. Lgs. 152/06 - TOMO 1 - dott. geol. Luca Raffaelli - 12/2008 - Sintesi dei dati di prospezioni e piezometri ricadenti all'interno dell'area di interesse.
- ALLEGATO 2 PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEI TERRENI ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 01/2013 - Sintesi dei risultati delle indagini ricadenti all'interno dell'area di interesse.
- ALLEGATO 3 RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo. - Fondazione Museo Civico di Rovereto 11/2016 - Sintesi dei risultati delle indagini geofisiche effettuate nell'area di interesse.
- ALLEGATO 4 INDAGINE GEOFISICA GG SERVICE 2017.
- ALLEGATO 5 RELAZIONE DI FINE LAVORI DI BONIFICA ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 09/2018 - Sintesi dei dati per l'area di interesse.
- ALLEGATO 6 RILIEVO FINALE - PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Area ex-Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Consorzio Lavoro Ambiente e Cooperativa Lagorai - 09/2018.

Ai sensi della L.148/11, del D.P.R. 137/12 e della L. 27/12 si dichiara che lo Studio Geologico Associato GeoAlp è assicurato per i rischi connessi all'esercizio dell'attività professionale degli associati con polizza Liberty Mutual Insurance Europe.



Andamento geomorfologico dell'area vasta su foto satellitare 3D.



Panoramiche dell'area ex-Italcementi e del settore Nord - Comparto C, riprese dalle pendici del Doss Trento.



1. INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

I seguenti documenti "Relazione geologica" e "Studio di Compatibilità" sono stati commissionati da Patrimonio del Trentino S.p.A. e sono riferiti al progetto "Area Destra Adige - Ex Italcementi - Piano di Lottizzazione del Comparto C", ambito ubicato nel quartiere di Piedicastello, in Via Verruca e Via Brescia a Trento.

Normativa di riferimento

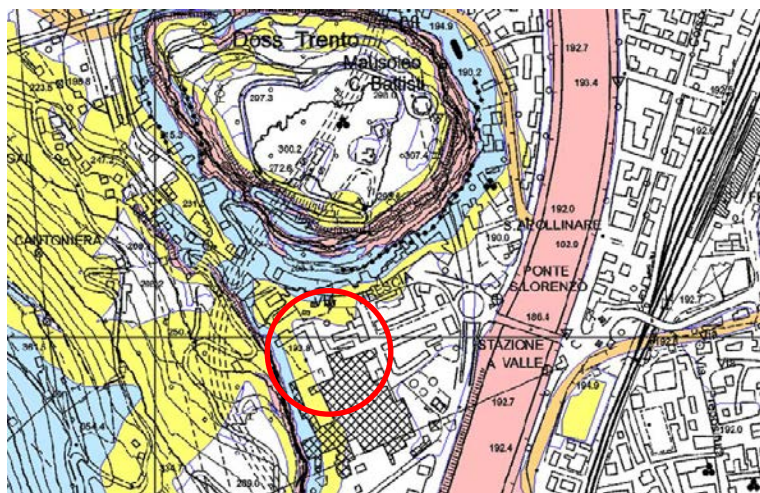
- Circolare 21/01/2019, n° 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018.
- NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17 gennaio 2018 - NTC 2018
- Delibera di G.P. PAT 1317 del 4 settembre 2020 - Carta di Sintesi della Pericolosità e succ. mod.
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 e s.m. (disciplina terre e rocce da scavo)
- l.p. PAT 4 agosto 2015, n. 15 e s.m. - Legge provinciale per il governo del territorio
- Delibera di G.P. PAT n° 2248 del 05/09/2008 e s.m. - Carta delle Risorse Idriche
- l.p. PAT 27 maggio 2008, n. 5 e s.m. - Piano Urbanistico Provinciale della PAT (PUP)
- C.S.LL.PP. "Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007"
- D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1- 41/Legisl e succ. mod. ed agg.: Testo unico provinciale sulla tutela dell'ambiente dagli inquinamenti.
- "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" (Del. 54/2019 del Consiglio SNPA - Sistema Nazionale Protezione Ambiente)
- D. Lgs. 152/2006
- DCIA 04/02/1977
- "Direttive per la redazione delle relazioni geologiche, geotecniche e sismiche ai sensi delle NTC 14/01/2008 e della normativa nazionale e provinciale collegata" degli Ordini Professionali dei Geologi e Ingegneri di Trento e Bolzano dd. 08/11/2010.

Le figure a seguire presentano l'inquadramento dell'area di interesse:

Strumento urbanistico	Classificazione
Carta di Sintesi della Pericolosità CSP del P.U.P. (in vigore dal 02 ottobre 2020)	Penalità Crolli = P4-P3-P2 (artt. 15, 16, 17) Penalità Litogeomorfologica = P1 (trascurabile o assente) art. 18
Classificazione sismica	Area sismica a bassa sismicità (zona sismica 3)
Carta delle Risorse Idriche del P.U.P.	Area senza vincoli
Carta del Vincolo Idrogeologico	Area esterna al vincolo; una sottile fascia di vincolo alla base della parete rocciosa.

La scrivente ha redatto nel 2017 la Relazione geologica con Studio di Compatibilità per il progetto definitivo "Residenza Universitaria Piedicastello"; il presente lavoro, oltre all'analisi dei dati pregressi, fa propri i risultati delle indagini condotte nel 2017, aggiornando il documento con riferimento alle NTC2018 e alla Carta di Sintesi della Pericolosità, in vigore su tutto il territorio provinciale dal 02 ottobre 2020.

La Compatibilità del progetto rispetto alle penalità evidenziate è in un apposito elaborato (Cap. 4) a seguire la relazione geologica.



Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinaria

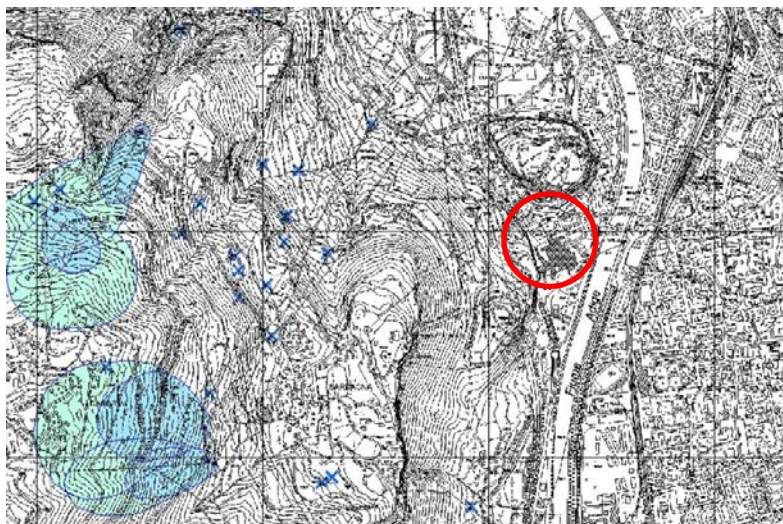
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17

altri tipi di penalità

	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18

tutele speciali

	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	



Carta delle Risorse Idriche

Altre Sorgenti del catasto

Aree di Salvaguardia

Tutela Assoluta

Sorgenti

	Sorgenti Minerali
	Acque Superficiali
	Pozzi
	Pozzi

Rispetto Idrogeologico

sorgenti

	Acque Superficiali
	Pozzi
	Pozzi

Protezione Idrogeologica

Sorgenti

	Acque Superficiali
	Pozzi
	Pozzi



	Esterno
	Interno

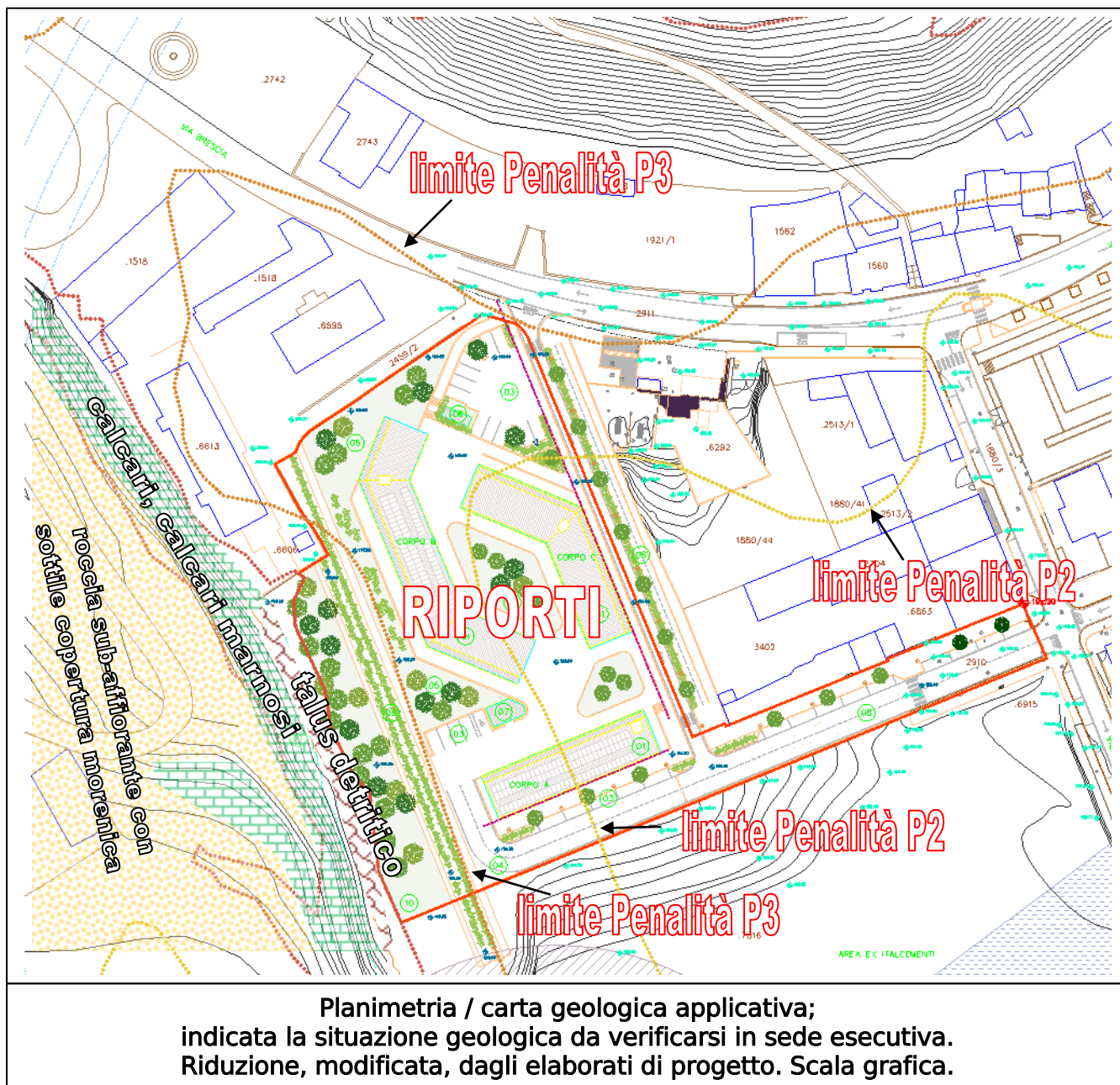
Inquadramento dell'area: in alto la Carta di Sintesi della Pericolosità del PUP; al centro la Carta delle Risorse Idriche del PUP; in basso la Mappa del Vincolo Idrogeologico.

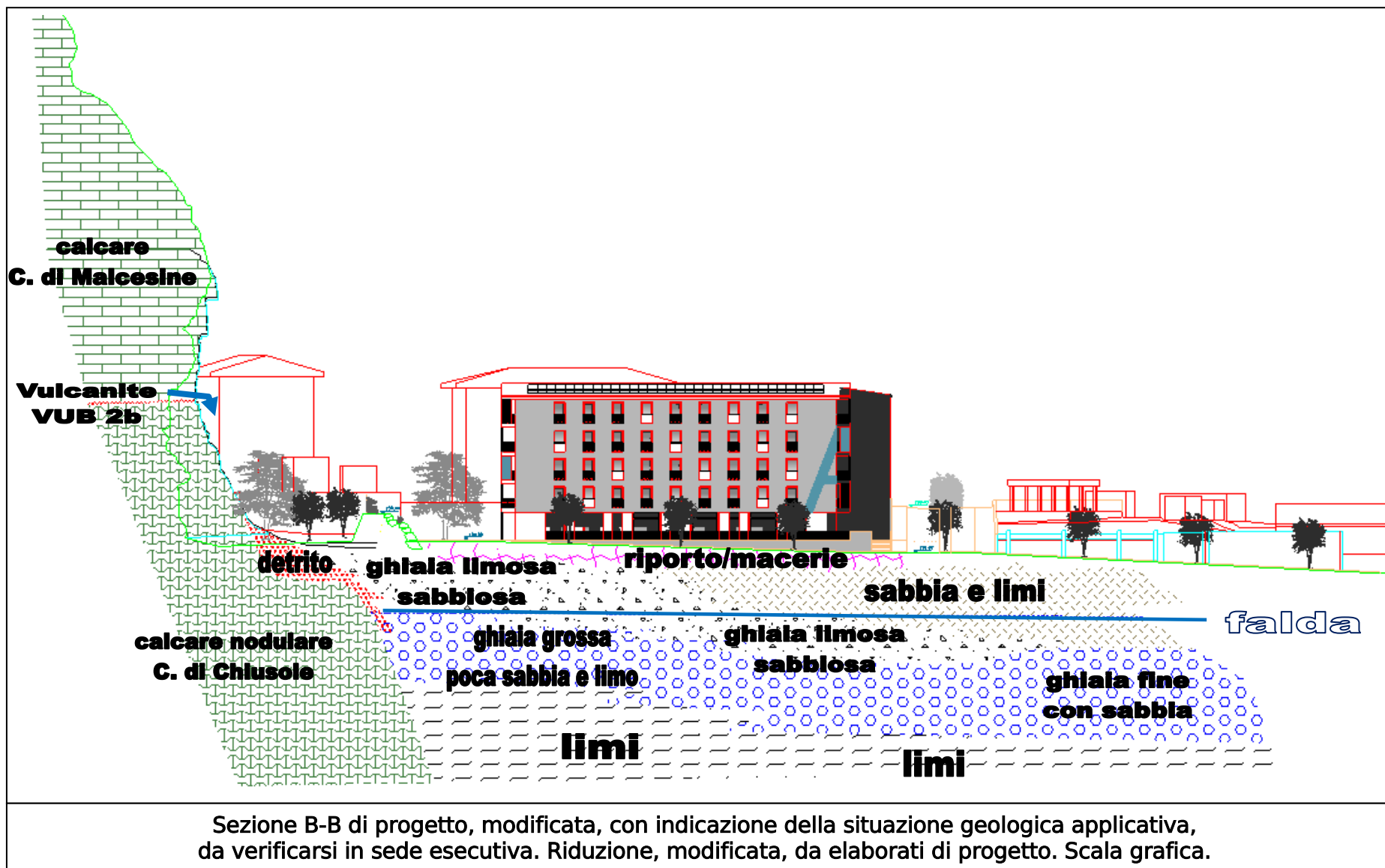


2. IL PROGETTO

Il progetto prevede l'urbanizzazione di un lotto di terreno (Comparto "C") dell'area ex - Italcementi di Trento, con destinazione d'uso relativa a Servizi e Studentato: per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati progettuali.

Le figure a seguire riportano planimetria e sezione con le opere in progetto, sulle quali sono riportati i dati geologici schematici, da verificarsi in sede esecutiva.







3. RELAZIONE GEOLOGICA

- Sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito, relativa al progetto "Area Destra Adige - Ex Italcementi - Piano di Lottizzazione del Comparto C".

3.1. Piano delle indagini geologiche, caratterizzazione e modellazione geologica

Per la fase progettuale attuale, date le tempistiche e le scelte della Committenza, non si sono potute eseguire le pur necessarie indagini geognostiche specifiche: pertanto si fa presente la necessità che tali indagini geognostiche (rilievi geofisici, carotaggi con prelievo di campioni e prove in foro, ecc.) siano eseguite prima della fase progettuale esecutiva, in modo da conoscere il modello geologico ed il modello geotecnico effettivi da utilizzarsi.

Questa conoscenza è indispensabile per evitare successivi potenziali problemi di scelte geotecniche che potrebbero risultare in importanti modifiche sia tecniche che ai costi delle opere.

Le indagini, perlopiù ambientali, condotte finora sull'area non hanno consentito la completa osservazione di tutto il terreno coinvolto e dunque permangono incertezze sulla eventuale presenza di disomogeneità nel sottosuolo. Si rimanda pertanto con esplicita prescrizione alla sede esecutiva la verifica della rispondenza fra le ipotesi contenute nel presente elaborato e la situazione geologica effettiva, raccomandando l'esecuzione di indagini di dettaglio sulla omogeneità del riporto e del suo stato di addensamento, (ad esempio tramite prove su piastra) e l'esecuzione di indagini dirette profonde in corrispondenza del sedime dei futuri edifici. Tali indagini, che vanno concordate con il progettista geotecnico che deve essere incaricato della relazione geotecnica, risultano necessarie a garantire che non vi siano situazioni sfavorevoli che potrebbero condizionare in modo significativo la buona riuscita degli interventi, quali disomogeneità superficiali (vuoti, zone non addensate, ecc.) e variazioni delle caratteristiche di resistenza superficiali ed in profondità.

La modellazione geologica è la "ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità del territorio". La circostanza che il sedime è composto da terreno di natura anisotropa (depositi quaternari alluvionali continentali con diverso grado di addensamento e presenza di materiali antropici e riporti), e che le indagini in questa fase non hanno permesso di investigare direttamente tutto il terreno coinvolto, implica che il livello di conoscenza acquisita non preclude l'esistenza di "eventuali incertezze nella ricostruzione geologica che possano risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto".

Indagini e studi pregressi

Per dati e indagini pregresse si fa esplicito richiamo a documenti che sono stati messi a disposizione dalla Committenza:

- AREA EX ITALCEMENTI - RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE ai sensi del D. Lgs. 152/06 - TOMO 1 - dott. geol. Luca Raffaelli - 12/2008.

- PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEI TERRENI ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 01/2013;

- RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo. - Fondazione Museo Civico di Rovereto 11/2016.

- REVISIONE DEL PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEI TERRENI ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 05/2017;

- RELAZIONE DI FINE LAVORI DI BONIFICA ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 09/2018.



- RILIEVO FINALE - PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA ai sensi del D. Lgs. 152/06
- Area ex-Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Consorzio Lavoro Ambiente e Cooperativa Lagorai - 09/2018.

Il presente documento fa propri anche i risultati delle indagini condotte da GeoAlp nel 2017, 2018 e 2019, su incarico di Patrimonio del Trentino S.p.A.:

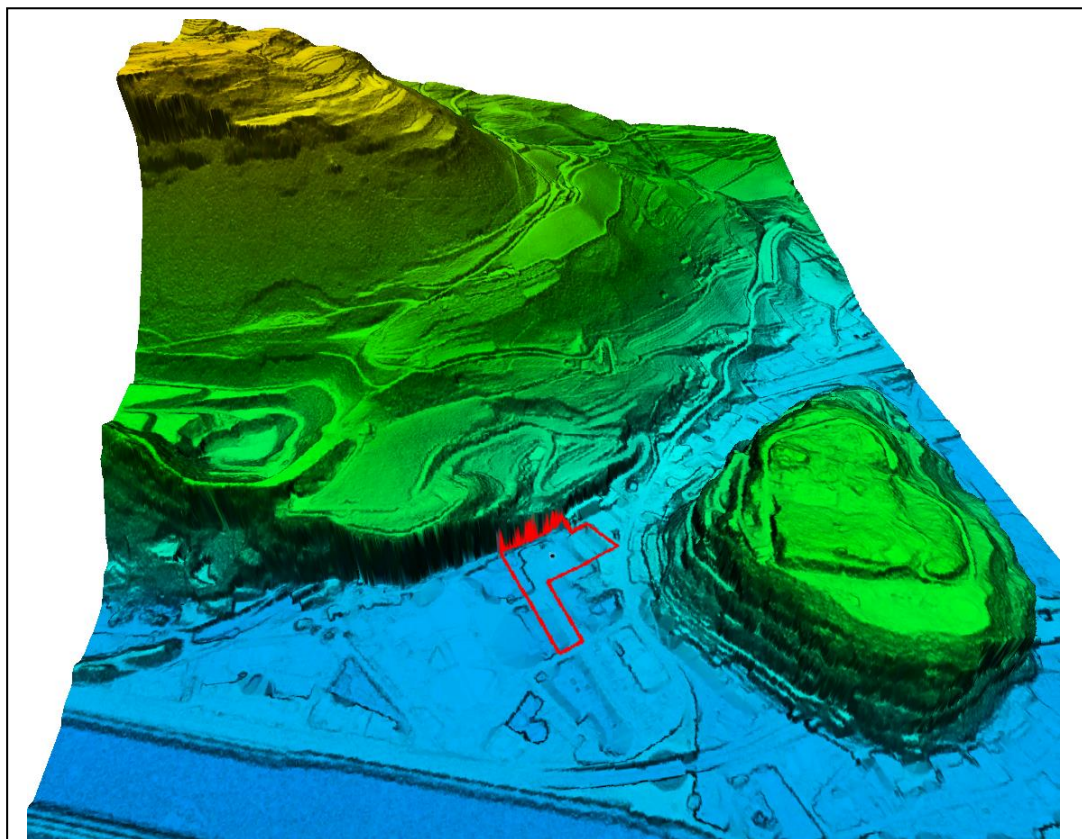
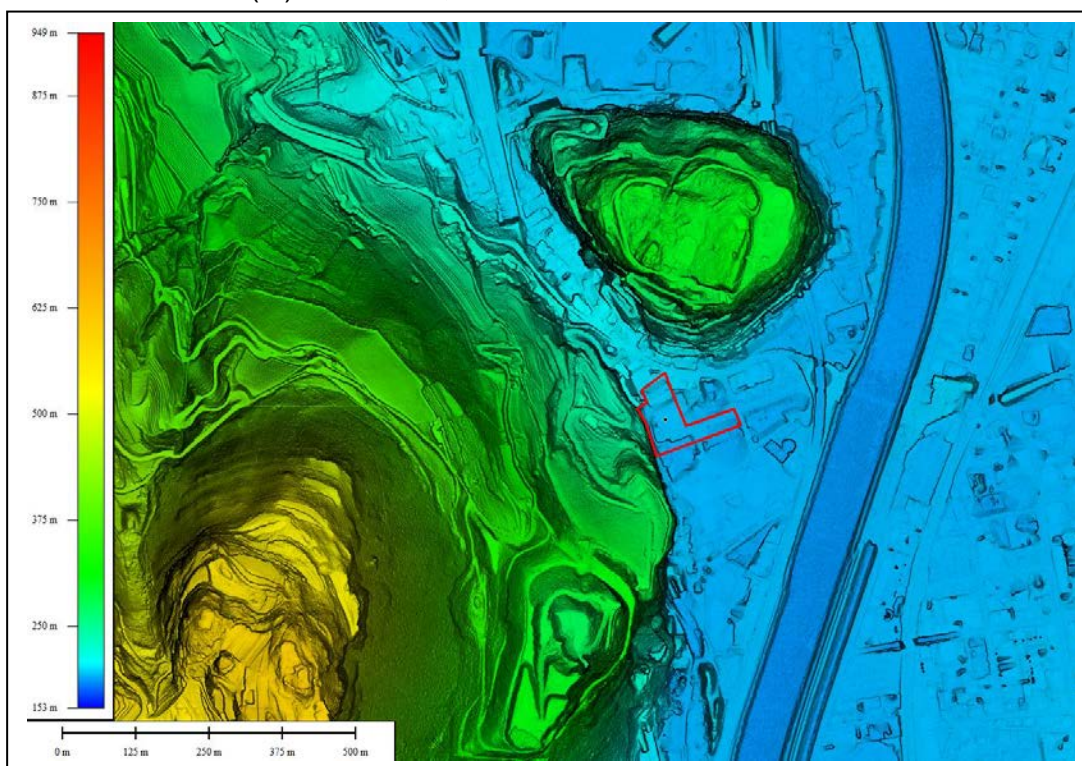
- "Relazione geologica e Studio di Compatibilità – Residenza Universitaria Piedicastello – Trento – pp.ed. 2206-4968-2744-6618 C.C. Trento" – geol. Franca Bazzanella – 2017;
- "Relazione geologica - Studio relativo alla pericolosità geologica dell'area ex-Italcementi a Trento, con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa" - dott. geol. Icilio Vigna – 2018": studio dedicato alla definizione della pericolosità geologica per crollo originata dalla presenza della parete rocciosa delimitante tutta l'area ex-Italcementi. Questo elaborato, a cui si rimanda per un'analisi di dettaglio, specifica e quantifica tale pericolosità.
- "Studio di Compatibilità - Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige - Piedicastello - Area ex-Italcementi e limitrofe in C.C. di Trento" - dott. geol. Icilio Vigna – 2019.

Stralci di tali elaborati con gli esiti delle indagini di carattere geognostico sono riportati a seguire come allegati (All.1, All.2, All.3, All.4, All.5): nella presente relazione si inseriscono alcune immagini particolarmente significative per ricostruire la situazione geologica del sito di interesse, rinviando agli originali per un'analisi di maggiore dettaglio. In All. 6 è il rilievo finale dell'area post-bonifica (2018).



3.2. Geomorfologia ed idrografia

L'area di interesse si trova alla quota di 193-195 m s.l.m., coordinate punto baricentrico UTM WGS 84 ZONE 32 N (m): X: 663217, Y: 5103981.



Assetto geomorfologico da rilievo Lidar 3D. Indicata l'area del Comparto C.



Il sito è sul fondovalle atesino, alla base di strapiombanti pareti di rocce eoceniche: in questo settore la storia geomorfologica è tormentata per via delle fasi di esarazione glaciale e successivi episodi di colmamento avvenuti in epoca würmiana (Last Glacial Maximum = 15.000 a b.p.).


Nel settore di Trento il ghiacciaio atesino arrivava a quote attorno a 1.600 m s.l.m. e presentava una trasfluenza verso la Valle dei Laghi (soglia di Lamar).


E' verosimile che durante questa fase si sia individuato un corso d'acqua che è riuscito a scavarsi un alveo a W del Doss Trento, passando quindi proprio per l'area di interesse e depositando delle alluvioni di elevata energia (ghiaie) prima di confluire verso la Valle dell'Adige.

Successivamente le alluvioni atesine, di bassa energia, hanno ricoperto la porzione orientale dell'area grazie ad una divagazione del Fiume Adige, che anticamente passava più a W rispetto all'alveo attuale: è evidente la presenza di un meandro abbandonato nella parte orientale dell'area in esame.


Come anticipato, l'area è delimitata da pareti strapiombanti ad W e confina a N con l'area del Doss Trento: la criticità geomorfologica riconosciuta è costituita dalla problematica della caduta massi, mentre dal punto di vista idrogeologico non si riconoscono criticità per problematiche di alluvionamento da parte del F. Adige, che scorre vicino al confine E e SE dell'area in esame.

Si riporta al riguardo la cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, **ISPRA** e dalle Regioni e Province Autonome: questo data-base mostra ubicazione e tipologia dei fenomeni geomorfologici noti; il sito risulta coinvolto da fenomeni censiti del tipo "crollo / ribaltamento".





Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia



Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Livelli informativi

visualizza metadati coord.

Regione: Trento

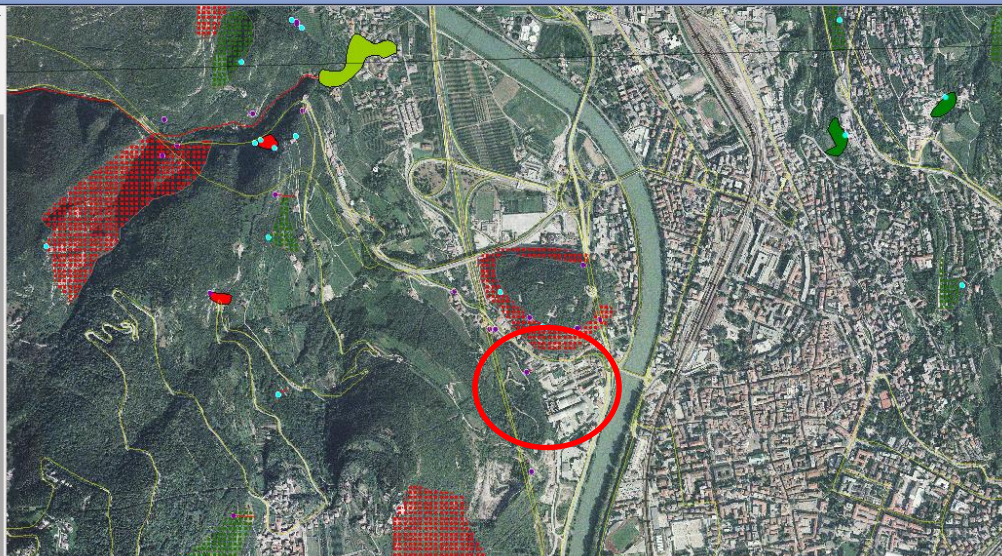
VETTORIALI

- Layer IFFI
- Punto Identificativo del Fenomeno Franoso (PIFF)
- Scheda frane di 1o Livello
- Scheda frane di 2o Livello
- Scheda frane di 3o Livello

Tipologia di frana

- Crollo / ribaltamento
- Scioglimento rotazionale / traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- n.d.
- DGPV
- Area soggette a crolli / ribaltamenti diffusi
- Area soggette a sprofondamenti diffusi
- Area soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari
- Layer base

Raster

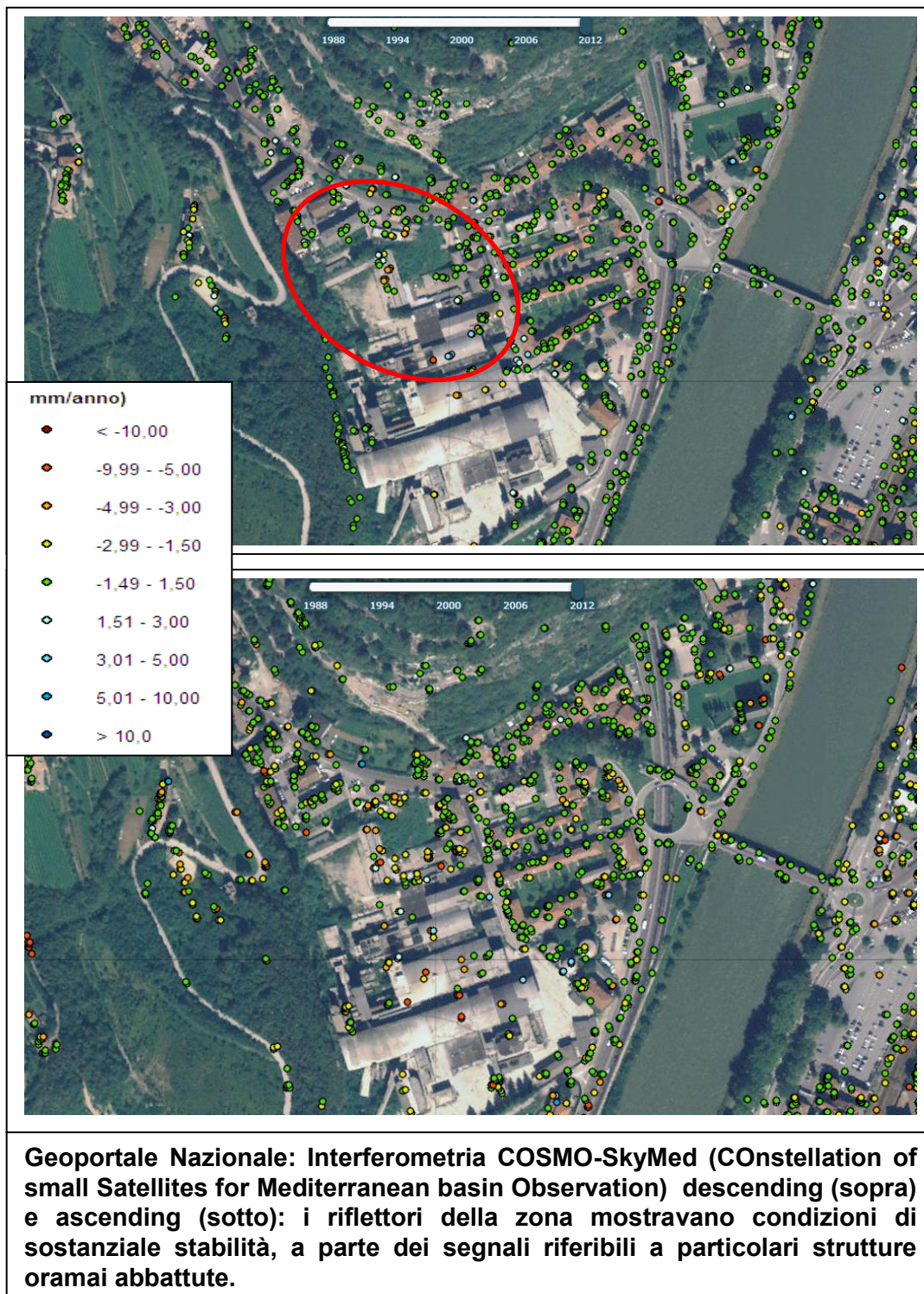


Frana 1														
IDFrana	Regione	Provincia	Comune	Autorita di Bacino	Tipo di movimento	Attività	Litologia	Uso del suolo	Metodo usato per la valutazione del movimento e dell'attività	Danno	Area della frana (m ²)	Data evento (gg/mm/aaaa)	Causa	Interventi
0220599500					Crollo/Ribaltamento	Stabilizzato	rocce carbonatiche		Rilevamento sul terreno, Dato storico/archivio	n.d.			gelifrazione o crioclastismo, materiale fratturato, materiale alterato	

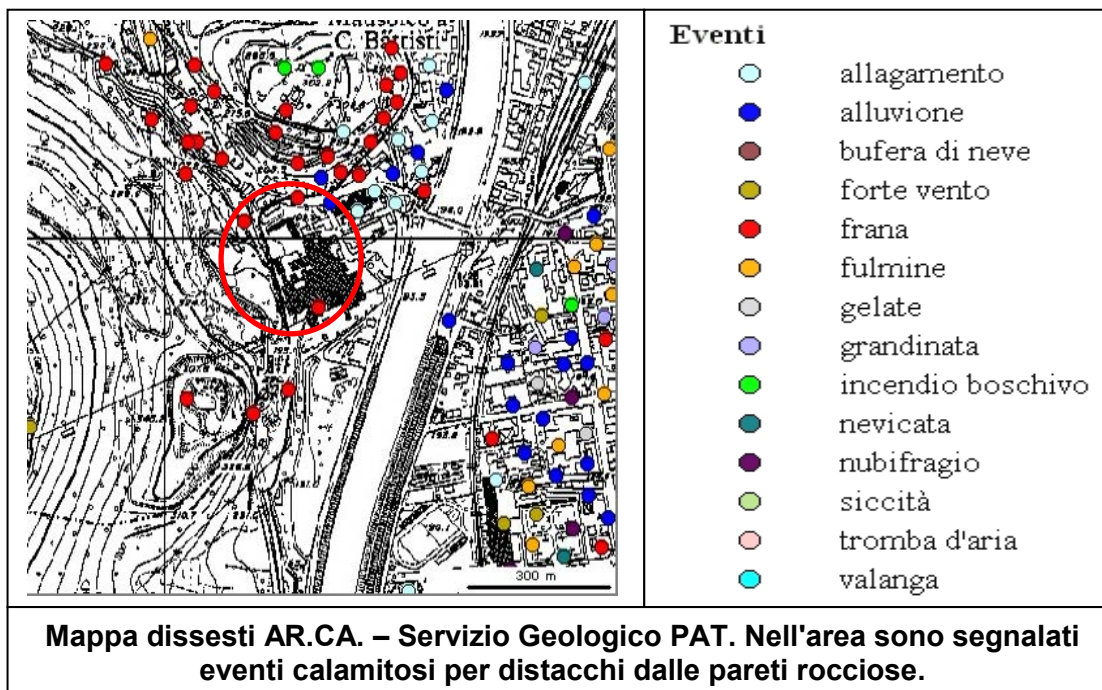
Mappa dissesti IFFI: il sito è interessato da dissesti censiti del tipo puntuale per crollo riferiti alla parete "Italcementi", ed anche a dissesti areali per crollo riferiti alla parete "Doss Trento".



Anche l'esame dell'interferometria satellitare **COSMO-SkyMed (CONstellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation)**, metodo che verifica i movimenti di elementi "riflettenti" posti a terra purchè si muovano entro determinati range di velocità, non indicava esistenza – sulle strutture Italcementi - di definiti movimenti gravitativi in situ: i simboli verdi significano sostanziale stabilità dell'elemento riflettente (spigolo edificio, muro, ecc.).



La Mappa dei dissesti **AR.CA.** (Archivio Calamità) del Servizio Geologico PAT segnala alcuni eventi calamitosi verificatisi per distacchi dalle pareti rocciose che delimitano l'area in esame. Altro dissesto segnalato nell'area più vasta è l'allagamento di uno scantinato, nel novembre del 2000, per risalita della falda nella zona di Via Verruca, subito a valle del sito.



La problematica della caduta massi nell'area in esame è trattata in dettaglio nel Capitolo 4 "Studio di Compatibilità".

3.3. Litologia

Nel 2018, nell'ambito del progetto di bonifica, tutta l'area ex-Italcementi è stata innalzata con un riporto costituito da aggregato riciclato certificato, interrompendo così il potenziale contatto con il terreno contaminato superficiale. Per quanto di specifico interesse, l'area bonificata del Comparto C è stata ricoperta, previo asporto di materiale inquinato e di serbatoi, con spessori di materiale di riporto da 1,2 m a 2 m. Attualmente l'area bonificata si presenta con andamento morfologico piuttosto regolare; sotto il materiale di riporto sono presenti a luoghi macerie e materiale metallico. Esistono invece ancora dislivelli con le zone confinanti di Via Verruca e Via Brescia.

In profondità i terreni naturali sono riconducibili a depositi detritici ed alluvionali: i detriti costituiscono un talus alla base della parete rocciosa, mentre i depositi alluvionali sono prevalentemente alluvioni ghiaiose verso la parete (ascrivibili a depositi di un lineamento idrico oramai scomparso che scorreva fra il Bondone ed il Doss Trento), mentre spostandosi verso la valle sono alluvioni via via più fini (ascrivibili ai depositi limosi atesini del fiume Adige).

Alla pagina seguente è uno stralcio della Carta Geologica da rilievo CARG: si riportano le descrizioni stratigrafiche da: "Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico – SEMINARIO INTERMEDIO PROGETTO DI CARTOGRAFIA GEOLOGICA (CARG) 43 MEZZOLOMBARDO 60 TRENTO 58 ADAMELLO 25 RABBI, TRENTO 29 maggio al 01 giugno, 2006, Fogli Trento e Mezzolombardo: Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi." a cura di Marco Avanzini.

CALCARE DI MALCESINE (MCE)

Calcari grigio nocciola e grigio scuro a grana fine passanti verso l'alto a calcareniti nummulitiche mal stratificate con struttura in prevalenza nodulare e con sporadiche intercalazioni di argille bentonitiche.

Limite inferiore graduale su CHI. Spessore 70m. EOCENE MEDIO



VULCANITI BASALTICHE DEL CICLO EOCENE INF. – EOCENE MEDIO

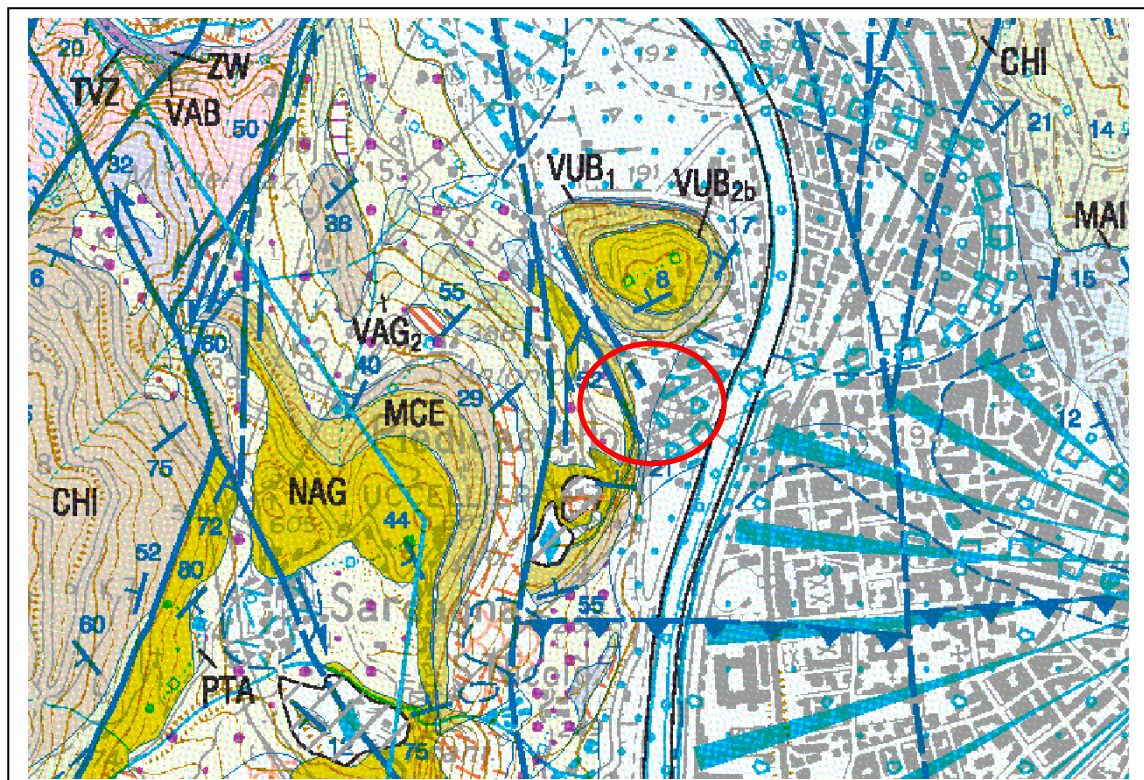
taloclastiti arenarie e brecciole con clasti di basalto vetroso e bolloso cementati da calcite spatica. Sono generalmente ben stratificate, cernite talora con qualche strato e banco gradato. Tufi e tufiti brecciole, sabbie e ceneri piroclastiche ben organizzate e cernite all'interno di strati e lamine spesso fossiliferi in bancate da centimetriche a metriche. Breccie di esplosione. Accumuli disorganizzati con sabbie, lapilli e brandelli lavici basaltici associati a proiettili (cm, dm) e rari blocchi metrici di rocce sedimentarie derivate dalla frammentazione esplosiva dei condotti alimentatori. Lave basaltiche prodotti di colata rappresentati da corpi massicci passanti a lave bollose e scoriacee e a breccie laviche di prodotti scoriacei.

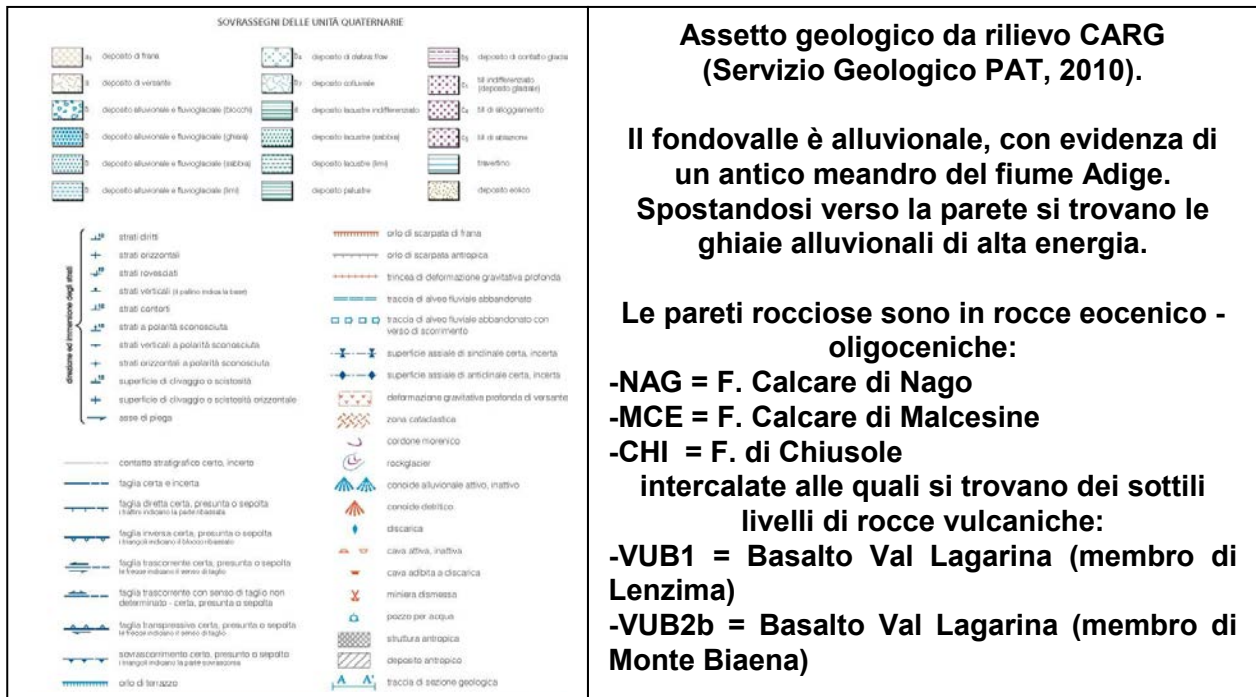
CALCARE DI NAGO (NAG)

Alternanze di calcari marnosi e marne scure laminate, di calcareniti micritiche grigie stratificate (10-30cm) e di calcari a rodoliti, coralli e briozoi in spesse bancate (3-10m) con sempre abbondanti nummuliti e discocycline. Limite inferiore graduale rapido su MCE. Spessore 100m. EOCENE MEDIO -EOCENE SUP.

CALCARE DI CHIUSOLE (CHI)

Calcari micritici lastriformi grigi o brunici, glauconitici, a radiolari e foraminiferi planctonici, con interstrati marnoso-argillosi, talora con selce e con calcitorbiditi nummulitiche. Sono distinguibili due litofacies parzialmente eteropiche: (a) calcari micritici in strati centimetrici con selce in noduli e liste, (b) calcari e calcareniti bioclastiche in strati decimetrici con intercalazioni di marne grigie di spessore variabile (Sopramante) che diminuiscono di frequenza verso l'alto dell'unità. Limite inferiore netto discordante su hardground di SAA e su VUB, paraconcordante su VAG2. Spessore 80-90m. EOCENE INF.





Aspetto geologico da rilievo CARG (Servizio Geologico PAT, 2010).

Il fondovalle è alluvionale, con evidenza di un antico meandro del fiume Adige. Spostandosi verso la parete si trovano le ghiaie alluvionali di alta energia.

Le pareti rocciose sono in rocce eocenico - oligoceniche:

- NAG = F. Calcarea di Nago
- MCE = F. Calcarea di Malcesine
- CHI = F. di Chiusole

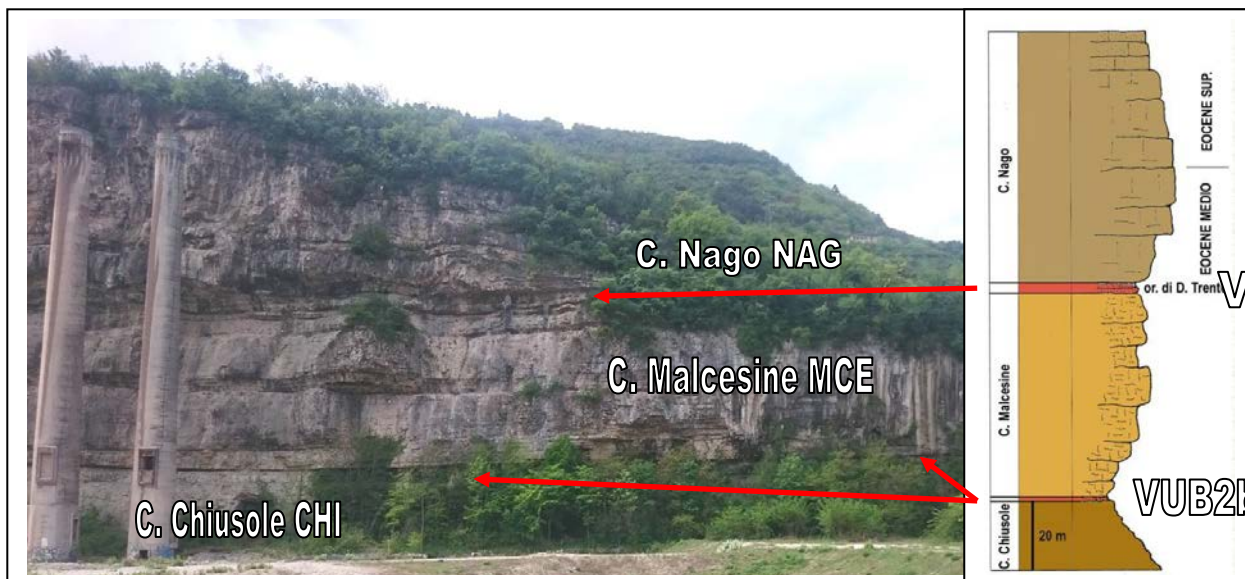
intercalate alle quali si trovano dei sottili livelli di rocce vulcaniche:

- VUB1 = Basalto Val Lagarina (membro di Lenzima)
- VUB2b = Basalto Val Lagarina (membro di Monte Biaena)

Nella parete retrostante il sito, che è essenzialmente formata da calcari e calcari marnosi ben stratificati, è particolarmente interessante notare la presenza dei livelli **VUB1** e **VUB2b = Basalto Val Lagarina (rispettivamente membro di Lenzima e di Monte Biaena).**

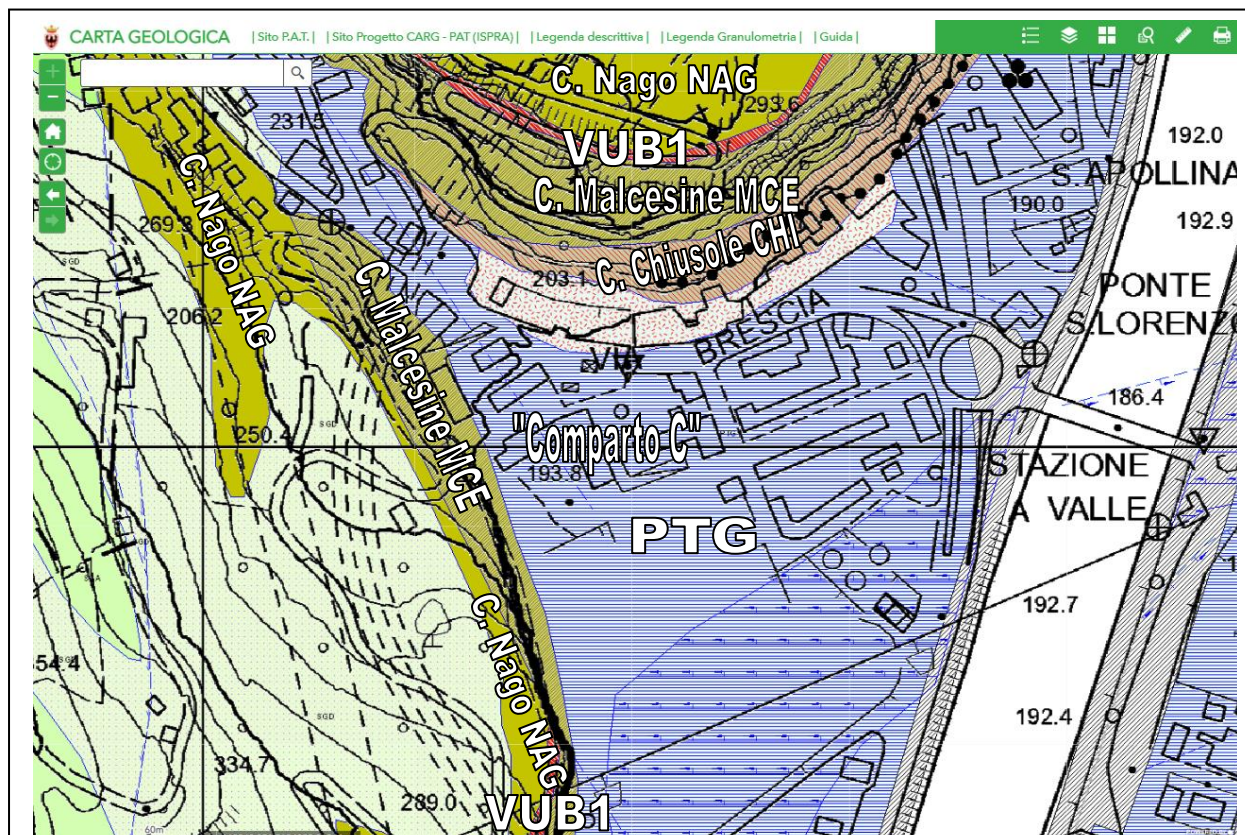
Si tratta, per VUB2b, di livelli tuffitici continui, con spessore di pochi centimetri, ma che rivestono un notevole valore idrogeologico, in quanto fungono da livello di base locale del carsismo: sopra tale livello la roccia calcarea presenta tipiche cavità carsiche, mentre sotto tale livello (non carsificabile) la roccia calcarea non presenta evidenze di tale tipologia. Il livello VUB1 è anch'esso non carsificabile, ma è più permeabile del sottostante VUB2b in quanto meno tuffitico argilloso e con presenza di lave e scorie, permeabili.

Interessante è anche notare che il terrazzo soprastante il sito si è impostato proprio in corrispondenza del livello VUB1: si ritiene che ciò sia accaduto per via della minor resistenza meccanica delle vulcaniti rispetto ai calcari: questi interstrati vulcanici rappresentano orizzonti di scivolamento preferenziali, lungo i quali è più facile che si scarichino le azioni meccaniche di scollamento ed erosive.



Panoramica della parete retrostante il sito e schema stratigrafico del Doss Trento, del tutto analogo (e limitrofo) alla parete di interesse. Da "SEMINARIO INTERMEDIO PROGETTO DI CARTOGRAFIA GEOLOGICA (CARG) 43 MEZZOLOMBARDO 60 TRENTO 58 ADAMELLO 25 RABBI, TRENTO 29 maggio al 01 giugno, 2006, Fogli Trento e Mezzolombardo: Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi." a cura di Marco Avanzini.

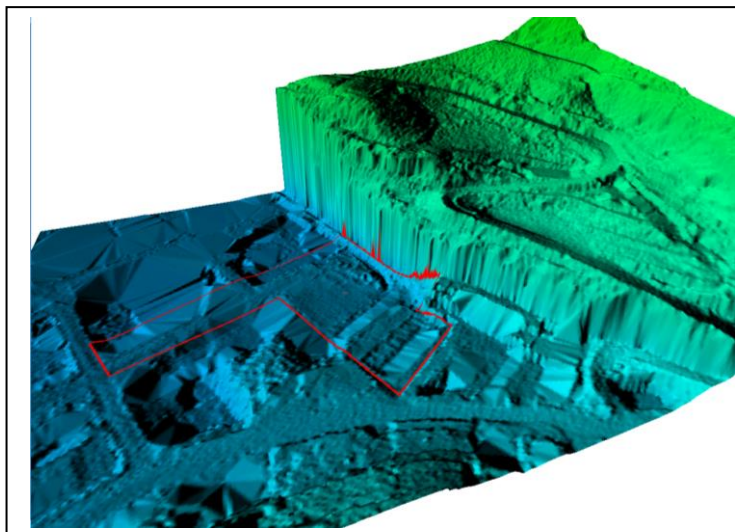
A seguire è riportato anche il rilievo geologico del Servizio Geologico PAT per la zona di interesse: tale elaborato conferma in sostanza quanto sopra indicato.



Stralcio carta geologica Servizio Geologico PAT: il sedime è indicato in alluvione (PTG - campionatura rigata blu); ora l'area Italcementi è ricoperta da riporto.



La parete rocciosa retrostante al sito

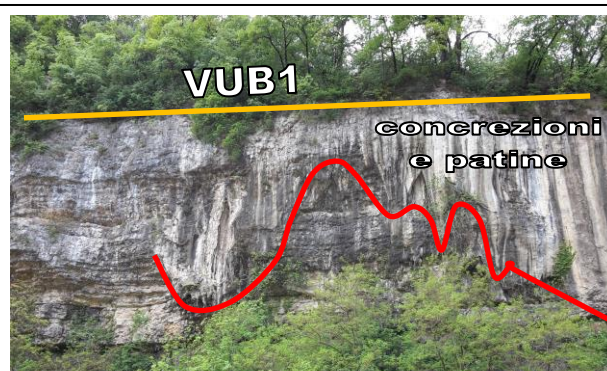


Dettaglio, da rilievo Lidar 3D, della zona della parete.

La parete cambia orientazione da N a S passando da 064/90 a 073/90 ed ha altezza crescente verso S, passando da 30 a 50 m ed oltre di altezza in corrispondenza dei limiti di intervento: la sommità della parete presenta alcuni terrazzamenti irregolari, sui quali si notano anche piccoli relitti di interventi antropici, quali muretti, basamenti, ecc.

Lo stato tensionale della parete varia anch'esso spostandosi verso S: nel settore N la parete appare compatta: si è scritto appare in quanto vi sono delle estese zone completamente ricoperta da concrezioni di deposizione carsica che impediscono la completa osservazione della roccia: in ogni caso ove osservabile la parete Nord è più compatta del settore Sud.

Sul settore S vi sono numerose tracce di giunti che suddividono la parete, isolando anche delle situazioni di instabilità: qui la roccia, che presenta inoltre una marcata nodularità diagenetica, è anche pervasivamente interessata da numerosi giunti a piccola scala.



Sinistra: la parte S della parete presenta un ammasso marcatamente nodulare e con numerosi giunti e situazioni di instabilità.

Destra: estese plaghe della parte N della parete sono ricoperte da concrezioni di calcite di deposizione carsica, sottostanti il livello VUB1.

Le principali discontinuità che interessano la parete sono costituite dai piani di stratificazione della roccia (SS): nella zona di interesse gli strati sono generalmente sub – orizzontali, con dolce ondulazione della giacitura fino a 260/12.

Nella parte settentrionale della parete è presente un giunto a basso angolo: 130-140 / 30-35 che si immerge sotto la parete in corrispondenza della zona centrale: si tratta di un giunto a grande scala, peraltro con una fascia cataclastica solamente decimetrica, la cui prosecuzione



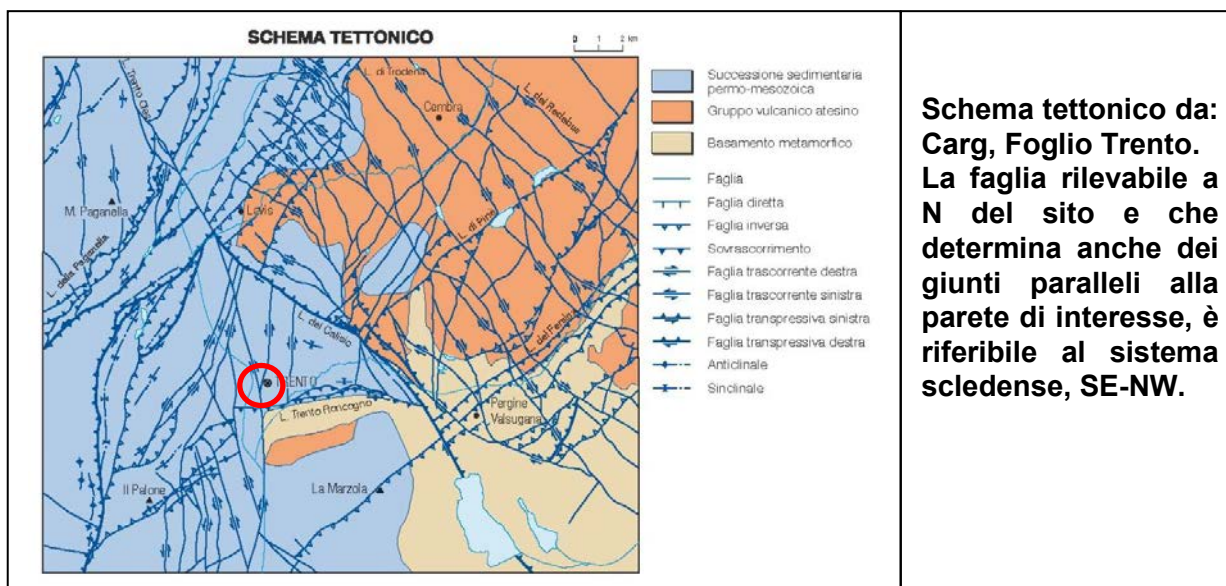
si può con facilità osservare anche sulle pareti del Doss Trento, mentre rimane meno distinguibile sulla prosecuzione della parete di interesse, anche perchè in parte coperta da un edificio e poi movimentata da un piano di faglia.

La faglia è di tipo transpressivo, riferibile per orientazione al sistema di svincolo scledense, mentre il giunto a basso angolo risulta del tutto compatibile con gli allineamenti dei sovrascorrimenti frontali che, nella zona di Trento - Pergine, vengono ripresi su faglie antiche (riattivate, spesso però invertendone il senso) e presentano direttrici giudicariensi.



Sinistra: sulla parete del Doss Trento risaltano, oltre ai piani di strato evidenziati dal livello vulcanico VUB1 (rosso), giunti di strato a basso angolo (bianco, 090/15) riferibili a quelli sulla parete di interesse.

Destra: parete di interesse a N del sito: decompressione della roccia lungo un piano di faglia (060/90).



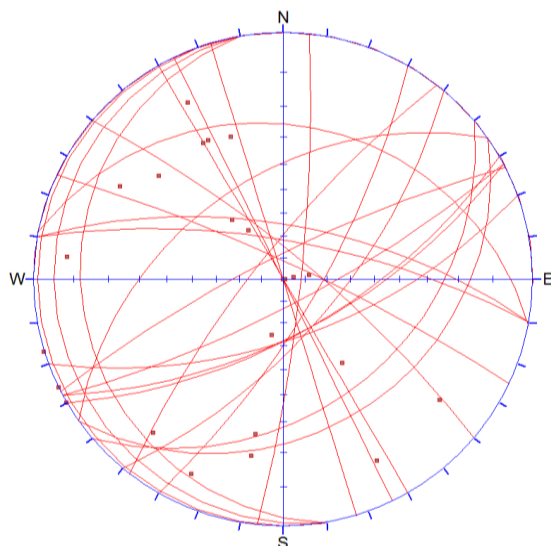
Tornando ai giunti a basso angolo ed elevata continuità (decametrica nel sito) ne sono stati osservati due principali: quello sulla parte S della parete (011/26) ed uno nella parte N della stessa (145/27).



Giunti a basso angolo rilevati alla base della parete: 011/26 e 145/27.



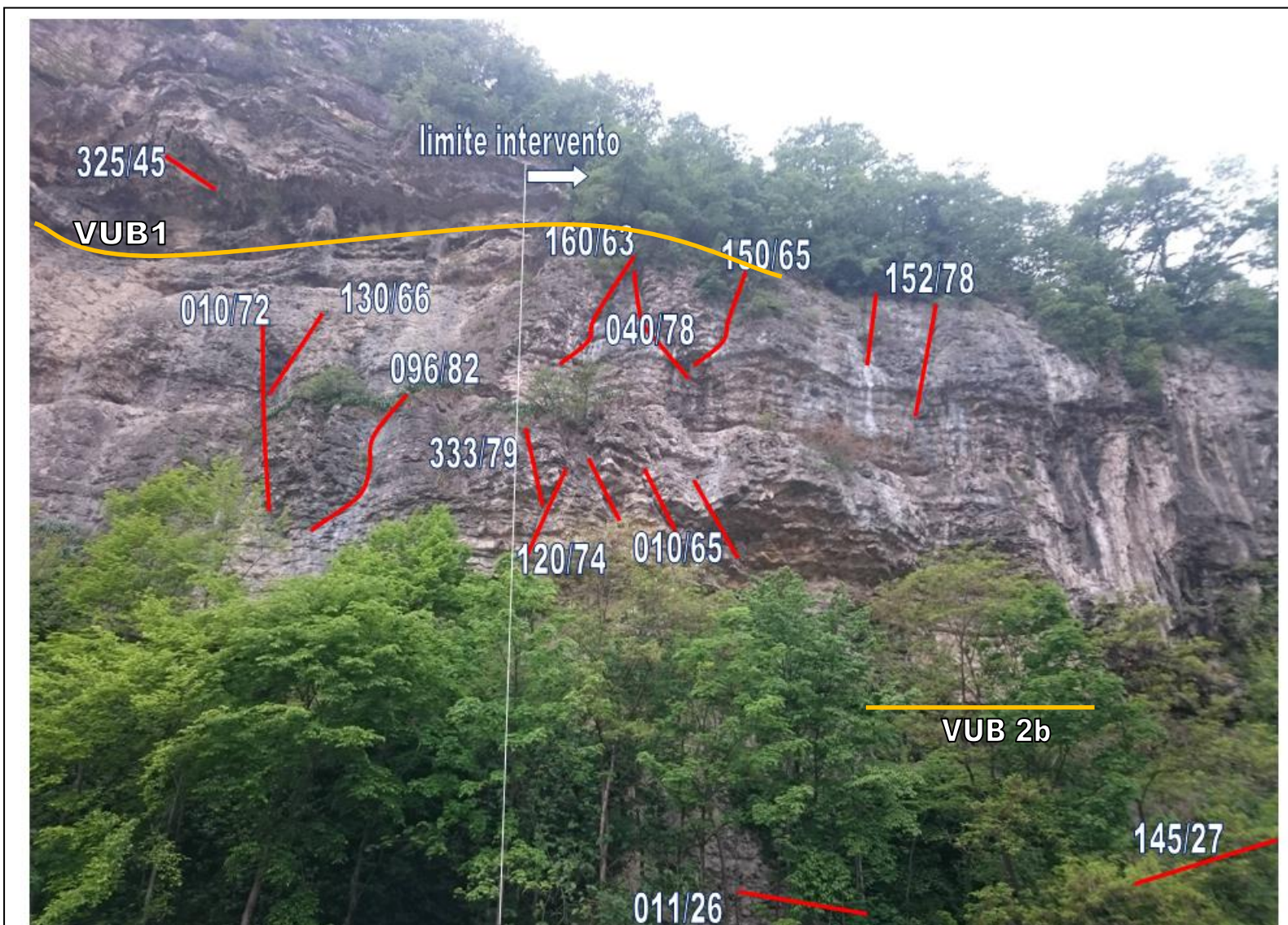
Evidente il diverso comportamento meccanico della roccia nei confronti dell'erosione: ove vi sono i livelli vulcanici argillitici e livelli sedimentari siltitici vi sono rientranze (roccia erosa), mentre i livelli calcarei sono più resistenti e formano gli aggetti.



Stereogramma (emisfero inferiore, reticolo di Schmidt, proiezione equiangolare) con i poli ed i cerchi massimi delle principali famiglie di giunti che intersecano l'ammasso.



A sinistra: frattura beante 035/82 sulla parete rivolta a Sud presente presso il terrazzamento sul limite settentrionale dell'intervento.
A destra: giunto beante 015/74 nella parte centro meridionale della parete.



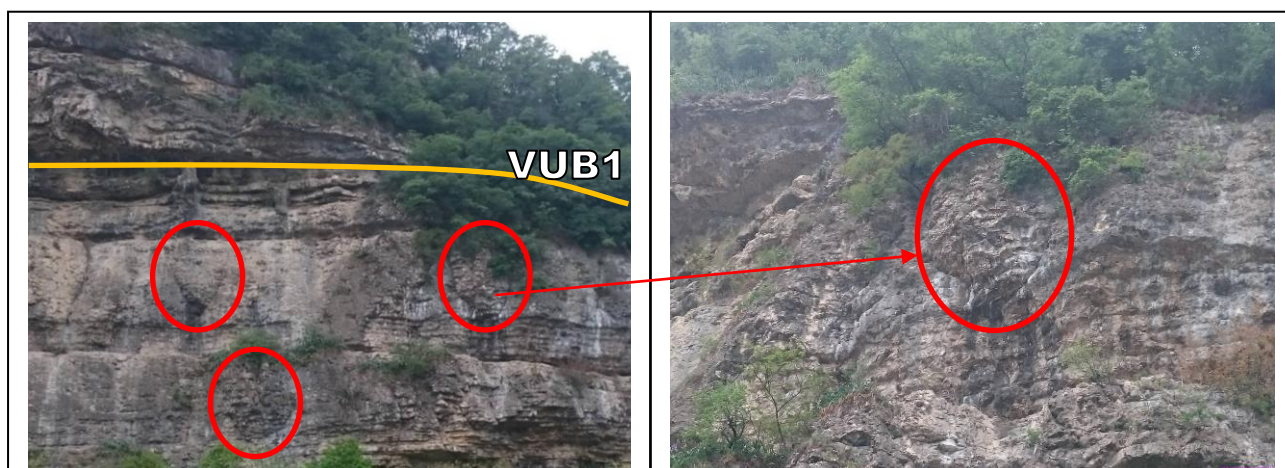
Visualizzazione delle principali discontinuità (giunti e fratture, con esclusione dei piani di strato SS) che suddividono la parete rocciosa retrostante il sito. Indicati giunti di strato dei litotipi VUB1 e VUB 2b.



Venendo agli aspetti applicativi, sulla parete e specialmente nella zona di passaggio sommitale verso i terrazzi superiori, si sono riconosciute delle situazioni di potenziale instabilità.



Situazioni di instabilità presenti nella parte di raccordo della parete con i primi terrazzamenti superiori. Il diedro a destra, di volume attorno a 0,4 m³, è isolato dalle discontinuità 152/65 e 308/77.



Le più evidenti situazioni di instabilità, oltre agli aggetti, presenti nella parete.

Nella parte bassa della parete si possono apprezzare delle evidenze dell'intervento antropico: oltre alle gallerie presenti nella zona delle ciminiere, in corrispondenza del sito si nota come la parete presenta superfici più "fresche", vi sono chiodature ed evidenze delle esplosioni utilizzate per demolire l'ammasso.

La roccia in queste zone scavate con l'esplosivo presenta fenomeni di fratturazione e decompressione, sicuramente favoriti anche dalle preesistenti fratture di origine naturale.



A sinistra si notano delle barre metalliche infisse nella parete ed anche i segni della perforazione di carica dell'esplosivo utilizzato per rimodellare la parete. A destra si nota una delle fratture beanti (025/82) apertesi nella zona di scavo per decompressione della roccia.

Molto interessante è poi l'osservazione dei crolli già avvenuti, di cui uno, a giudicare dalle evidenze, in tempi relativamente recenti e che ha coinvolto volumi di roccia inferiori a 0,5 m³, con singoli frammenti integri pluridecimetrici.



In alto: evidenza di un crollo recente, avvenuto poco a S del limite di intervento.

A lato: evidenza di un altro crollo recente (la scortecciatura dell'arbusto è molto fresca) ubicato nella parte centrale della base della parete.



Tutti i crolli presenti al piede della parete mostrano frammenti di dimensioni non superiori a 0.1 m³: questo deriva non tanto dalla circostanza che i frammenti staccatisi dalla parete fossero di tali dimensioni, quanto dal fatto che la roccia è predisposta alla frantumazione per la presenza dei numerosi piani di stratificazione, della nodularità diagenetica di molti strati e per la pervasiva fratturazione della roccia stessa.

Tutti i crolli hanno quindi comportato la fratturazione della roccia in frammenti di dimensioni ridotte rispetto alle dimensioni originarie delle porzioni rocciose staccatesi dalla parete.

I terreni sciolti di copertura

Riferendosi ora ai terreni sciolti naturali, di età quaternaria, nel sito si possono osservare, alla base della parete rocciosa, i massi crollati dalla parete stessa, che formano un talus detritico.



Talus detritico al piede della parete rocciosa.

Si tratta di massi con dimensione degli spigoli pluridecimetrica (Max. 50 cm) e forma prismatica a tre assi, con spigoli vivi: la natura dei massi rispecchia quella della parete: calcari e calcari marnosi.

Tutta l'area pianeggiante è ricoperta da importanti spessori di macerie, anche superiori a 3,5 m: vi è una notevole mole di dati contenuta negli studi pregressi che conferma tale indicazione.

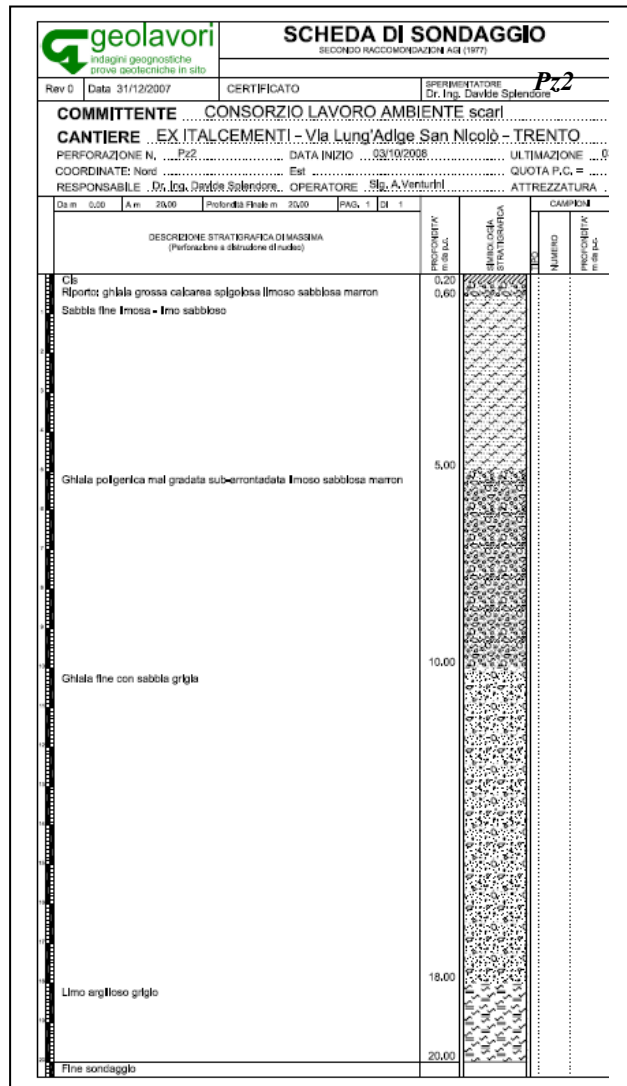
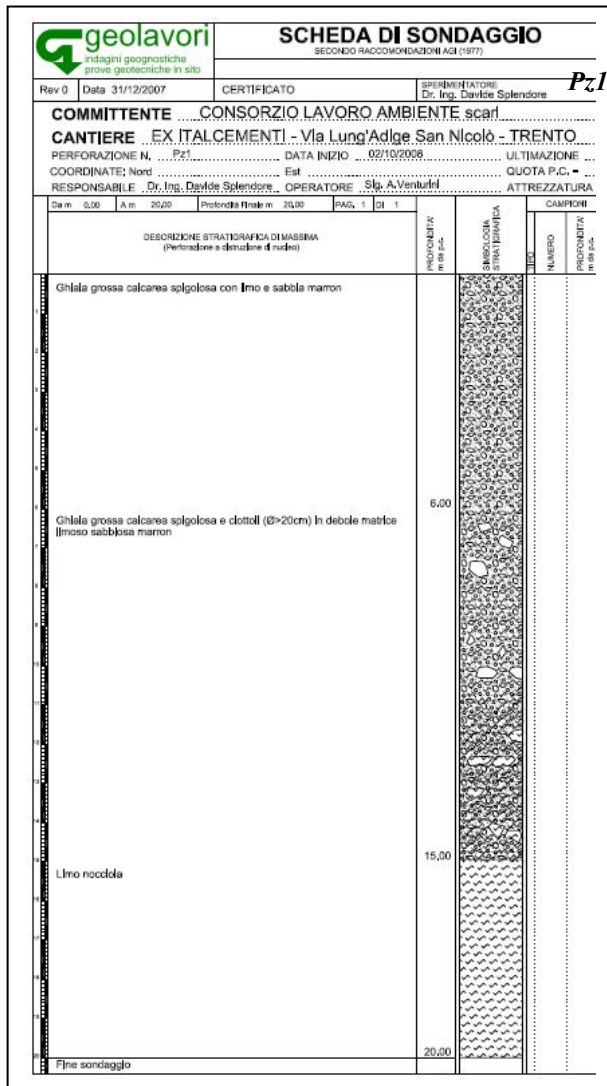
Le indicazioni riportate descrivono che sotto a tali macerie i terreni naturali sono composti da un materasso di depositi alluvionali: si passa da depositi ghiaiosi verso la parete rocciosa a depositi sabbio – limosi spostandosi verso il centro della valle.

Si riporta a seguire la stratigrafia dei piezometri Pz1 e Pz2, spinti fino alla profondità di 20 m da p.c., ubicati rispettivamente nella zona centrale e allo spigolo SE dell'area di futuro intervento, perforati nell'ambito del Piano di Caratterizzazione (dicembre 2008).

Si tratta di una descrizione stratigrafica di massima in quanto la perforazione è avvenuta a distruzione di nucleo. Si evidenzia comunque la variabilità stratigrafica laterale: si passa dal Pz1, dove prevalgono i sedimenti grossolani fino a 15 m da p.c., verso il Pz2, posto ad Est, dove sono presenti sedimenti fini (sabbia fine-limosa e limo sabbioso) già nei primi 5 metri di profondità.

Le stratigrafie indicano che verso la parete rocciosa i clasti delle ghiaie sono spigolosi, mentre sono subarrotondati quelli delle ghiaie presenti verso il centro della valle.

Per motivare questa circostanza si conferma che il contributo deposizionale verso la parete va ascritto ad apporti di corsi d'acqua locali e che hanno in parte rimaneggiato i finitimi terreni detritici, mentre verso il centro della valle gli apporti provengono da corsi d'acqua con un bacino più esteso.

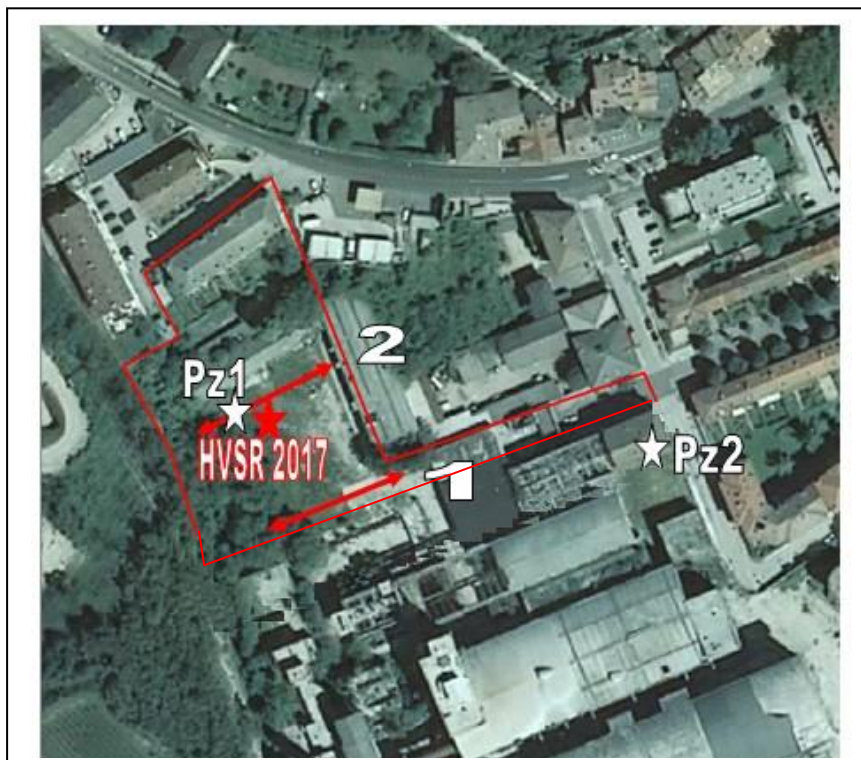


Stratigrafia dei piezometri Pz1 e Pz2 (Piano di Caratterizzazione - 2008).

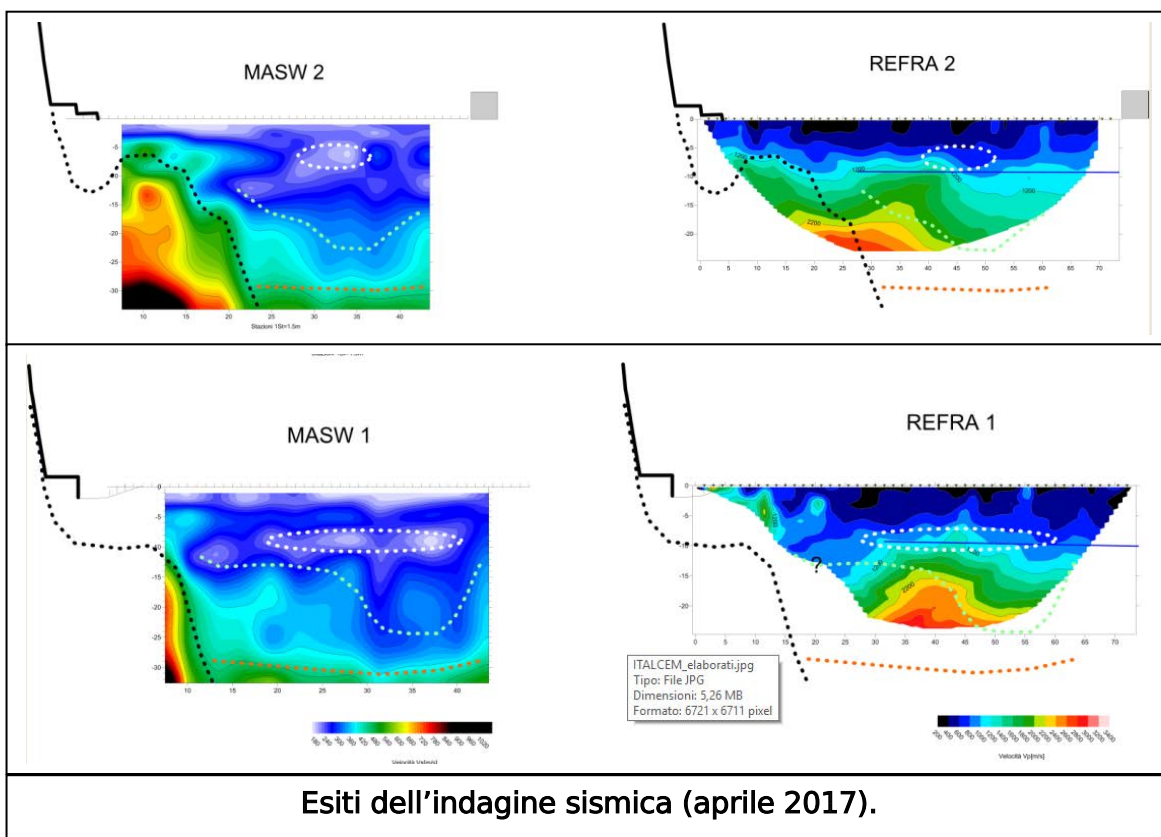
Per la stesura della relazione geologica del 2017 si era voluto indagare direttamente l'assetto stratigrafico locale: considerato lo stato di "sito inquinato" ed in accordo con la Committenza, non fu possibile effettuare carotaggi, ma solo indagini geofisiche sismiche MASW, rifrazione e HVSR, i cui esiti sono contenuti nell'Allegato 4.

Si ricorda che per la fase progettuale attuale, date le tempistiche e le scelte della Committenza, non si sono potute eseguire le pur necessarie indagini geognostiche: pertanto nuovamente si fa presente la necessità che tali indagini geognostiche (rilievi geofisici, carotaggi con prelievo di campioni e prove in foro, ecc.) siano eseguite prima della fase progettuale esecutiva, in modo di conoscere il modello geologico ed il modello geotecnico effettivi da utilizzarsi.

Questa conoscenza è indispensabile per evitare successivi potenziali problemi di scelte geotecniche che potrebbero risultare in importanti modifiche tecniche ed ai costi delle opere.



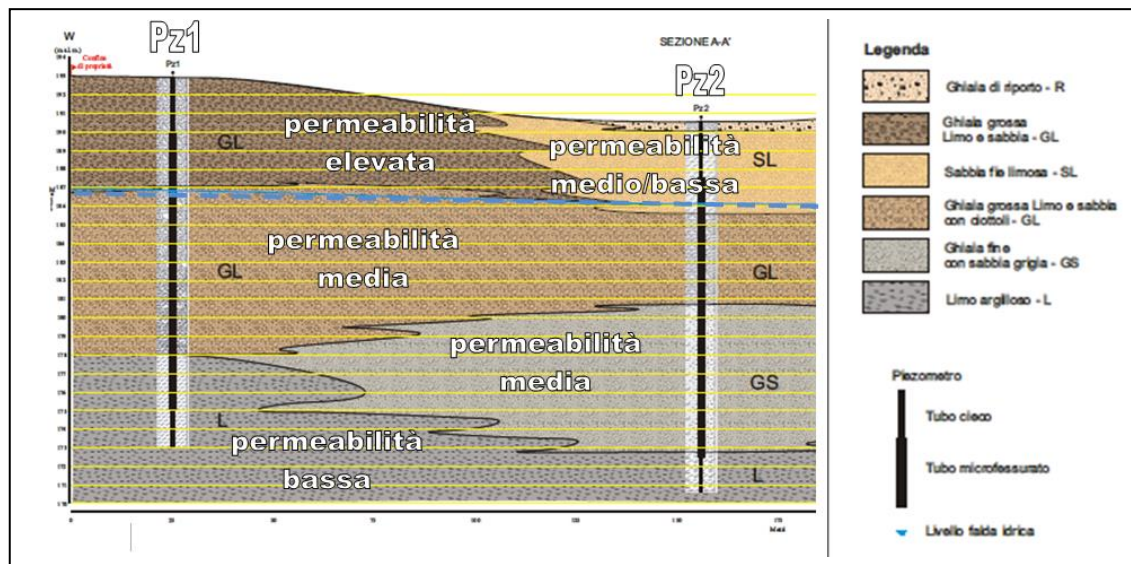
Ubicazione delle indagini geofisiche 2017 (stendimenti MASW 1, 2 e HVSr) e dei piezometri Pz1 e Pz2 (2008) su foto aerea con lo stabilimento Italcementi, per riferimento con le vecchie strutture.



Esiti dell'indagine sismica (aprile 2017).



Gli esiti dell'indagine evidenziano come la parete rocciosa presenti uno scalino sepolto e come, spostandosi dalla parete verso il centro della valle, si passi da un ambiente "veloce" (ghiaioso) verso un ambiente "lento" (limoso), e ciò in accordo con i dati pregressi: si riporta qui uno stralcio della sezione idrogeologica di uno degli studi precedenti che sintetizza la situazione stratigrafica del sito.



Stralcio, modificato, della "Tavola 2: Sezione idrogeologica." "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli - Gennaio 2013".

A conclusione della presentazione del modello geologico del sito, si cita come, circa 2,5 Km a valle del sito, sia stato eseguito un sondaggio, profondo 423 m che non ha intercettato la base della valle dell'Adige, trovando notevolissimi spessori di limi, limi argillosi ed altri depositi a grana fine con sporadiche lenti ghiaiose. Quanto riportato è per ricordare che l'ambiente deposizionale continentale di riferimento del sito presenta eterogeneità che vanno indagate al fine di garantire che non vi siano ripercussioni sulle tematiche applicative del tipo fondazionale.

Per quanto riguarda i terreni sciolti posti sul terrazzo a monte della parete rocciosa vi sono evidenze, sia geomorfologiche che sedimentarie, che permettono di ascrivere tali terreni a depositi glaciali.



I terreni sciolti del terrazzo soprastante la parete sono di natura morenica. Si tratta di diamicton massivi con ciottoli di litologie anche esotiche, ben arrotondati e clasto dispersi nella matrice limosa, solitamente ben addensata e/o sovraconsolidata (morena di fondo).

Qui ripreso un esotico porfirico a contatto con il substrato roccioso, proprio nella zona sommitale della parete che sovrasta il sito.



3.4. Idrogeologia - vincolo idrogeologico

Vanno nettamente distinti due comparti idrogeologici: la parete rocciosa ed i terreni sciolti di fondovalle, a loro volta distinguibili in terreni antropici (macerie sotto e sopra riporti) e naturali (detrito e alluvioni).

La parete rocciosa è dotata di settori a diversa permeabilità, sia in senso verticale che in pianta: in ogni caso si tratta di una permeabilità di tipo secondario, per fratturazione e per carsismo, essendo quella primaria, per porosità, praticamente assente.

Per quanto riguarda la variazione di permeabilità in senso verticale, si richiama la presenza delle cavità carsiche e delle concrezioni di accrescimento che interessano la parte superiore della parete. Le evidenze della circolazione carsica si arrestano in corrispondenza del citato livello di tufiti VUB-2b: dalle sorgenti filtrano moderate venute, e non risulta che si attivino in modo significativo nemmeno in occasione di intense precipitazioni (sorgenti fossili).



La linea rossa a tratteggio indica la zona con le principali concrezioni carsiche (patine, veli). Il cerchio blu indica la posizione di sorgenti carsiche, fossili in quanto non si riattivano nemmeno in occasione di piogge intense.

La linea gialla indica il livello VUB-2b, impermeabile e livello di base locale del carsismo. A sinistra è evidenziato un dettaglio delle cavità delle sorgenti.



Ripresa dal basso della parete.

E' evidente come, a partire dal livello VUB-2b, si abbia l'emersione di filtrazioni idriche, costrette a venir a giorno per la presenza di questo limite di permeabilità.

Scorrendo verso la base della parete tali filtrazioni depositano moderate patine di travertino.

Esistono però delle fratture che intersecano l'intero spessore della parete e lungo le quali è possibile verificare la sporadica presenza di circolazione idrica.



Frattura a basso angolo (dip dir. / dip imm. = 145/27 che interseca la parete rocciosa e lungo la quale vi sono evidenze di una moderata e localizzata circolazione idrica (indicata dalla freccia).

I terreni di copertura di fondovalle sono caratterizzati da una sviluppata porosità; la permeabilità (di tipo primario, o per porosità) assume valori diversi in relazione alla percentuale di materiale fine rispetto a quella del materiale grossolano.

Lo strato delle macerie poi ricoperto dal riporto presenta, come il riporto stesso, un elevato indice dei vuoti, per cui ad esso si ascrive un'elevata permeabilità; tuttavia possono ancora essere presenti, sepolte sotto alle macerie ed al riporto, delle solette in cls., dei relitti di cavidotti ed altre strutture sepolte, anche fino a 6 m in corrispondenza di ex cisterne interrato che – queste ultime – sono state asportate in concomitanza dei lavori di bonifica.

Questi elementi sepolti interrompono la continuità, anche idraulica, di questo orizzonte, conferendo ad esso delle vie preferenziali di scorrimento rispetto ad altre zone da ritenersi impermeabilizzate.



Prima della bonifica era evidente la presenza di solette in cls che sottendevano gli accumuli di macerie, entro alle quali vi sono ancora vuoti e cavidotti che determinano potenziali vie di filtrazione preferenziale.

I sottostanti depositi naturali sono dotati di un grado di permeabilità variabile in funzione dei diversi litotipi: la permeabilità varia quindi non solo in senso orizzontale, ma anche in senso verticale, come desumibile dalla sezione idrogeologica sopra riportata.

Si passa così da una permeabilità molto elevata attribuibile al talus detritico alla base delle pareti, verso litotipi via via meno permeabili spostandosi verso il centro della valle ed in profondità, dove sono presenti i depositi alluvionali limosi atesini.

Si passa pertanto da una zona perimetrale con acquifero freatico verso la zona centrale, dove l'acquifero diviene più complesso e multistrato (aquitard e aquiclude), con limiti di permeabilità ad andamento variabile ed in grado di determinare la presenza di falde semiconfinato, anche in pressione.



L'andamento della falda nella zona di interesse vede un alto idrogeologico di alimentazione verso la sella fra Bondone e Doss Trento, zona in cui vi è evidentemente sversamento degli acquiferi carsici oltre all'alimentazione delle filtrazioni che scorrono entro alle incisioni del terrazzo morenico, sostenute anche dal contatto erosivo con il substrato roccioso: a seguire la carta con l'andamento della falda nella zona di interesse.

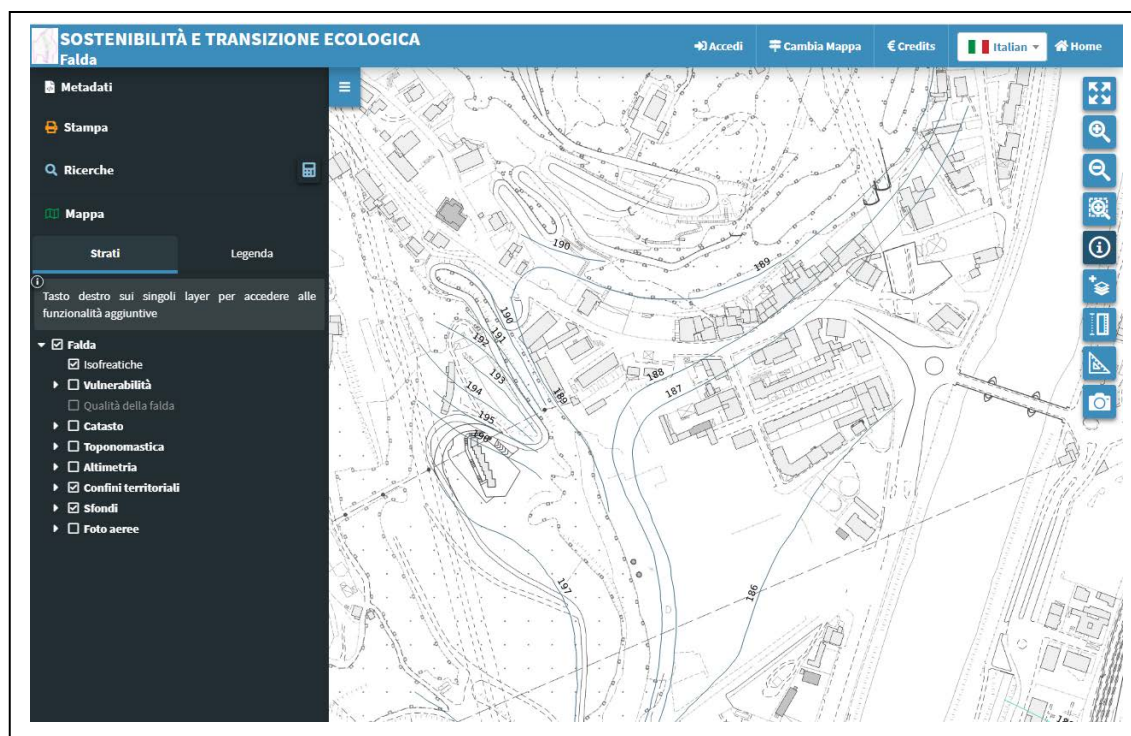
In occasione dei sopralluoghi effettuati nell'aprile 2017, dei piezometri e carotaggi eseguiti nel sito risultava accessibile il solo Pz1, entro al quale si è misurato in data 14/04/2017 il livello dell'acqua a 8.72 m da bocca tubo piezometrico: la quota assoluta della bocca tubo è di = 197.789 m s.l.m., risultando quindi un livello di falda assoluto pari a: quota falda = 189.619 m s.l.m., valore del tutto compatibile con le misurazioni riportate nei lavori pregressi.

La relazione di fine lavori di bonifica del 2018 riporta le misurazioni della falda, ante e post bonifica, nei 4 piezometri presenti su tutta l'area ex-Italcementi (uno dei quali ripristinato per l'occasione).

Piezometro	Feb 2018 (ante bonifica) m da p.c.	Mag. 2018 (post bonifica) m da p.c.
PZ1	8.35	7.87
PZ 2	4.78	4.58
PZ 3	5.84	4.32
PZ 4	6.95	5.35

Di interesse è anche riportare come, nel lavoro della Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA del Novembre 2016, si dica che *“il livello di falda – misurato nei primi giorni dell’ottobre 2008 - varia rispettivamente da -8.47 m dal p.c., a -5,84 m dal p.c., e a -5,29 m dal p.c., che significa che la falda ai primi di ottobre si attestava tra le quote assolute (ottenute usando come quota del p.c. dei piezometri quella riportata nella relativa relazione di indagine 2008) di 189.45 m s.l.m. (pz1) e 189.93 m s.l.m. (pz2).”*

Circa la disposizione del tetto della falda (direzione di deflusso), al netto delle oscillazioni di livello, ma riferendosi all'andamento delle isopieze, si riporta inizialmente la mappa presente sul sito del Comune di Trento:





Questo andamento presenta alcune criticità, quali l'indicazione delle isolinee anche sotto alla parete "Italcementi".

Appare comunque di maggior interesse far riferimento allo schema idrogeologico del 2014 (dalla Relazione di fine bonifica), avente più punti di monitoraggio accessibili, e che è sotto riportata.

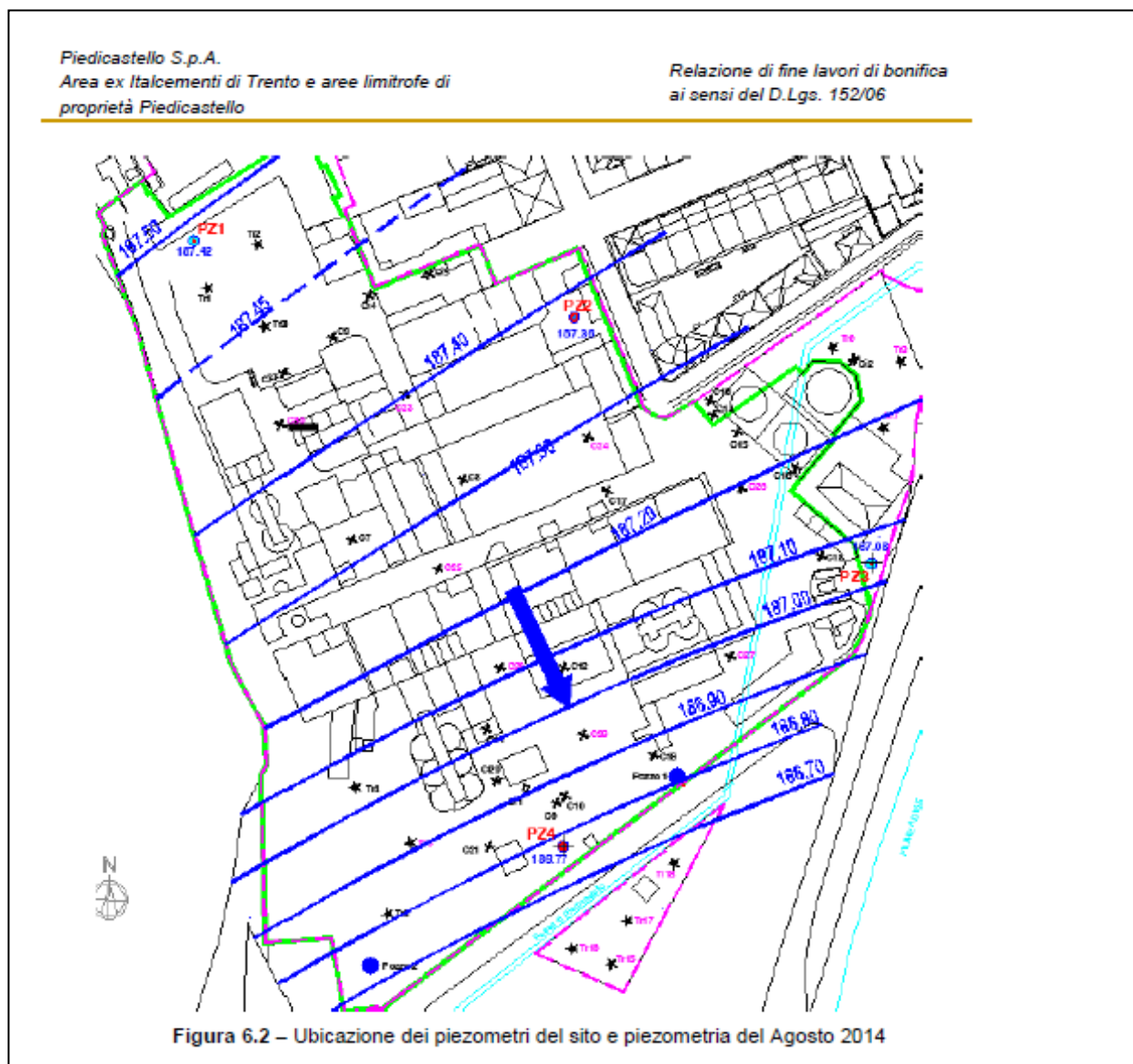


Figura 6.2 – Ubicazione dei piezometri del sito e piezometria del Agosto 2014

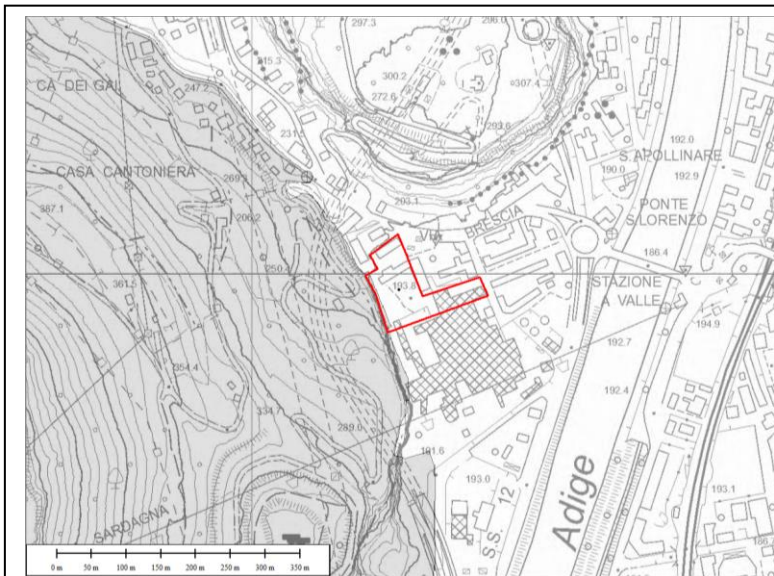
Circa il coefficiente di conducibilità idraulica (permeabilità) delle alluvioni si dispone delle indagini eseguite nei fori delle perforazioni dei piezometri, entro le quali sono state eseguite prove di tipo Lefranc.

I dettagli di tali prove sono nell'Allegato 1; per i terreni ghiaiosi presenti in corrispondenza del Pz1, che è in posizione centrale rispetto ai futuri edifici, si è misurata una permeabilità dell'ordine di $1,02 \cdot 10^{-5}$ m/sec, definibile come media, relativamente bassa per una ghiaia, ma qui derivante dalla presenza di matrice fine.

Analoga prova eseguita nelle alluvioni fini limose nelle aree poste più a Sud ha fornito valori dell'ordine di 10^{-7} m/sec, definibili come di bassa permeabilità.



Relativamente al **vincolo idrogeologico** (DPGP PAT n° 13-45/Leg. dd. 27/04/2010: "Regolamento in materia di vincolo idrogeologico (articoli 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20 e 23 L.P. 23/058/2007 n. 11)" e succ. D.P.P. 06/09/2013, n. 21-123/Leg.), si evidenzia che il sito risulta essere per la maggior parte **esterno** alle aree vincolate, mentre una sottile striscia di vincolo si spinge fino alla base della parete rocciosa proprio in corrispondenza del sito.



Estratto della Carta del vincolo idrogeologico: il sito è per la maggior parte **esterno** alle aree sottoposte al vincolo idrogeologico (aree grigie).

Una sottile striscia di vincolo arriva alla base della parete rocciosa proprio in corrispondenza del sito di interesse (perimetro rosso).



Esaminato a) lo stato dei luoghi e dei versanti e b) individuati i possibili impatti derivanti dall'esecuzione degli interventi (del tutto marginali relativamente alla zona vincolata, entro alla quale, inoltre, non sono previsti interventi edificatori) si discutono a seguire c) le modalità operative e accorgimenti adottati per evitare di determinare turbative all'assetto idrogeologico e forestale.

- Il punto a) è estesamente trattato, nei vari aspetti, da quanto riportato nella relazione geologica relativamente alla geomorfologia ed idrogeologia.

- Il punto b), nel caso presente, non configura impatti particolari in quanto la zona vincolata verrà lasciata come allo stato attuale.

- Il punto c), conseguentemente, vista anche la reale situazione dei luoghi sottoposti a vincolo, non comporta particolari necessità di interventi di ripristino.



3.5 Sismicità e pericolosità sismica di base

La PAT ha dato attuazione all'Ordinanza G.U. n° 105 del 08/05/03 (Ordinanza del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003): "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Allo scopo ha approvato il D.G.P. n° 2813 dd. 23/10/03 (Approvazione Carta di Sintesi Geologica e s.m.) e la D.G.P. n° 2929 dd. 6/11/2003 (attuazione Ordinanza citata e s.m.).

In base a tali delibere PAT, e relativi aggiornamenti, il **Comune di Trento** è classificato **in area a bassa sismicità (zona sismica 3)**.

I terreni sono classificati dalle NTC 2018 in diverse categorie a seconda delle loro caratteristiche di comportamento sismico, influenzate dalla categoria geomorfologico - topografica del sito e dal loro assetto geotecnico – stratigrafico.

Per definire il modello sismico del sottosuolo si è fatto riferimento a varie considerazioni, fra cui anche gli esiti di indagini sismiche a stazione singola (HVSR).

Nel lavoro Fondazione Museo Civico di Rovereto – "RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo", del novembre 2016, sono contenuti numerosi dati di indagine HVSR.

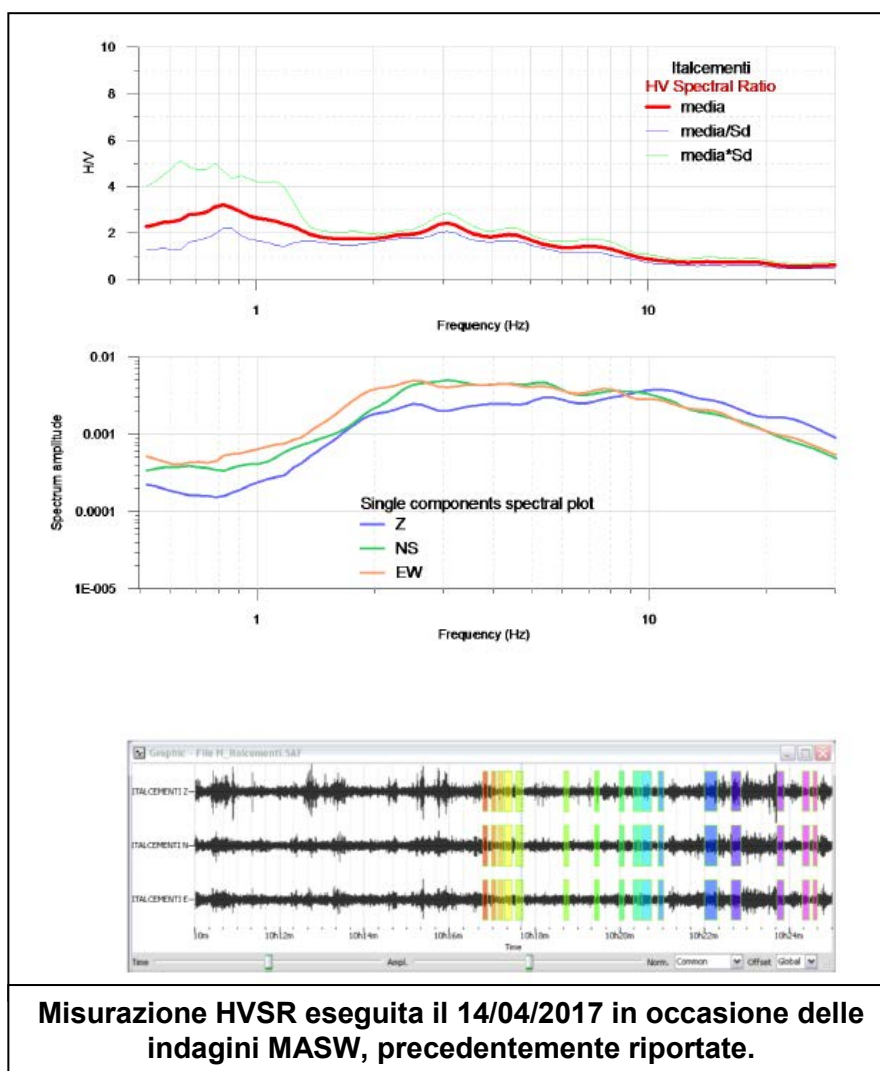
I punti di indagine HVSR compresi nell'area di interesse sono A005 e A006, ubicati nella zona centrale, e A017, B007, B008 e C006 ubicati in prossimità del confine meridionale dell'area di interesse: i grafici relativi sono riportati in All. 3.

I risultati dell'indagine HVSR hanno permesso di descrivere l'eterogeneità spaziale, sia laterale che verticale, del primo sottosuolo (5-6 m da p.c.), riconducibile alla stratificazione antropica (edificazioni, demolizioni e resti di strutture in posto). Sono state inoltre riconosciute una serie di inversioni di velocità, che complicano l'interpretazione dei grafici, dovute alla presenza di livelli rigidi sovrapposti a livelli meno densi e di conseguenza meno veloci.

L'indagine ha permesso di evidenziare le frequenze di risonanza del sito, attorno a 1,2 Hz e 2,5 Hz; si fa notare inoltre come il contrasto di impedenza risulti attenuato spostandosi da E verso W, per la probabile presenza di materiali molto grossolani verso la parete rocciosa e di un minor spessore del deposito alluvionale.

Nel commento dei risultati dell'indagine a sismica passiva di tale elaborato, si evidenzia inoltre come il vuoto ascrivito alla HVSR-A005 contrasta con gli esiti del carotaggio C3, ubicato nel medesimo punto e che mostra uno spessore di cemento di 3,8 m: a tale proposito si dovrà eseguire una specifica verifica in sede esecutiva.

Una analoga indagine HVSR è stata inoltre eseguita in occasione delle indagini MASW del 24/04/2017; i risultati, che confermano sostanzialmente quelli dell'indagine del 2016 precedentemente commentata, sono riportati di seguito e nell'ALL. 4.

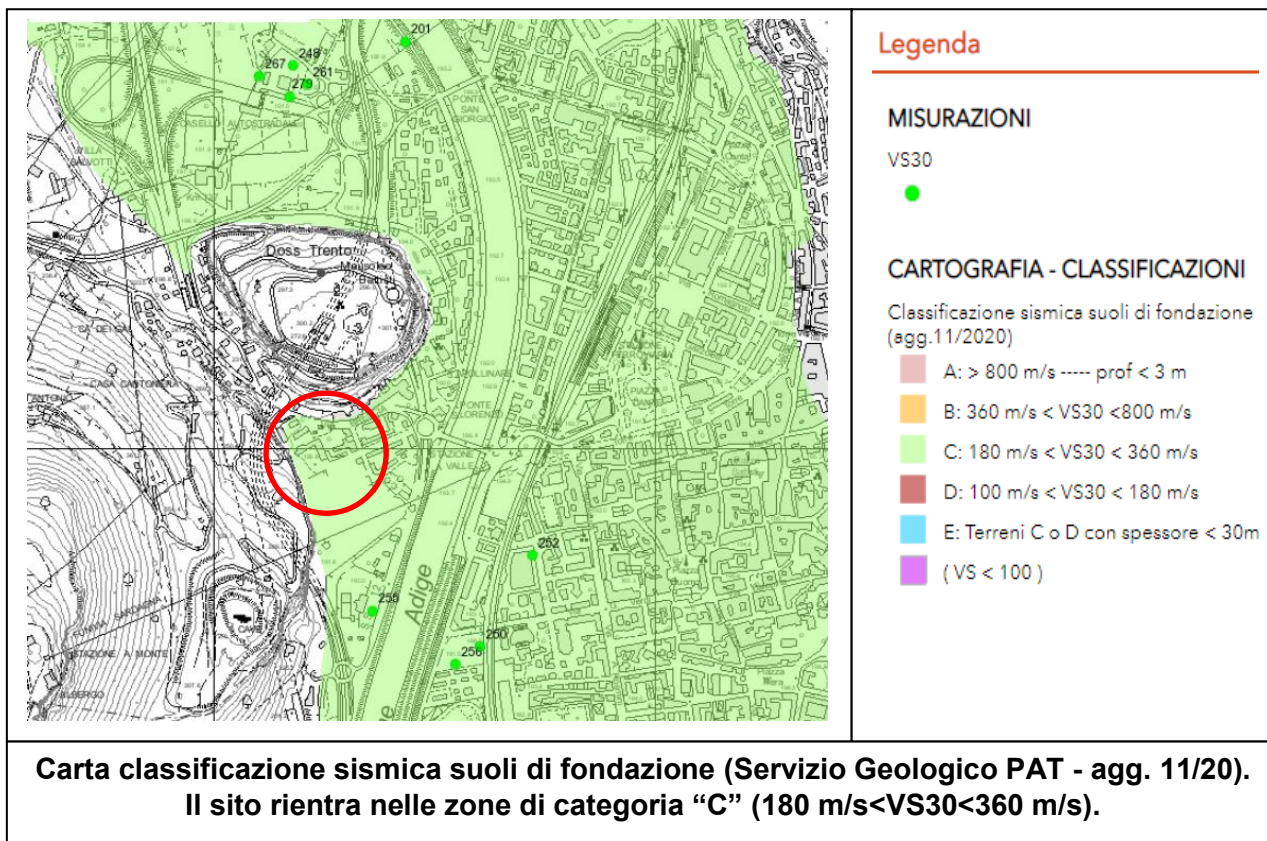


L'indagine MASW stessa di cui si è già riportato l'esito nel capitolo dedicato alla litologia, mostra come la situazione sismica del sottosuolo sia complessa per la presenza dello scalino in roccia sepolto, struttura in grado di modificare la risposta sismica locale in maniera significativa rispetto alle zone distali.

E' tuttavia vero anche che gli edifici verranno costruiti a non meno di 20 m dalla parete rocciosa e che la loro impronta sovrasta essenzialmente una zona alluvionale da ghiaiosa a ghiaioso-sabbiosa, mentre le aree di parcheggio si spingono verso la zona sabbioso-limoso.

In considerazione di tutte le informazioni disponibili, si può attribuire la categoria di sottosuolo "C", cioè con V_{s30} compresa fra $180 \div 360$ m/sec.

Si riporta anche uno stralcio della Carta delle caratteristiche sismiche dei suoli (Servizio Geologico PAT): anch'esso indica per l'area di interesse la categoria di sottosuolo "C".



Sulla base di tutte le informazioni sopra discusse, si arriva pertanto a definire la seguente categoria topografica e di sottosuolo:

Tab. 3.2.III – <i>Categorie topografiche</i>		Categoria topografica "T1".
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	
Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.		
Tab. 3.2.II – <i>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.</i>		Classificazioni dei terreni secondo NTC 2018. Categoria sottosuolo "C"
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
A	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	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.	
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	
D	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.	
E	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.	



Si ricorda poi che, prima dell'emanazione delle NTC-18, la PAT aveva emanato un regolamento (D.G.P. n. 27 dd. 11/01/2008 "Direttiva per l'applicazione dopo l'1/1/2008 delle NTC") riguardante il grado di protezione progettuale sismica da conferire alle opere e che è messo in relazione alla tipologia e destinazione d'uso di quanto si intende realizzare.

Si riportano degli stralci delle NTC18 che permettono di seguire il processo decisionale che porta alla definizione dei parametri della pericolosità sismica locale.

Per definire i parametri della pericolosità sismica locale, si sono introdotte delle ipotesi relative alla tipologia di opera in progetto; tali indicazioni vengono riportate a titolo esemplificativo, in quanto devono essere verificate e validate da parte del Progettista delle opere:

<p>2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO</p> <p>2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni</p> <table border="1" data-bbox="245 898 879 1028"> <thead> <tr> <th>TIPI DI COSTRUZIONI</th> <th>Valori minimi di V_N (anni)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Costruzioni temporanee e provvisorie</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>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 P_N, la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.</p> <p>Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.</p>	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	<p>Vita nominale: = 100 anni.</p>		
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										
<p>2.4.2. CLASSI D'USO</p> <p>Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:</p> <p><i>Classe I:</i> Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.</p> <p><i>Classe II:</i> 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.</p> <p><i>Classe III:</i> 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.</p> <p><i>Classe IV:</i> 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.</p> <p>2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA</p> <p>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:</p> $V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$ <p>Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.</p> <p>Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U</p> <table border="1" data-bbox="245 1823 874 1888"> <thead> <tr> <th>CLASSE D'USO</th> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>COEFFICIENTE C_U</td> <td>0,7</td> <td>1,0</td> <td>1,5</td> <td>2,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.</p>	CLASSE D'USO	I	II	III	IV	COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0	<p>Classe d'uso: classe II.</p> <p>Coeff. d'uso: 1,0</p>
CLASSE D'USO	I	II	III	IV							
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0							



Con le precedenti assunzioni si ricavano i seguenti valori dei parametri che rappresentano i coefficienti descrittivi della pericolosità sismica:

The screenshot displays the Geostru software interface, which includes a map, a 'Stati limite' (Limit States) panel, and a 'Coefficienti sismici' (Seismic Coefficients) panel.

Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali.:

Vita Nominale: 100

Interpolazione: Superficie rigata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_p [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	60	0.036	2.542	0.233
Danno (SLD)	101	0.043	2.513	0.273
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.090	2.703	0.339
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.116	2.613	0.351

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz. categoria	1,70	1,61	1,50	1,48
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.013	0.027	0.042
kv	0.005	0.007	0.014	0.021
Amax [m/s ²]	0.529	0.638	1.327	1.708
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

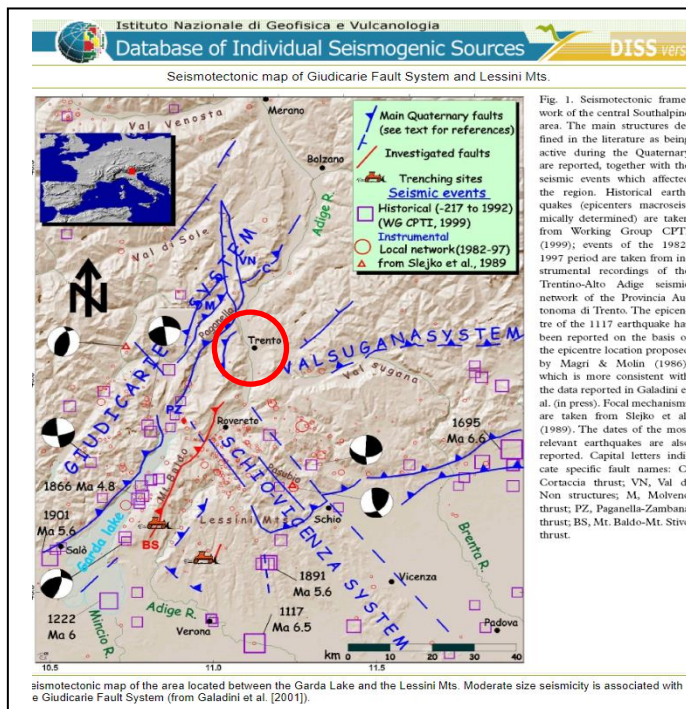
Mappe pericolosità sismica e parametri sismici - NTC-18 - D.M. 17/01/18 determinati con il programma Geostru.

Quale compendio a tali informazioni si riporta un inquadramento cartografico del progetto: "Analysis of the seismic potential in Italy for the evaluation of the seismic hazard" curato dal Dipartimento della Protezione Civile che recepisce i dati editati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia tramite il progetto **DISS** "Database of Individual Seismogenic Sources".

Questo database contiene informazioni su elementi tettonici in grado di generare terremoti, definiti anche come **faglie attive**: in Trentino viene indicato un solo macroelemento, noto come "faglia delle Giudicarie".

Si tratta di una fascia a scala regionale che rappresenta la cerniera di sutura della zona di scontro fra la placca africana e quella europea: nel dettaglio la linea delle Giudicarie rappresenta una faglia inversa e trascorrente sinistra con rigetto dislocativo trascorrente stimato in circa 30 Km.

Secondo il database citato, tale elemento sismogeno può generare terremoti con intensità di scuotimento fino alla Magnitudo 5.7 Richter.



Il progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)

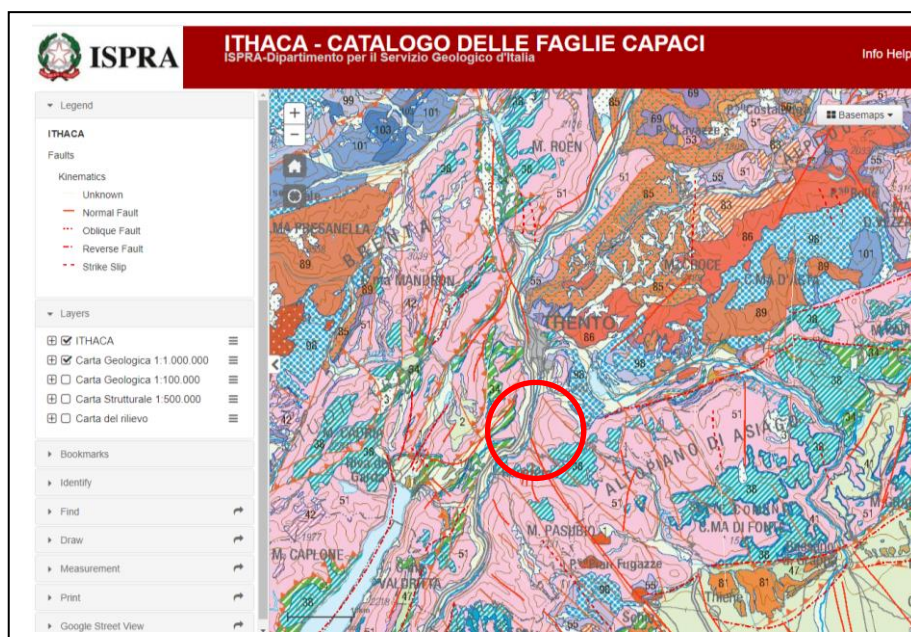
indica che il macroelemento sismogenico della zona è la faglia delle Giudicarie, di tipo transpressivo.

E' una faglia attiva classificata poter generare sismi di magnitudo 5.7.

Infine si riporta la mappa della zona estratta dal database Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.

Questo database riguarda le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali: il progetto si occupa in modo particolare delle **faglie capaci**, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

Da tale database non risultano essere presenti delle faglie capaci (linee rosse nella figura a seguire) nell'area in esame: la faglia capace più vicina termina infatti sul bordo della Valle dell'Adige a Nord del rilievo del Doss Trento.



Mappa "faglie capaci" dal Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults), dal portale del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA.



3.6. Tematica ambientale

Per tutti gli aspetti relativi a tale tematica si rinvia alla documentazione riferita alla bonifica ambientale conclusa nel 2018 e relativi elaborati specialistici.

3.7. Conclusioni

Il livello di pericolosità e di rischio associato del sito, allo stato attuale ed in previsione della realizzazione del progetto, fa riferimento alla cartografia di cui al Cap. 1 ed agli esiti dei rilevamenti. Sia dal punto di vista normativo che in base a quanto rilevato, si tratta di un'area potenzialmente soggetta a pericolosità per caduta massi dalle pareti retrostanti.

Relativamente a questa problematica è stato redatto il previsto "Studio di Compatibilità" (Cap. 4) che descrive il fenomeno atteso, ne discute gli effetti sul progetto ed infine indica le soluzioni tecniche adottando le quali il progetto diviene compatibile con la situazione di pericolosità riconosciuta.

Un altro aspetto importante è la verifica dell'omogeneità del sedime dell'area di interesse: questa tematica è enfatizzata dalle avvenute operazioni di bonifica e movimentazioni del terreno dell'area.

E' pertanto necessario che sia implementato il programma di indagine geognostica, già precedentemente indicato ed in accordo con il Progettista che dovrà redigere la relazione geotecnica: le indagini potranno comprendere metodi indiretti (es. geofisici) e diretti (es. prove di carico su piastra, penetrometrie, carotaggi con prove in foro e prelievi di campioni per laboratorio geotecnico) al fine di ricostruire il modello geotecnico riferito alle opere in progetto.

Queste indagini devono verificare che la presenza delle macerie e dei manufatti sepolti, seppur ricoperti dallo spessore di riporto dell'intervento di bonifica, non causino comportamenti differenziali con conseguenti potenziali problematiche strutturali; per l'impronta di sedime sulla quale si realizzeranno gli edifici sono anche necessarie indagini più profonde che si spingano ad indagare tutto il volume significativo interferito dalle azioni di progetto.

In conclusione, tenendo nella dovuta considerazione quanto sopra esposto, risulta che **vi è compatibilità fra la situazione geologica riconosciuta e le opere in progetto**, fatti salvi i diritti di terzi.

San Cristoforo, **aprile 2022**

Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Franca Bazzanella



4. STUDIO DI COMPATIBILITA'

Il presente studio di compatibilità si riferisce al progetto “Area Destra Adige - Ex Italcementi - Piano di Lottizzazione del Comparto C”. I contenuti del presente studio di compatibilità sono sviluppati in maniera commisurata alla natura e all'importanza dell'intervento da effettuare: la criticità riconosciuta è la pericolosità per caduta massi dalle pareti rocciose sovrastanti.

In questa sede si fa specifico riferimento ad elaborati redatti da GeoAlp su incarico di Patrimonio del Trentino, riferiti sia al Comparto C sia all'area vasta ex-Italcementi:

- “Relazione geologica e Studio di Compatibilità – Residenza Universitaria Piedicastello – Trento – pp.ed. 2206-4968-2744-6618 C.C. Trento” – geol. Franca Bazzanella – 2017;

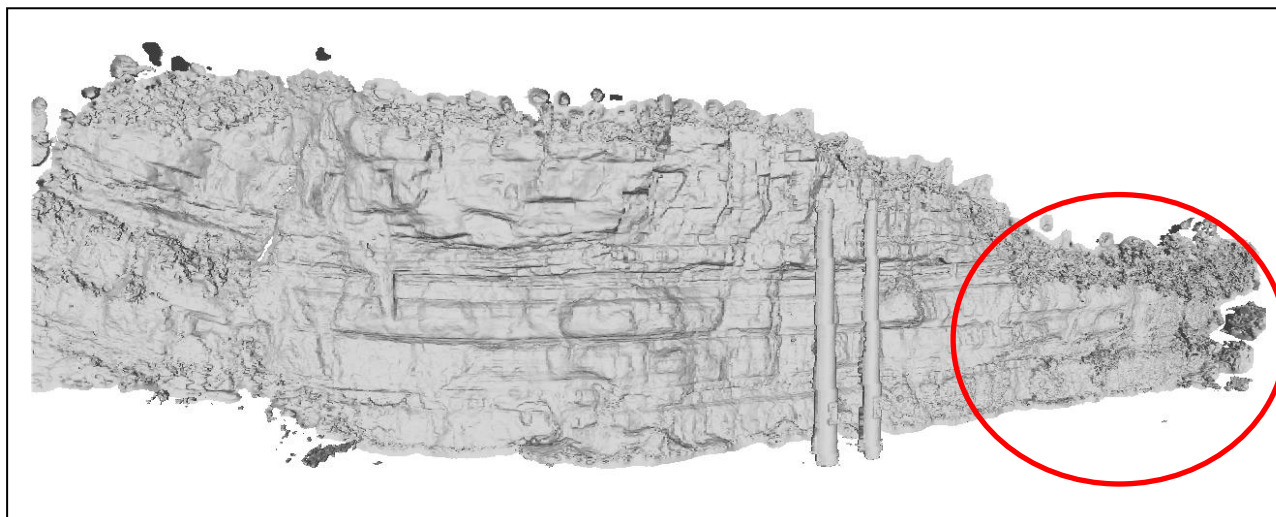
- “Relazione geologica - Studio relativo alla pericolosità geologica dell'area ex-Italcementi a Trento, con specifico riferimento ai crolli dalla parete rocciosa” - dott. geol. Icilio Vigna – 2018”: studio dedicato alla definizione della pericolosità geologica per crollo originata dalla presenza della parete rocciosa delimitante tutta l'area ex-Italcementi. Questo elaborato, a cui si rimanda per un'analisi di dettaglio, specifica e quantifica tale pericolosità.

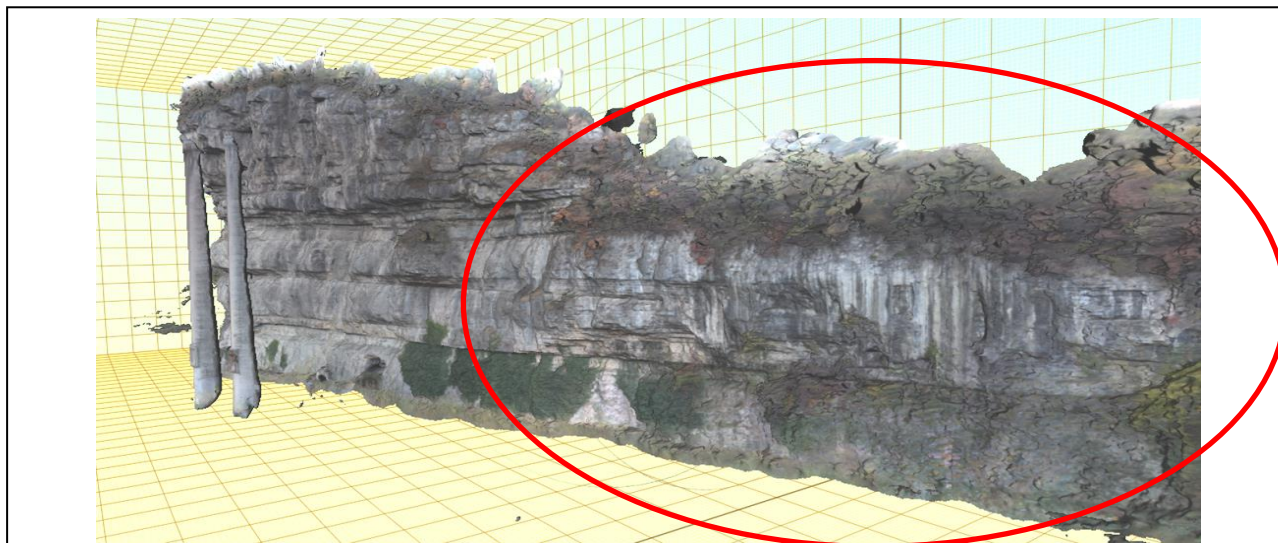
- “Studio di Compatibilità - Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige - Piedicastello - Area ex-Italcementi e limitrofe in C.C. di Trento” - dott. geol. Icilio Vigna – 2019.

- Individuazione del tipo di fenomeno:

Per la fascia di territorio adiacente alla parete rocciosa si riconosce una pericolosità geologica decrescente con la distanza dalla parete “Italcementi” (P4, P3, P2) ed anche dalla parete “Doss Trento” (P2): tale pericolosità geologica è relativa ai fenomeni di crollo per distacchi rocciosi. Per una più precisa definizione del cinematismo si faccia riferimento alla relazione geologica precedente.

Mentre la penalità derivante dalla parete “Italcementi” è palese, sebbene siamo nella parte meno incombente della stessa, la pericolosità per la parete “Doss Trento” appare a tutti gli effetti meno evidente, sia per la situazione tensionale della parete rocciosa, che si presenta compatta, e sia per la circostanza che interposte fra le pareti e l'area di interesse vi sono le strade di accesso alla sommità del dosso, muri, camminamenti e l'intera carreggiata di Via Brescia.





**Mesh texturizzata del modello 3D ottenuto dalla fotogrammetria per lo studio della parete "Italcementi" del 2018.
Cerchiato il settore di parete che delimita il Comparto C.**

- Analisi della pericolosità:

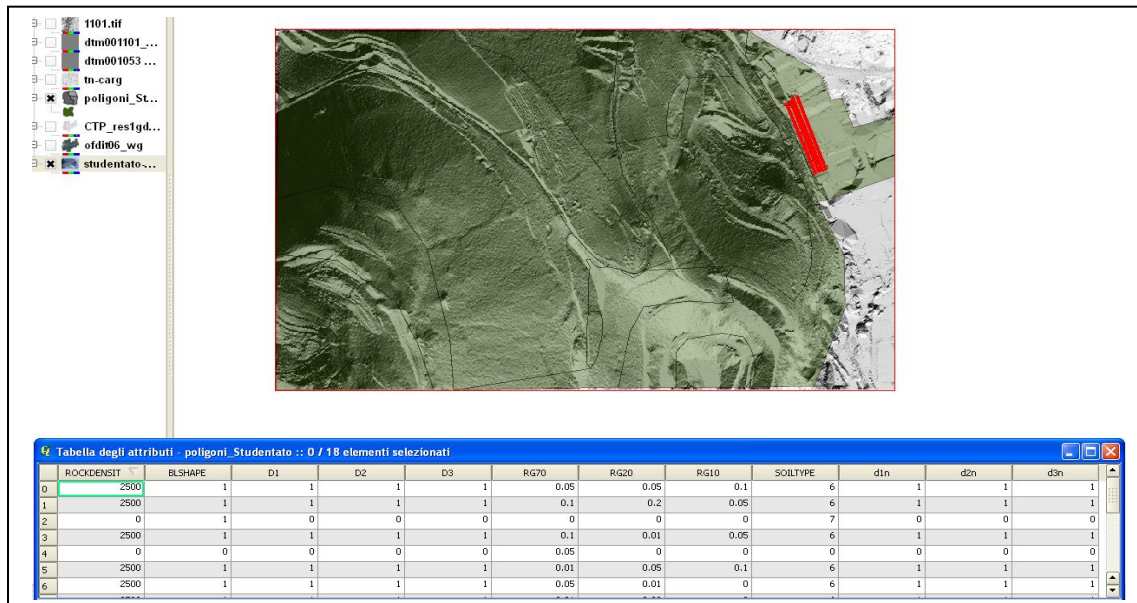
Per definire e quantificare la pericolosità geologica da crollo insistente sull'area si riportano a seguire, con riferimento al settore di parete sovrastante l'area del Comparto C, i risultati dello studio condotto da GeoAlp nel 2018, tuttora validi.

Riferendosi alla parete "Italcementi", per definire la pericolosità da caduta massi, utilizzando il rilievo PAT LIDaR quale base topografica, si è ricostruito il modello numerico del versante: date le dimensioni del problema da analizzare si è scelto di utilizzare i dati con precisione di 1 metro, cioè generando una griglia di punti con maglia quadrata di 1 x 1 m cui associare le varie caratteristiche geomorfologiche e geologiche del modello (attributi).

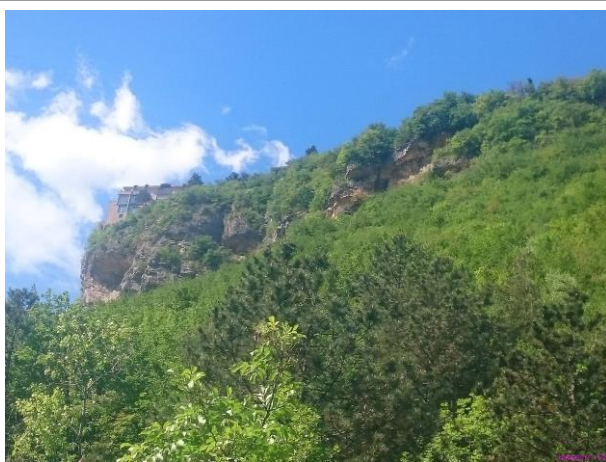
Oltre ad annotare le posizioni dei potenziali punti sorgente si è preso nota delle loro dimensioni e delle caratteristiche morfologiche del terreno del versante (es. rugosità), della presenza di vegetazione, del tipo di suolo, eccetera.

Queste informazioni sono state ordinate in apposito ambiente GIS (utilizzato il software QGIS®) generando uno shape file contenente le caratteristiche delle aree di interesse.

Come si vede, l'areale sorgente potenziale dei crolli non si è limitato alla parete retrostante al sito, ma è stato esteso fino alle parete posta ancora più in alto, fino a Sardagna.



Modello numerico del versante per le verifiche di rotolamento massi: indicate le aree e gli attributi associati a ciascun poligono. In rosso sono degli allineamenti di controllo – virtuali - sulle traiettorie dei massi; questi allineamenti sono stati posti a distanza crescente dalla parete rocciosa.



Panoramica delle pareti sottostanti Sardegna ed evidenze di crolli alla base di tali pareti.

Per la simulazione delle traiettorie di rotolamento dei massi lungo il versante si è utilizzato uno specifico programma – Rocky for 3D (Rockyfor3D_v52_install2017) - messo a punto da Ecorisq.org.

Si tratta di un programma di recente concezione, utilizzato anche presso il Servizio Geologico della PAT, che fornisce ottimi riscontri fra le simulazioni e la realtà oggettiva di campagna.

Per eseguire le simulazioni di caduta massi con la definizione delle varie traiettorie, questo codice necessita della preparazione preliminare di numerosi elaborati, che elenchiamo di seguito:

- 1 griglia con il modello digitale del terreno:
si è utilizzato il rilievo Lidar PAT (DTM con precisione 1 x 1m) ritagliando la zona di interesse dopo unione delle sezioni 1053 e 1101.



- 1 griglia con il peso di volume dei diversi litotipi:
l'area di interesse è stata suddivisa in varie sotto-aree litologicamente omogenee e per ciascuna area i valori sono stati definiti sulla base dei rilievi di campagna e sulla scorta anche dei dati di letteratura specializzata.
- 1 griglia con la tipologia geometrica dei massi:
la scelta della forma dei massi (prisma a 3 assi) deriva dalle osservazioni di campagna sui massi già rotolati e sulle indicazioni ottenute dallo studio delle fratturazioni dei punti sorgente individuati sulle pareti rocciose soprastanti.
- 3 griglie con le dimensioni degli assi del masso di progetto:
anche in questo caso i parametri utilizzati sono stati definiti in funzione dei rilievi sui massi e sulle pareti rocciose con frammenti pericolanti: si sono così suddivise numerose aree caratterizzate da volumetrie di massi specifiche per ciascuna sotto-area. il programma consente poi anche di aumentare e diminuire fino al 50%, in modo statisticamente casuale, delle dimensioni dei 3 assi dei massi di progetto.
- 3 griglie con la definizione della "rugosità" del terreno:
duranti i rilievi di campagna, particolarmente alla base delle pareti rocciose, ma non solo, si sono definiti, traguardando il pendio verso il basso, i parametri delle asperità che i massi incontreranno rotolando lungo il pendio e suddividendo il pendio in zone ad asperità omogenea.
- 1 griglia con la definizione del tipo di sottosuolo:
per tale elaborato ci si è basati principalmente sulle osservazioni di campagna, ma si sono anche scavati dei piccoli pozzetti, con piccone, per verificare se la copertura humica mascherasse tipologie di suoli diverse da quelle direttamente osservabili in superficie.

Come anticipato, viste le finalità dello studio, si è simulato l'inserimento di 4 barriere paramassi virtuali poste alla base del pendio: ponendo barriere di altezza pari a zero metri e di capacità di assorbimento di energia pari a zero KJ, si possono ottenere i parametri dinamici caratteristici dei massi che colpiscono tali barriere, senza che queste interferiscano con le traiettorie da esaminare.

Si tenga presente che questa non è una proposta di ubicazione di barriera paramassi, ma è una specifica metodologia analitica utilizzata per focalizzare i dati delle traiettorie dei massi solo sulle aree di specifico interesse. Da ciò è derivata la necessità di preparare:

- 3 griglie con la definizione delle caratteristiche delle barriere paramassi (se presenti)
- numero della barriera
- altezza della barriera
- capacità di assorbimento dell'energia

Per raccogliere le informazioni necessarie, in campagna si è pertanto rilevato tenendo sempre registrati tutti i dati di input necessari alla definizione dei parametri richiesti dal programma.

A seguire si riporta una scheda - tipo utilizzata in campagna che esemplifica le registrazioni dei dati eseguite.



Table 1: Field recording sheet for rockfall simulation with Rockyfor3D

General								
Date*		Nr. Polygon*		* each polygon represents a homogeneous unit; size depends on the mapping scale				
Location*		Slope angle*	(° / %)					
Name*		Zone*	<input type="checkbox"/> start / source	<input type="checkbox"/> transit	<input type="checkbox"/> deposit			
Polygon characteristics								
1. Dominating rock (deposited in the polygon or potentially falling from release area)								
Block shape	<input type="checkbox"/> 1. rectangle	<input type="checkbox"/> 2. ellipsoid	<input type="checkbox"/> 3. Sphere	<input type="checkbox"/> 4. Disc				
Block dimensions (d1, d2, d3): (m)	x (m)	x (m)			
Rock density (kg.m ⁻³):								
2. Soil / underground type in the polygon								
Material constituting the underground	<input type="checkbox"/> river / swamp / other material in which a rock could penetrate completely	<input type="checkbox"/> fine soil material (depth > ~100 cm)	<input type="checkbox"/> fine soil material (depth < ~100 cm) / sand/gravel mix in the valley	<input type="checkbox"/> scree (Ø < ~10 cm) / medium compact soil with small rock fragments / forest road	<input type="checkbox"/> talus slope (Ø > ~10 cm) / compact soil with large rock fragments	<input type="checkbox"/> bedrock with thin weathered material or soil cover	<input type="checkbox"/> bedrock	<input type="checkbox"/> asphalt road
(soiltype) values needed for Rockyfor3D	0	1	2	3	4	5	6	7
3. Surface roughness in the polygon								
MOH: typical obstacle height normal to the slope surface (m) that block encounters in 70%, 20% and 10% of the cases during a rebound on the slope surface. Should be measured looking down the slope!				MOH for 70% of the sample area (rg70)	0 - 100 (m)			
				MOH for 20% of the sample area (rg20)	0 - 100 (m)			
				MOH for 10% of the sample area (rg10)	0 - 100 (m)			
Lying tree stems*	Mean height =	m		Area covered =	%			
4. Forest*								
Representative plot size: m x m							
DBH [#] (cm)	* DBH: Tree diameter at breast height Record all the DBH ≥ 5 cm measured in the plot: e.g., 8, 31, 17, 13, ...							
Stems / ha								
Mean DBH (cm)				Coniferous (%)				
Stddev DBH (cm)								
Species*								
5. Rockfall activity indicators / silent witnesses*								
Mean nr. of rockfall impacts on trees*				Height(s) of rockfall impacts on trees (m)*				
Depth impact craters (m)*				Fresh, deposited rocks in Polygon*	Yes / No			

Scheda di campagna utilizzata per il rilevamento geologico.

Table 2: The soiltypes used by Rockyfor3D and the related R_n values

Soiltype	General description of the underground	mean R _n value	R _n value range
0	River, or swamp, or material in which a rock could penetrate completely	0	0
1	Fine soil material (depth > ~100 cm)	0.23	0.21 - 0.25
2	Fine soil material (depth < ~100 cm), or sand/gravel mix in the valley	0.28	0.25 - 0.31
3	Scree (Ø < ~10 cm), or medium compact soil with small rock fragments, or forest road	0.33	0.30 - 0.36
4	Talus slope (Ø > ~10 cm), or compact soil with large rock fragments	0.38	0.34 - 0.42
5	Bedrock with thin weathered material or soil cover	0.43	0.39 - 0.47
6	Bedrock	0.53	0.48 - 0.58
7	Asphalt road	0.35	0.32 - 0.39



Size of the surface roughness (MOH)	Possible Rg values (in m)
No roughness, obstacles absent	0
> 0 – 10 cm	0.03, 0.05, 0.08, 0.1
> 10 – 50 cm	0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5
> 50 cm – 1 m	0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1
> 1 – 2.5 m	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2, 2.5
> 2.5 – 10 m	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
> 10 m	100

**Valori tabellati di alcuni dei parametri necessari per l'utilizzo del codice utilizzato.
Tab. 2 = tipi di suolo.**

Si sono predisposte tutte le griglie sopra elencate (con codici Grass e Saga si è eseguita la conversione da raster a griglia vettoriale) e poi si sono definiti anche gli altri parametri necessari alle simulazioni (fra parentesi è il parametro utilizzato):

- numero di massi lasciati rotolare da ogni cella sorgente (10)
- possibile variazione % del volume dei massi (50%)
- altezza iniziale (velocità) di caduta dei massi (0)

Con questi assunti iniziali il codice - programma ha generato 1.069.113 massi aventi dimensioni da 0.9 a 2.2 m³ con lati da 1.0 a 1.5 m che sono stati lasciati rotolare lungo il pendio partendo, in numero di 10, da ogni cella di 1 m² presente sul versante.

Circa la scelta delle dimensioni del masso di progetto si faccia riferimento alle indicazioni contenute nella relazione geologica, sezione dello studio in cui si indica che i frammenti rocciosi presenti alla base della parete non superano le dimensioni di 0.1 m³, sebbene i volumi instabili in parete siano maggiori.

Ciò deriva dalla circostanza che l'ammasso instabile è fessurato e che cadendo esso si frantuma in singole unità di dimensioni contenute; a scopo cautelativo, si è comunque considerata la possibilità di crolli, dalla parete rocciosa soprastante il sito, di massi che non si frammentino e che rimangano integri anche durante il rotolamento con dimensioni fino a 2.2 m³.

La simulazione è stata eseguita senza tener conto della presenza del bosco, data la non remota possibilità che un incendio possa distruggere il bosco e comunque date le ridotte e rade dimensioni delle macchie boscate ed i piccoli diametri dei fusti.

La presenza del bosco, inoltre, non interferisce con i crolli che possono avvenire direttamente dalla parete soprastante il sito.

```
- rock volume variation = +/- 50
- nr. of simulations per source cell = 10
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 1069113
- additional initial fallheight = 0.000000 m
- Simulation without forest and with nets
```

Overall simulated block volumes:

```
- min = 0.900000 m3
- mean = 1.900000 m3
- max = 2.200000 m3
```

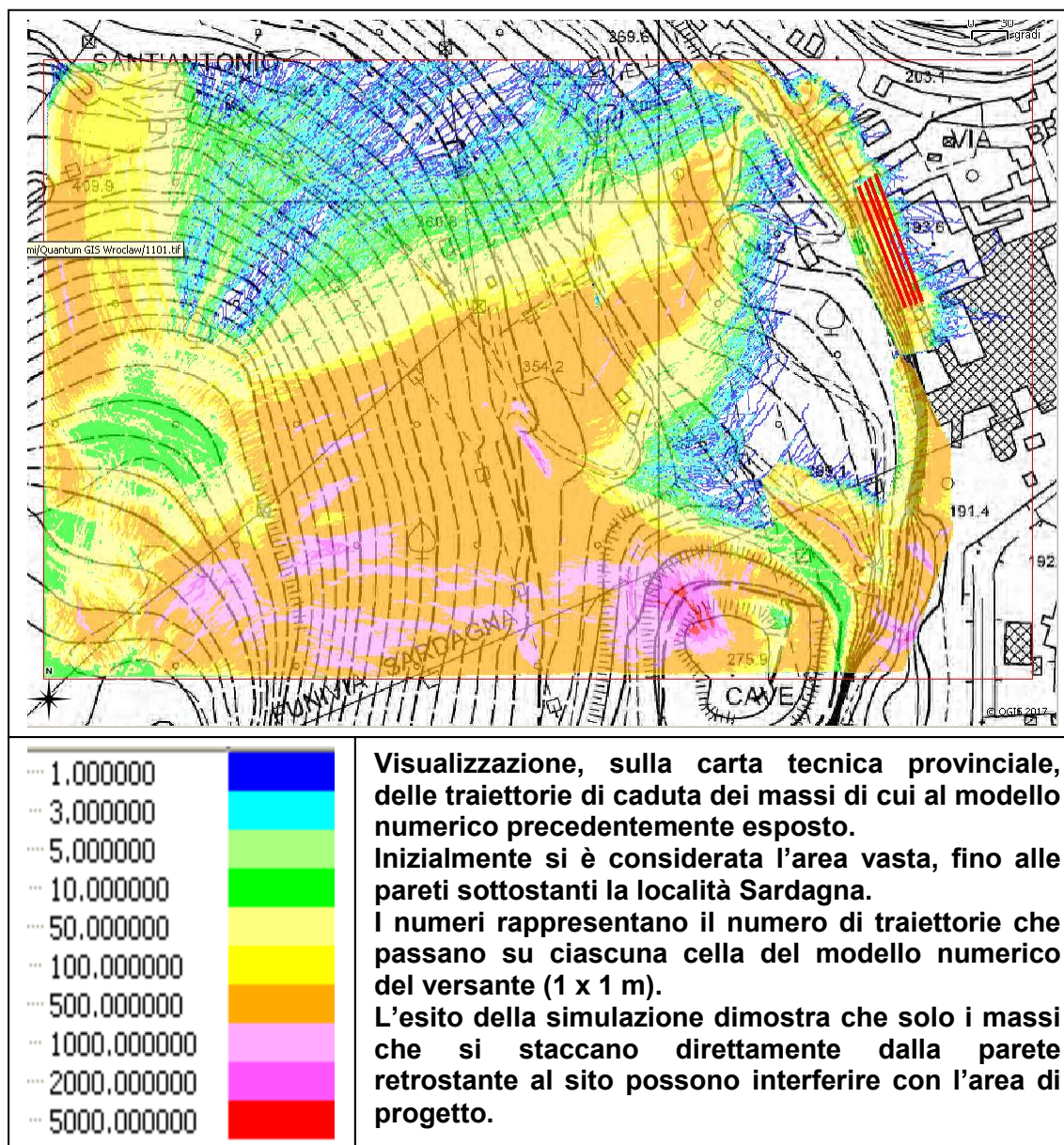
Overall simulated energy values:

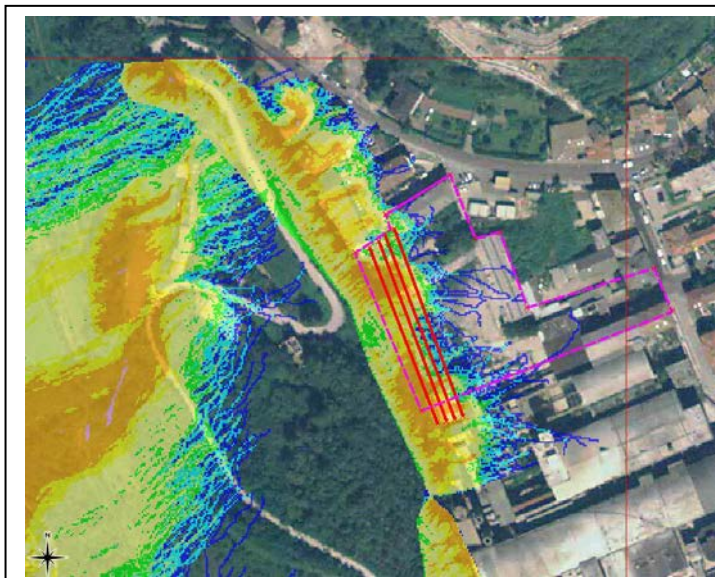
```
- maximum of the mean energy values = 3678.400000 kj
- maximum energy value = 8515.500000 kj
```



Prima di passare al commento dei risultati si vuole ricordare ancora che le simulazioni hanno comportato il "lancio" virtuale di un numero notevolissimo (1.069.113) di massi, 10 da ogni 1 m² del versante: ciò comporta che questi calcoli simulano degli eventi che possono accadere sul versante ma non in un singolo istante, bensì in un periodo di anni non quantificabile, ma comunque molto elevato.

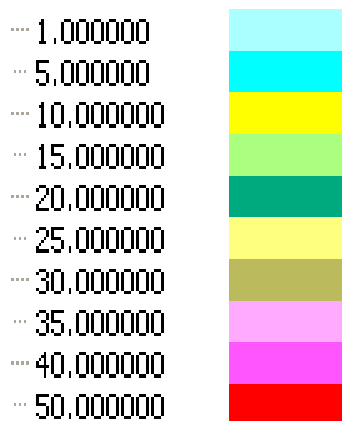
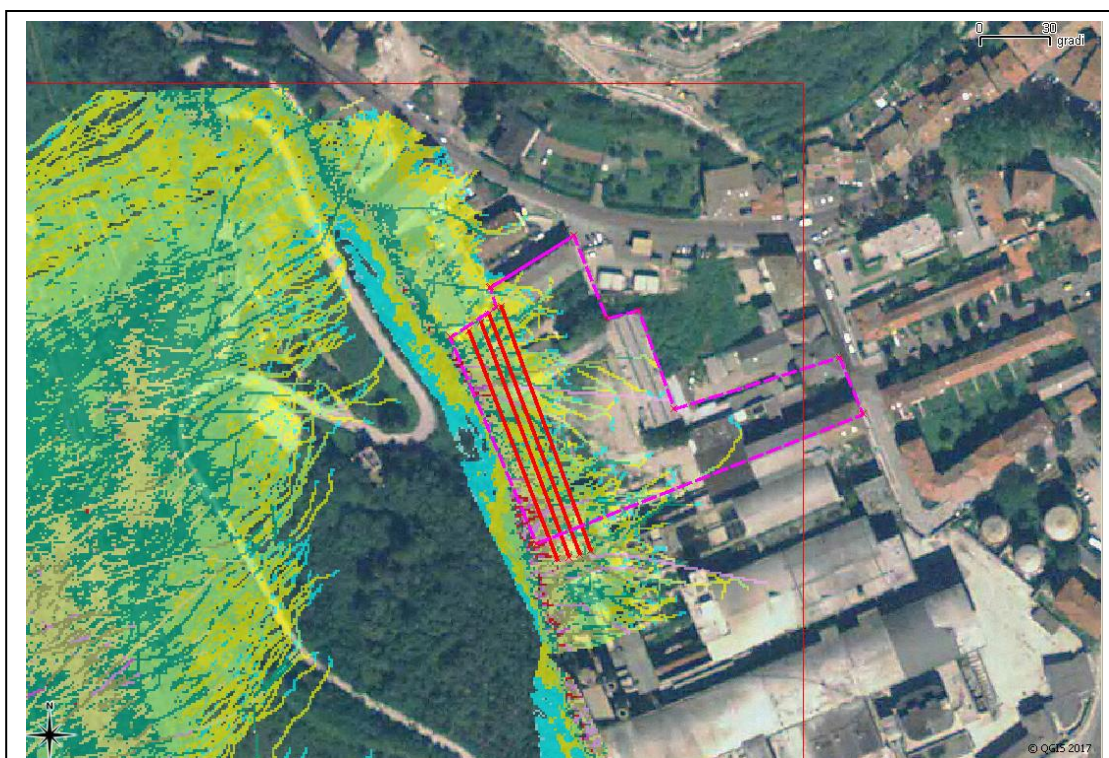
Appare pertanto una situazione di pericolo, che ancorchè reale (basta un singolo masso per determinare il pericolo), risulta enfatizzata.





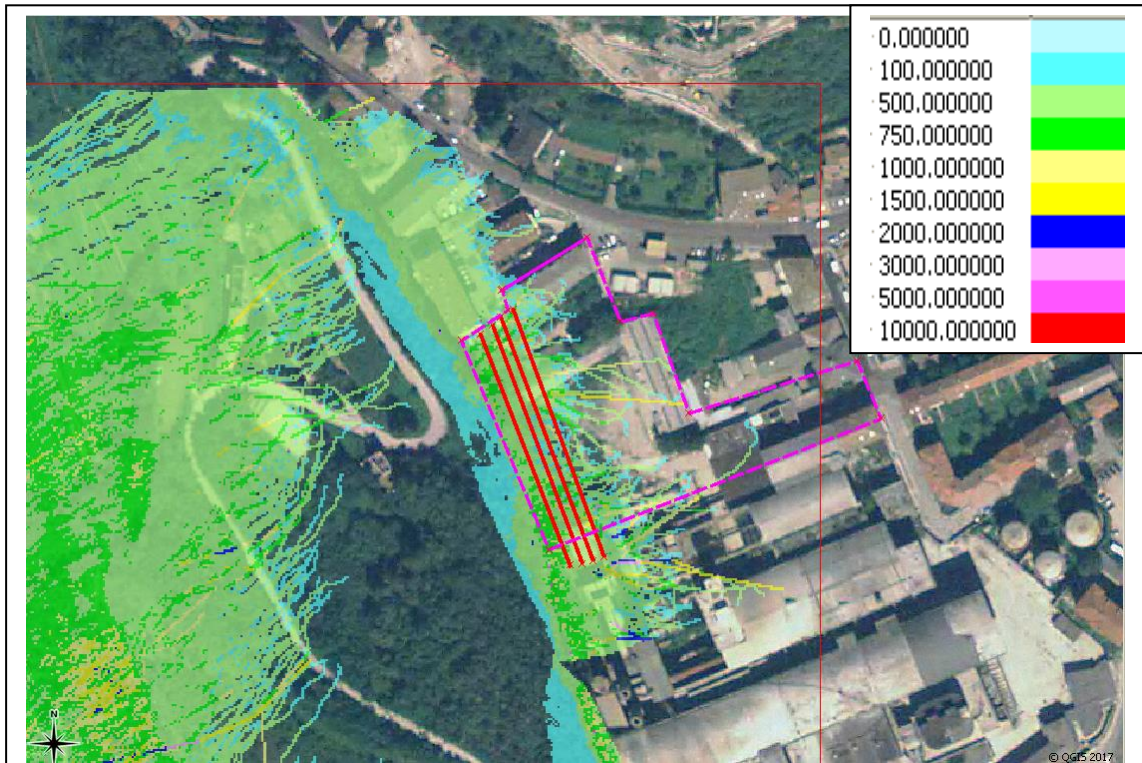
Dettaglio della precedente: a tratteggio magenta è l'area di progetto. Le linee rosse sono gli allineamenti di controllo.

Le traiettorie dei massi che si staccano dalla parete retrostante possono arrivare ad interferire con le opere in progetto.

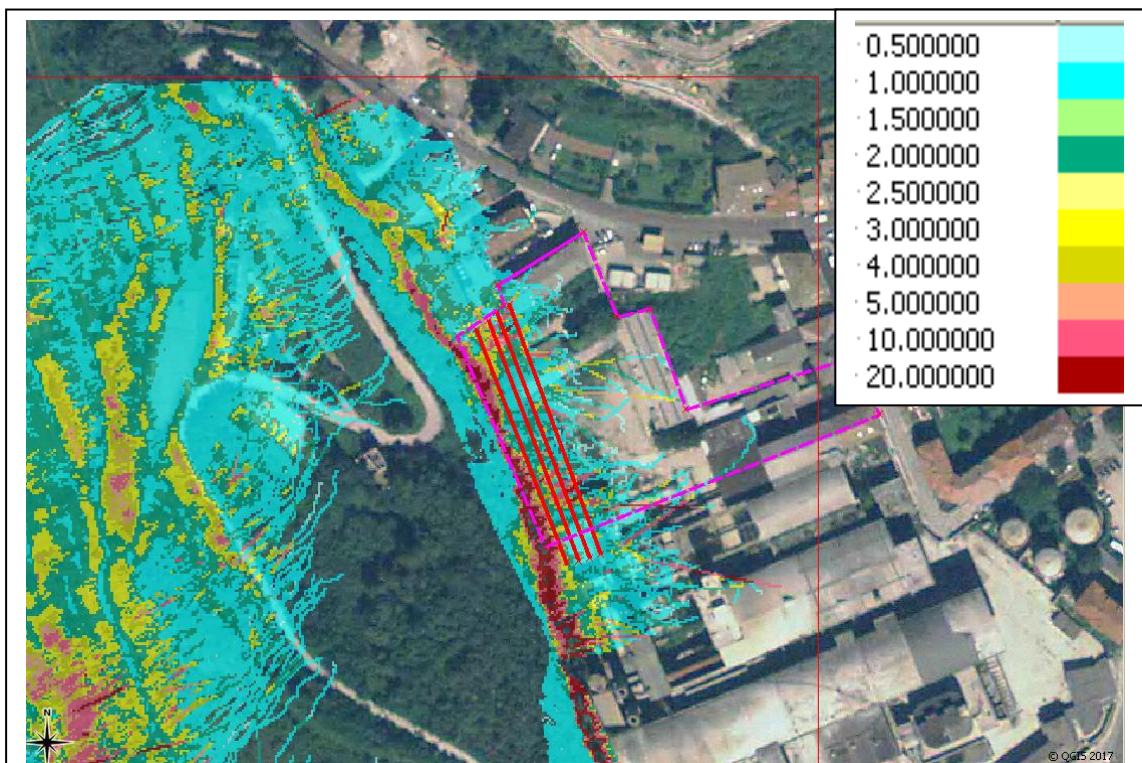


A tratteggio magenta è l'area di progetto. Le linee rosse sono gli allineamenti di controllo.

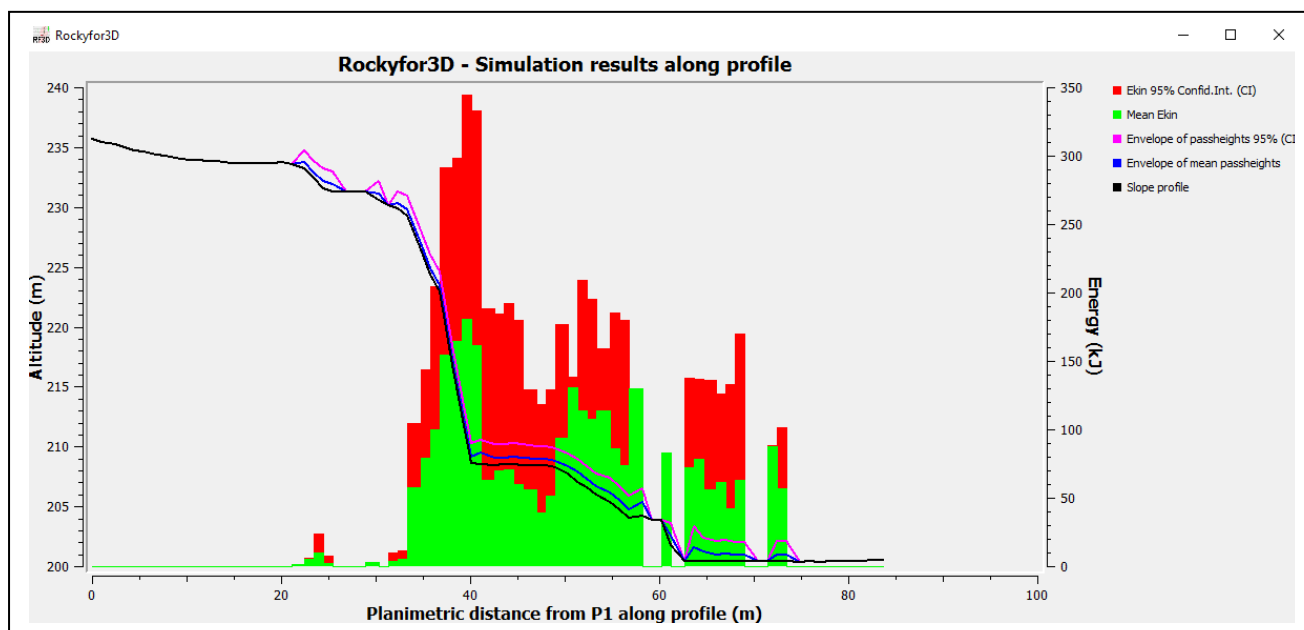
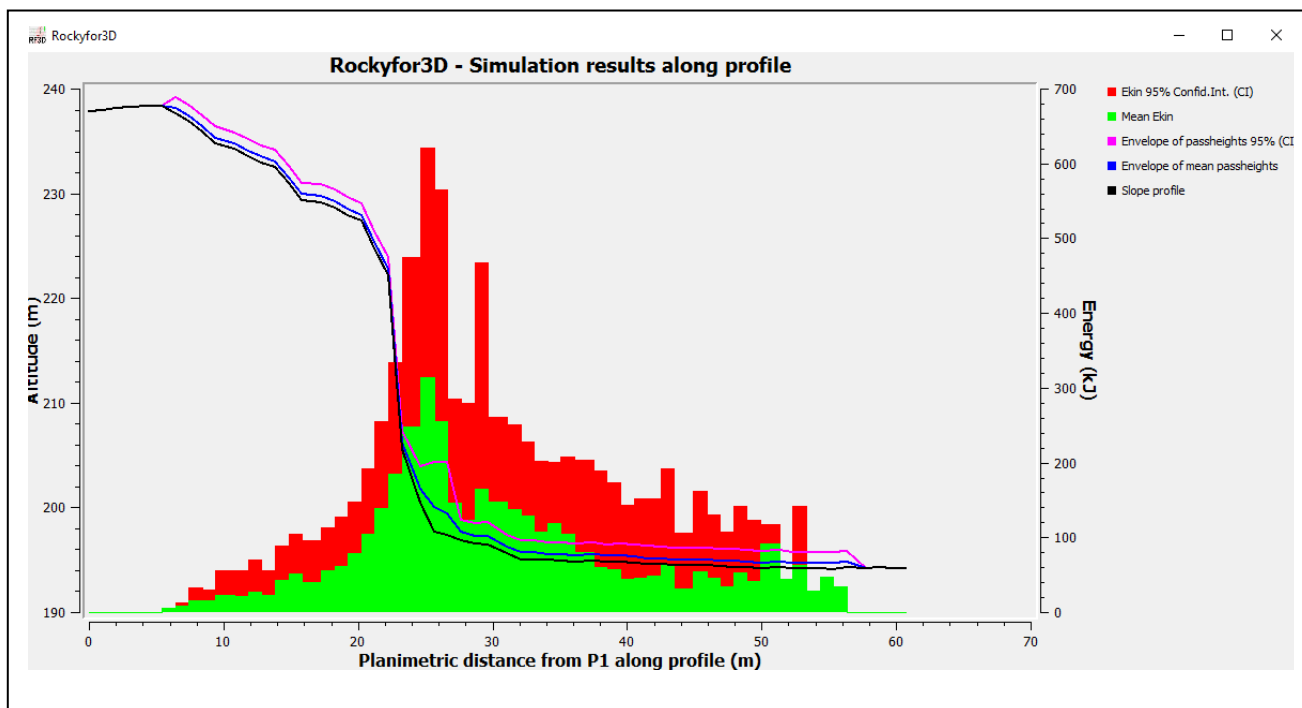
Velocità traslativa (95° percentile) dei blocchi (m/s).



A tratteggio magenta è l'area di progetto. Le linee rosse sono gli allineamenti di controllo. Energia cinetica traslativa (95° percentile) dei blocchi (kJ).



A tratteggio magenta è l'area di progetto. Le linee rosse sono gli allineamenti di controllo. Altezza (95° percentile) delle traiettorie dei blocchi (m).



Visualizzazione di 2 involuipi caratteristici delle traiettorie dei massi: sopra è la zona meridionale (parcheggi) e, sotto, è la zona settentrionale (zona ove è ancora presente un edificio da abbattere). In nero è il profilo del pendio, in blu è l'altezza media delle traiettorie (50% dei massi), in magenta le traiettorie del 95 % dei massi.



A seguire si tabellano le caratteristiche cinetiche dei massi che "impattano" contro le ipotetiche opere di protezione di cui alle figure precedenti.

I vari suffissi (50, 90, 95, 98) indicano i percentili, cioè, ad esempio, E 50 è l'energia del 50% dei massi, Ph 95 è l'altezza del 95% dei massi, ecc.

scr_nr	n	E_50	E_90	E_95	E_98	Ph_50	Ph_90	Ph_95	Ph_98	V_50	V_95	Vrot_50	Vrot_95	Imp_a50	Imp_a95
1	3972	175.3	509.3	705.3	942.3	0.7	2.0	4.5	10.0	8.4	20.8	10.7	18.7	-27.6	-1.6
2	2691	121.3	329.3	454.3	850.3	0.6	0.9	1.3	2.6	6.9	12.4	9.9	18.9	-10.0	3.0
3	1890	100.2	274.2	368.2	670.2	0.6	0.8	1.1	1.9	6.2	11.8	7.2	18.2	-7.9	6.1
4	936	74.2	265.2	392.2	806.2	0.6	0.8	1.1	2.7	5.4	13.0	6.9	16.9	-7.3	3.7

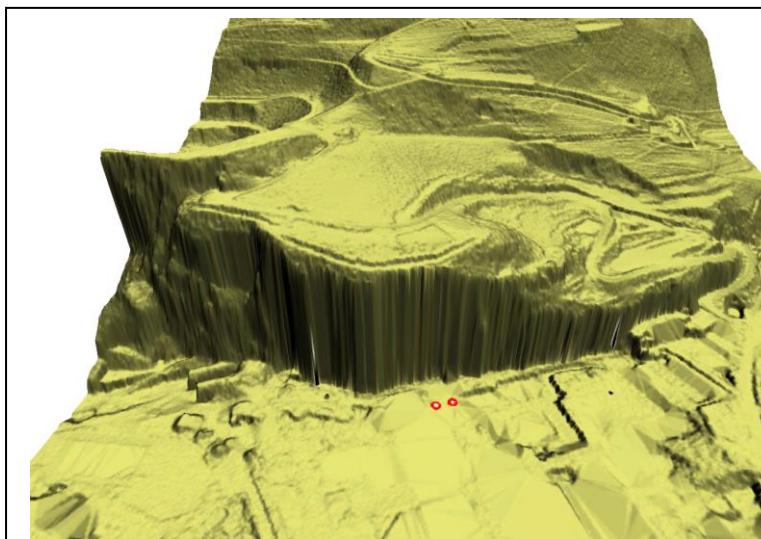
Output rasters (for explanation see also: www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf, chapter 4)

- E_mean.asc: mean kinetic energy (Etrans + Erot) 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: 1 number of blocks stopped in each raster cell [-]
- Rvol_deposit.asc: maximum block volume stopped in each raster cell [m³]
- Traj_time.asc: minimum time needed to reach a raster cell from the defined source areas [s]
- V_max.asc: absolute maximum simulated velocity per raster cell (m/s)
- EL_angles.asc: minimum recalculated Energy Line angle in each raster cell [°]

Facendo ora diretto riferimento alla discussione delle instabilità della parete rocciosa incombente sul sito, si sono eseguite le simulazioni numeriche di crollo utilizzando il codice RocFall della Rocscience (Toronto).

Si è tenuto così in conto la circostanza che, nella parte centrale e meridionale della parete, vi siano oggetti importanti: la testata della parete, ed anche alcune porzioni lungo lo sviluppo verticale della stessa, sporgono maggiormente rispetto al piede della parete.

In questa configurazione, il rilievo Lidar PAT attualmente disponibile non riesce a modellare compiutamente la morfologia della parete.



In presenza di pareti rocciose aggettanti il rilievo Lidar PAT (a scansione verticale) non è rappresentativo della situazione di dettaglio.

Avendo però a disposizione il nuovo rilievo fotogrammetrico si è potuto modellare con precisione l'andamento della parete ed ottenere delle sezioni rappresentative rispecchianti fedelmente anche la morfologia degli oggetti.



Sulle sezioni disponibili per il Comparto "C" (sez. 13 – 16) si è costruito il modello numerico del terreno, assegnando alle varie porzioni di parete gli appropriati valori dei volumi instabili e dei coefficienti di restituzione dell'energia.

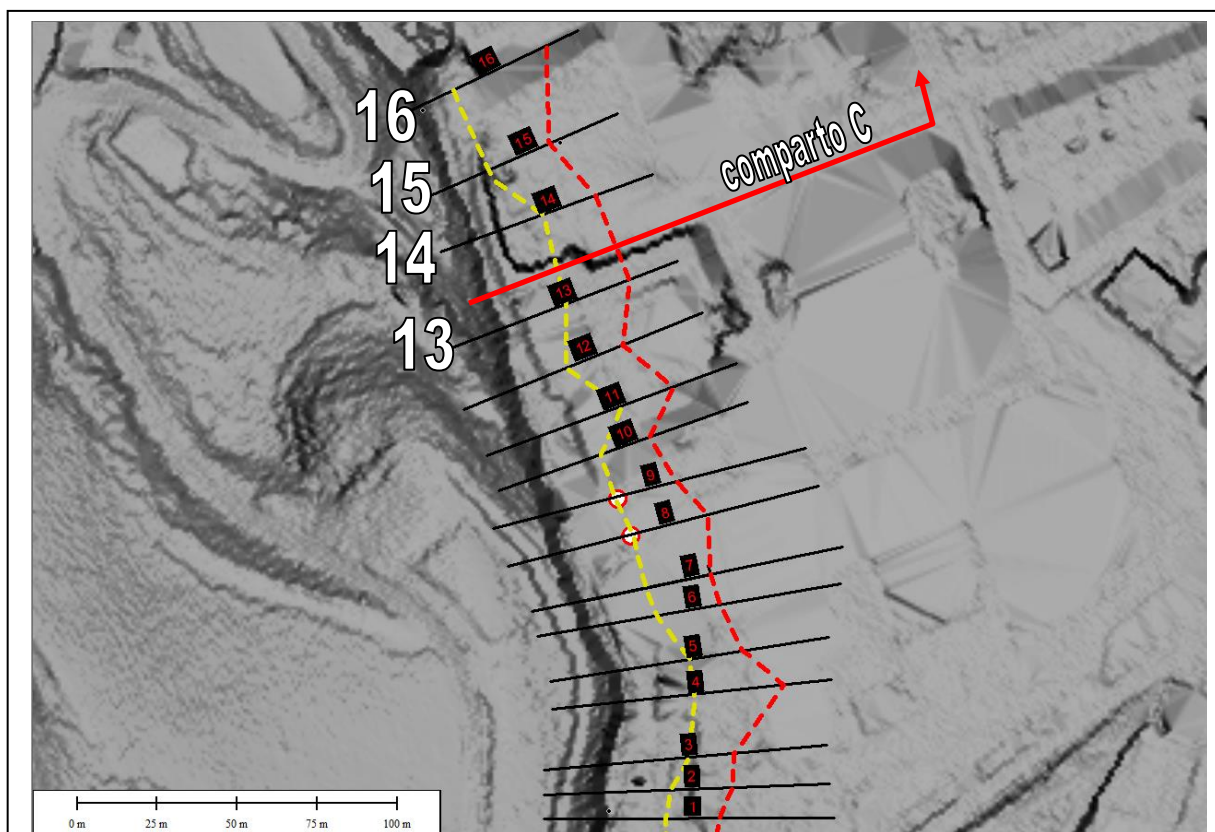
I coefficienti di restituzione dell'energia definiscono sia la quota parte di energia cinetica (traslativa e rotazionale) che viene dispersa durante un impatto di un masso con la parete e sia la quota parte che viene mantenuta dal masso stesso.

Tali coefficienti sono maggiori per gli affioramenti di roccia pulita (urto di tipo semi elastico) e diminuiscono passando ad una superficie detritica e ancor di più passando ad un suolo soffice, dove la dissipazione dell'energia si avvicina a quella che caratterizza un urto di tipo anelastico. Si sono utilizzati valori elevati per la parete rocciosa compatta, valori intermedi per le sporgenze ricoperte di suolo e detrito e valori minori per la base, dove si è modellata, per via della copertura costituita dal riporto, la presenza di un terreno dalle caratteristiche riconducibili a quelle di un detrito.

I volumi dei massi dei quali si sono simulate le traiettorie di caduta rispecchiano quelli descritti nelle schede delle instabilità riportate a seguire.

A seguire si indica, su base Lidar, una sintesi planimetrica dei risultati delle simulazioni di crollo lungo le varie sezioni di tutta la parete Italcementi: qui ci si focalizza sulle sezioni interne al Comparto C.

In giallo è delimitata la fascia di territorio interessata dagli impatti dei massi a volo libero, mentre in rosso è la fascia interessata dall'arresto dei massi che, dopo aver toccato terra, rimbalzano e rotolano sul piazzale fino a fermarsi.



Su sfondo Lidar sono schematicamente indicate le sezioni di cui alle verifiche di rotolamento sulla parete Italcementi: qui ci si focalizza sul Comparto C, con i relativi numeri da 13 - 16. Inoltre si indica:

Giallo: fascia interessata dagli impatti da volo libero dalla parete,

Rosso: fascia interessata dagli arresti dei massi rotolanti e/o rimbalzanti.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SCHEDA N°: 32

DESCRIZIONE: serie di lastroni (lati su K1 e K4) molto tettonizzati e con fratture K3 sub parallele a parete: piede anche scalzato su SS

VOLUME TOTALE (m³): 35 m3

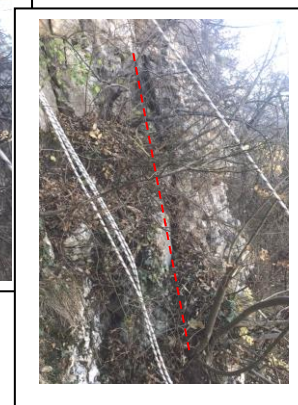
DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m): 2 x 1.5 x 1 = 3 m3

NOTE: crollo per azione radici e gelività: possibile erosione piede di un diedro

UBICAZIONE SU FOTO



PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO





PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SCHEDA N°: 33

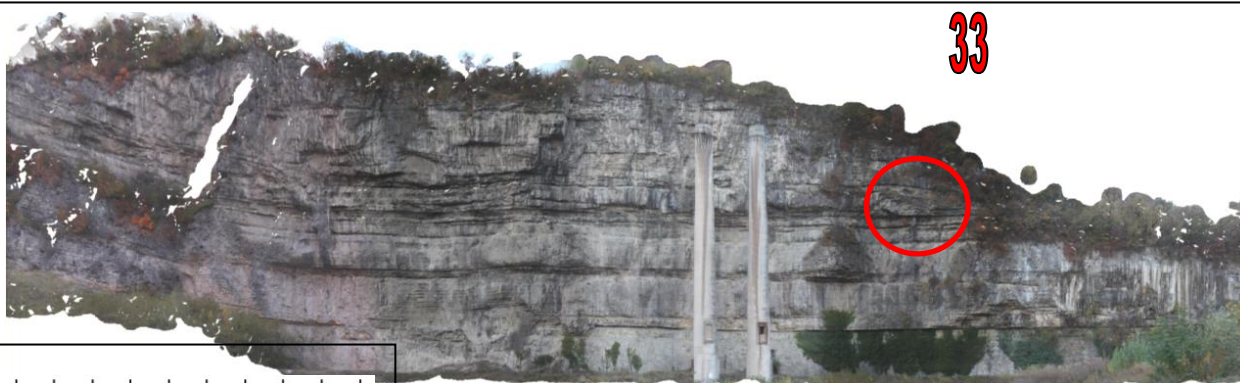
DESCRIZIONE: *strato calcareo tettonizzato ed isolato dall'erosione dei livelli marnosi sia soprastanti che sottostanti*

VOLUME TOTALE (m³): 2 m3

DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m): lastra 0.8 x 0.7 x 1.5 = 0.8 m3

NOTE: *crollo per erosione e scalzamento del piede*

UBICAZIONE SU FOTO



PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO

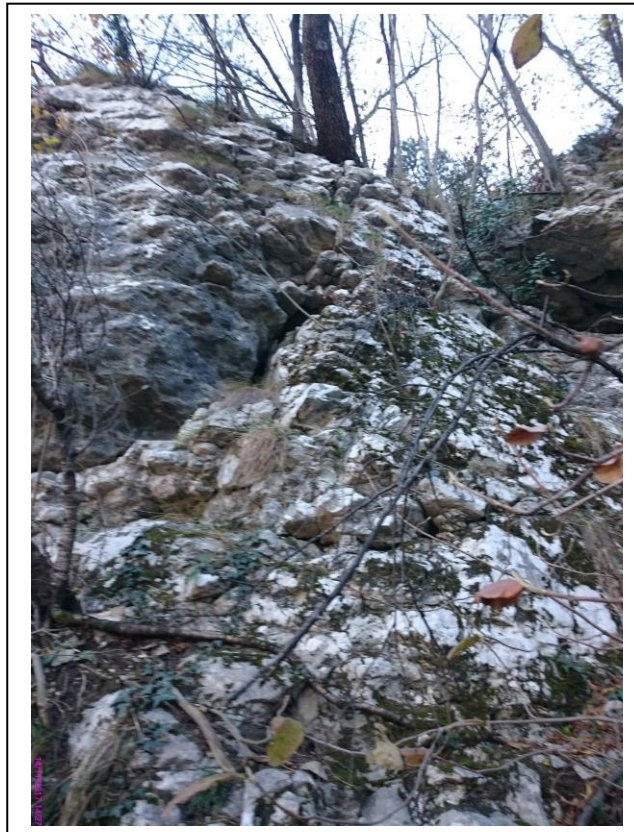
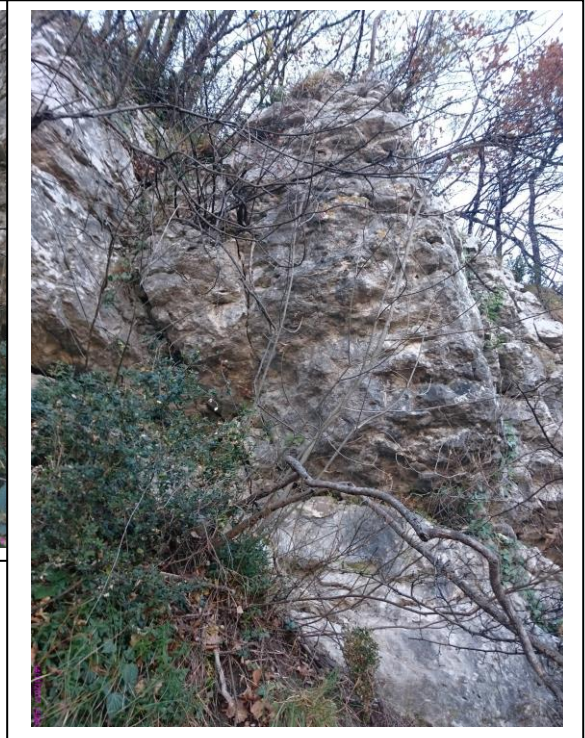
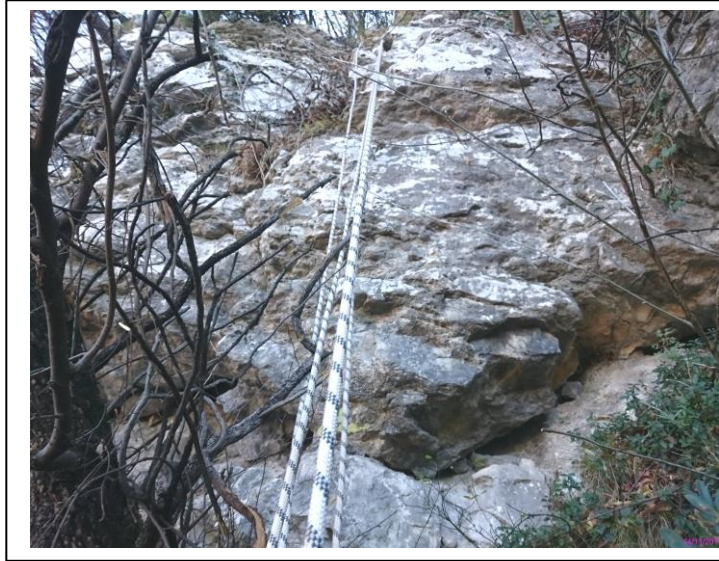


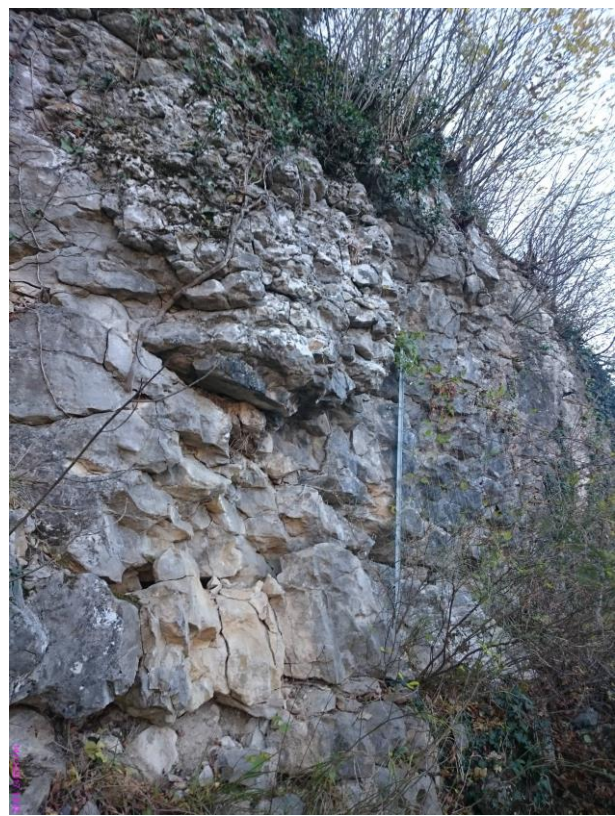
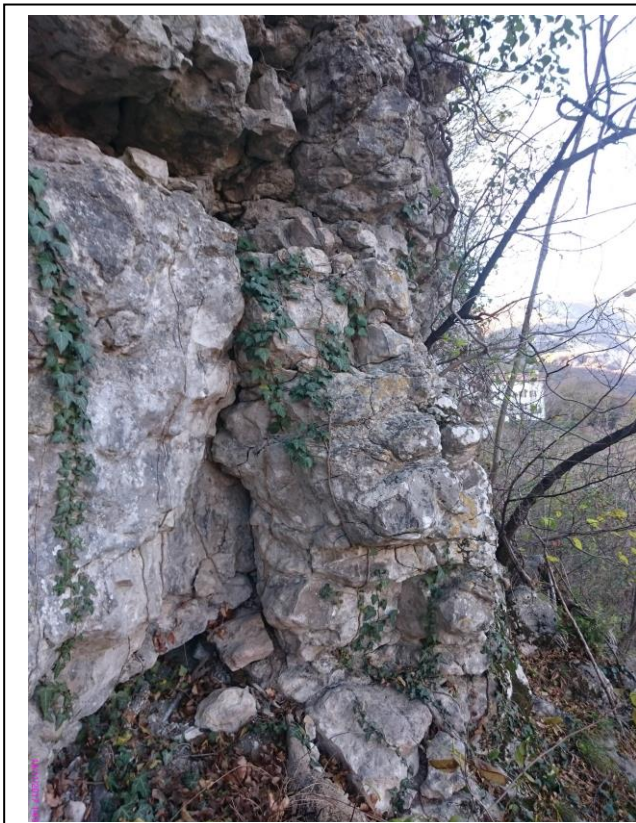
**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SCHEDA N°: 34**

DESCRIZIONE: serie di diedri tettonizzati e decompressi, separati da ammasso da fratture K3 + K4, anche beanti, che si incrociano con K1: presente riempimento di terriccio

VOLUME TOTALE (m³): 10 + 20 m3**DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m): blocchi fino a 3 m3****NOTE:** crollo per degrado ed azione radici e gelività**UBICAZIONE SU FOTO****PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO**

**PATRIMONIO DEL TRENINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SCHEDA N°: 35****DESCRIZIONE:** *falesia che si allontana dal ciglio della parete: presenti numerosi pinnacoli intensamente tettonizzati e decompressi e separati da fratture sub verticali e variamente orientate: K1 + K2 + K3 + K4***VOLUME TOTALE (m³):** *vari pinnacoli (n° 6) di dimensioni fino a 25 m³***DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m):** *8 m³***NOTE:** *crollo per degrado ed alterazione roccia, a luoghi anche per gelività e azione radici***UBICAZIONE SU FOTO****PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO**







PATRIMONIO DEL TRENINO SPA Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento	
SCHEDA N°: 36	
DESCRIZIONE: <i>muro a secco in parte già crollato ed in parte deformato</i>	
VOLUME TOTALE (m³): 4 m3	
DIMENSIONI MASSO MAGGIORE (m): <i>decimetri cubi</i>	
NOTE: <i>crollo per ammaloramento statico, imbibizione e deformazione terreno</i>	
UBICAZIONE SU FOTO	
36	
PORZIONE INSTABILE: VISTA DI DETTAGLIO	
	<p style="text-align: center;">MURETTI A SECCO PIU' O MENO DEFORMATI E PRESENTI LUNGO TUTTO IL BORDO SUPERIORE DELLA PARETE</p>



L'esito delle simulazioni di crollo è di seguito esposto: per ciascuna sezione lungo la quale si sono eseguite le verifiche di rotolamento si riporta:

- ubicazione della sezione modellata sulla foto di base della fotogrammetria.
- modello del terreno sovrapposto alla sezione e con la traiettoria dei massi: per ogni sezione si sono modellate varie sorgenti di distacco dei massi, così come rilevato durante le ispezioni in parete. La parte alta della parete può rilasciare i volumi maggiori (Formazione dei calcari di Nago), mentre la parte media ed inferiore (Formazione dei calcari di Malcesine in transizione con la Formazione dei calcari di Chiusole) è interessata da rilasci di volumetrie inferiori. Sulle schede si riporta il volume dei massi simulati. Il numero delle simulazioni eseguite su ciascuna sezione varia da 200 a 300, numero dei massi lasciati cadere da varie posizioni lungo il profilo della sezione, in modo di ottenere una rappresentazione statisticamente significativa.

- su ciascuna sezione si è anche inserita una sezione di controllo denominata "collector001": si tratta di una sezione di controllo relativamente alla quale si riportano le principali caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi che la attraversano. La posizione della sezione di controllo è stata generalmente posta a 30 m di distanza dal piede della parete.

- la seconda pagina di ciascuna scheda riporta alcuni grafici: quelli sulla parte sinistra riportano, con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete, l'andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi.

- sulla destra della pagina il primo grafico in alto mostra la distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

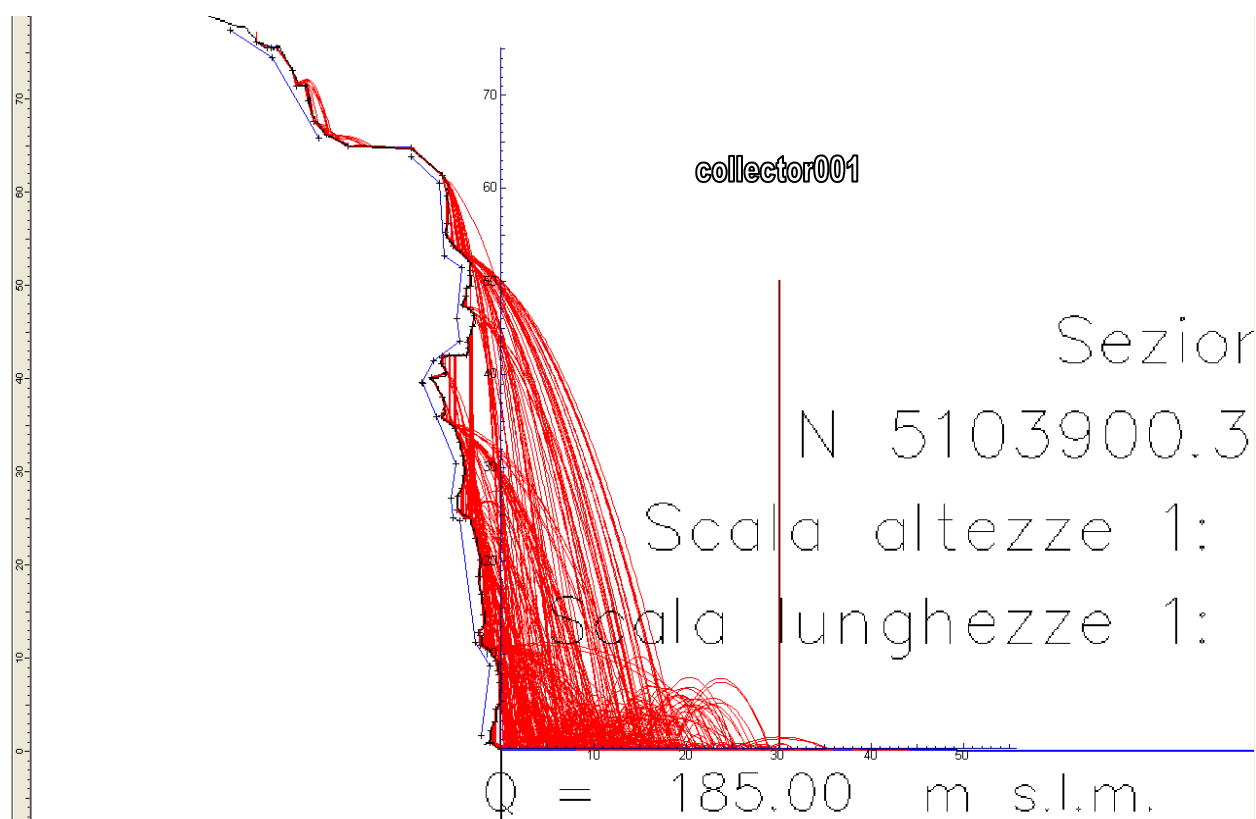
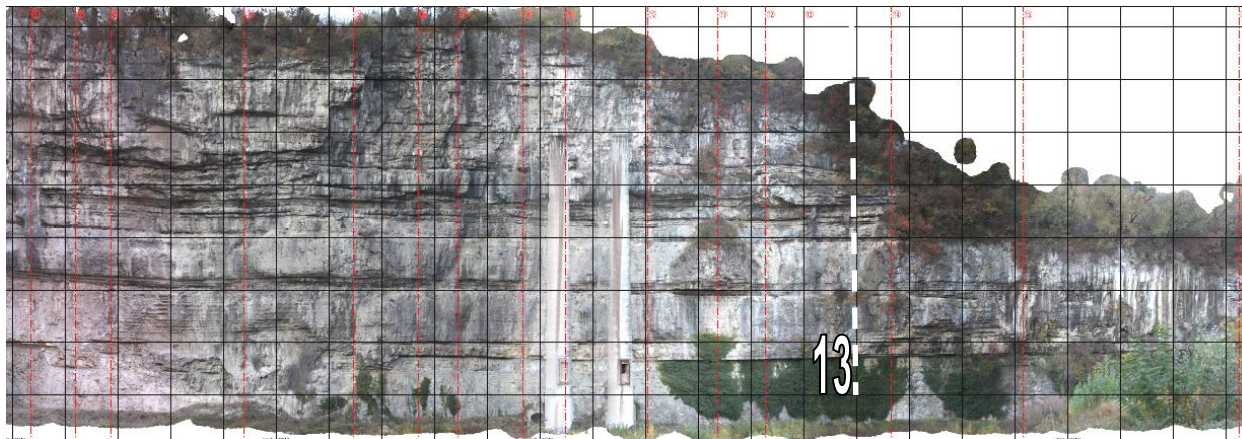
- i due grafici sottostanti indicano, il numero di massi che hanno rispettivamente delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) e delle definite classi di energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza e numero massi / energia).

Quale commento complessivo, rimandando a ciascuna scheda di sezione per i dati di dettaglio, si è trovato che le traiettorie dei massi che più si allontanano dal piede della parete sono quelle relative ai massi che si staccano dalla sommità della parete e che, incontrando degli aggetti, rimbalzano prima di arrivare al piede della parete stessa. In tal modo infatti i massi acquisiscono una componente traslativa del moto nella direzione orizzontale che poi si traduce, all'impatto con la base, in ulteriori rimbalzi, aventi le traiettorie maggiormente allungate verso il piazzale.

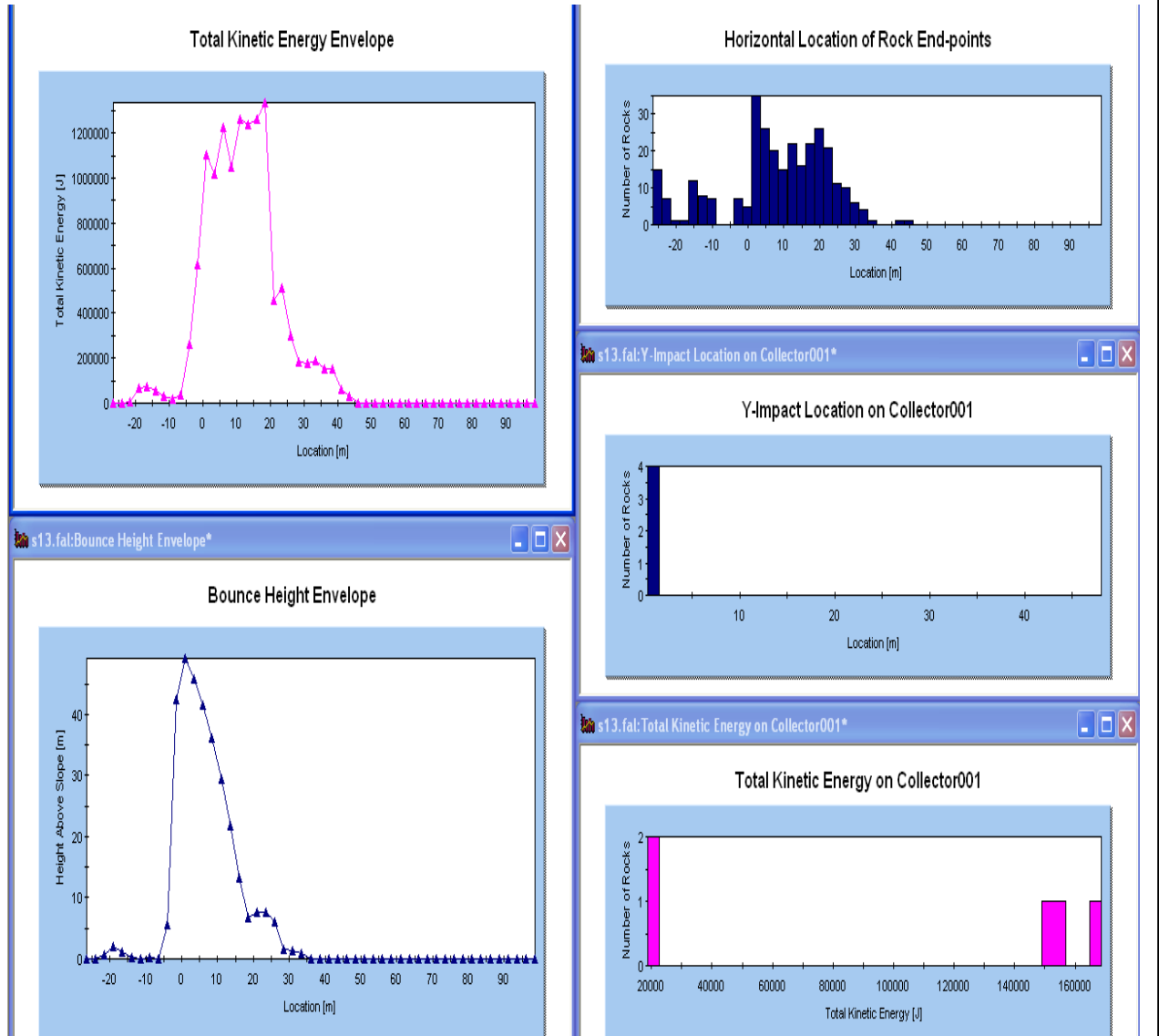


PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA
Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 13 - UBICAZIONE SU FOTO



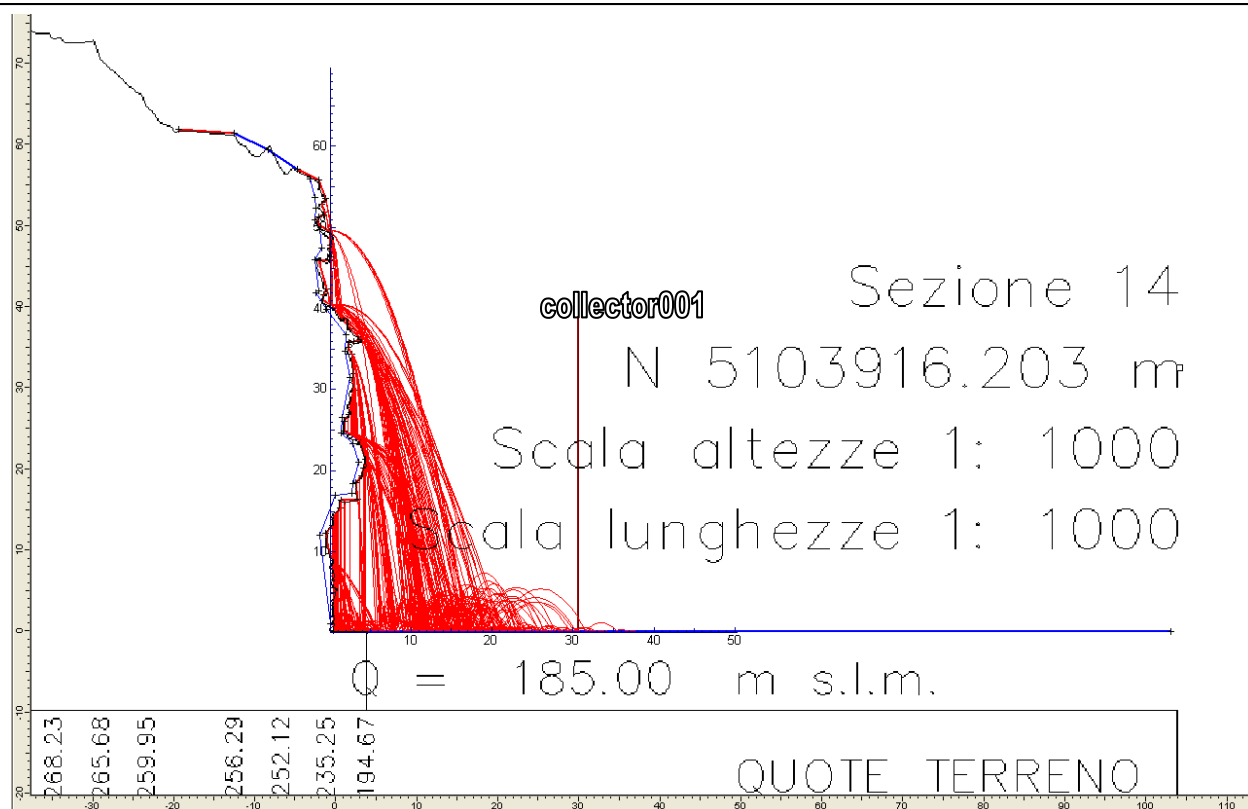
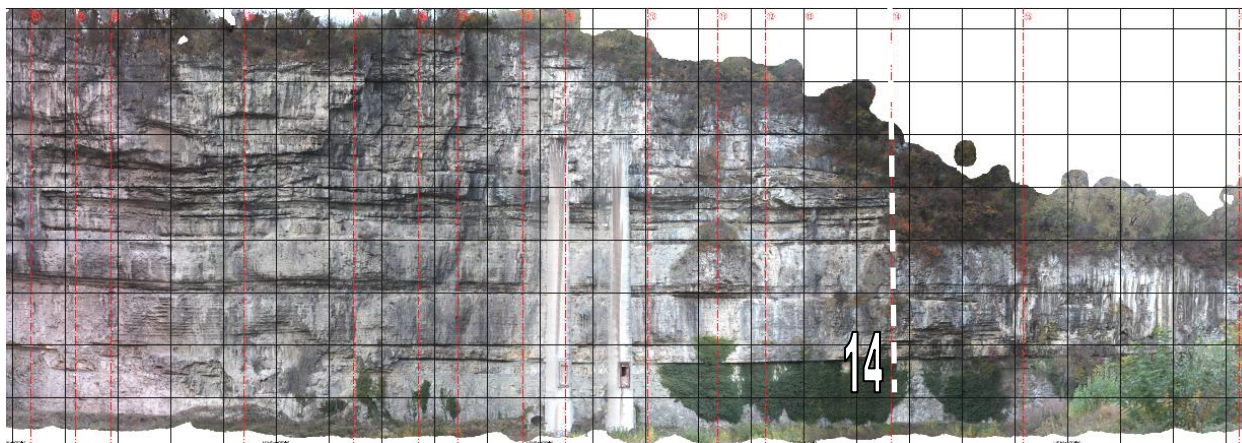
Modello numerico della sezione 13 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.

**PATRIMONIO DEL TRENINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento**

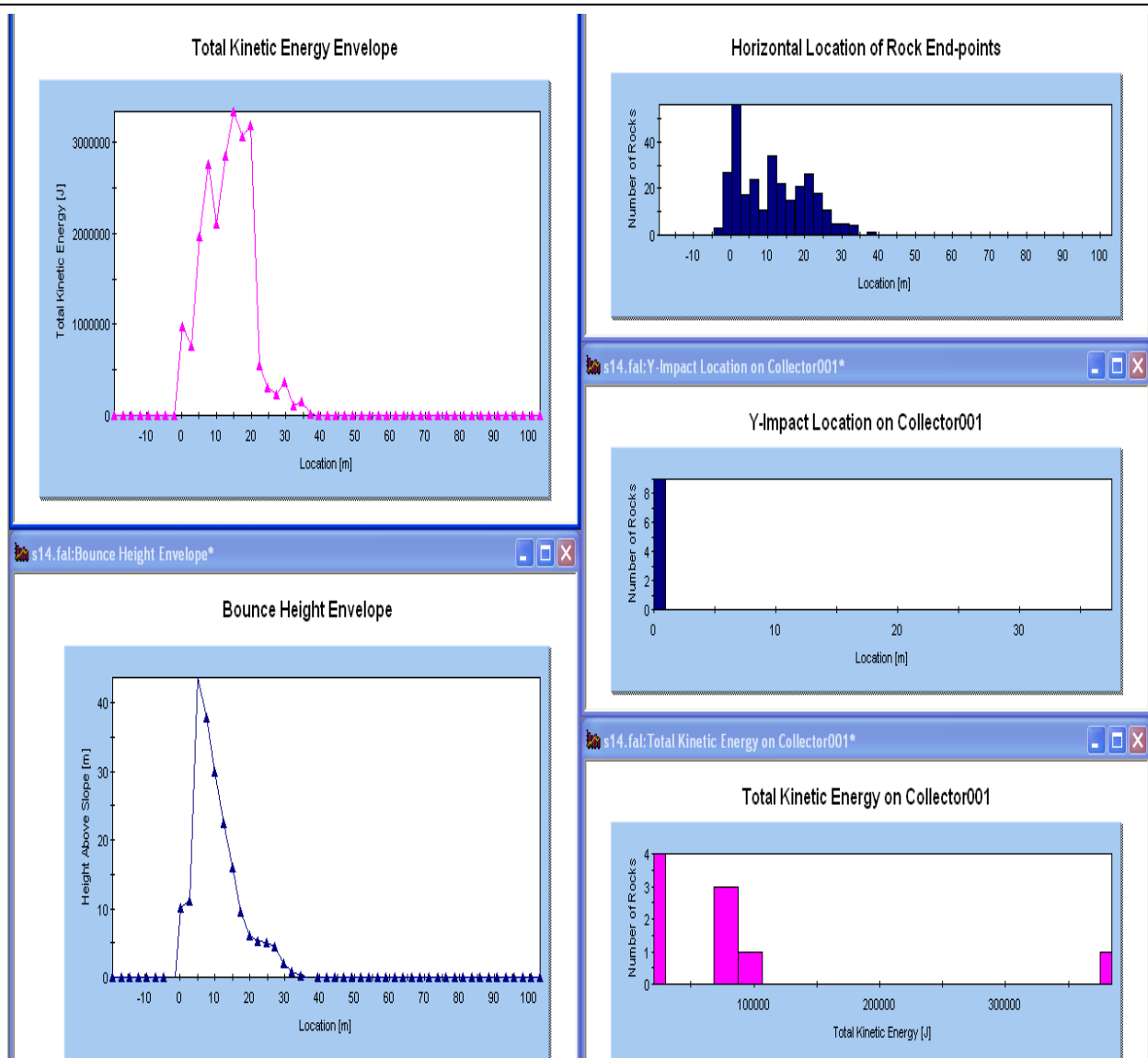
Sezione 13: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 14 - UBICAZIONE SU FOTO**

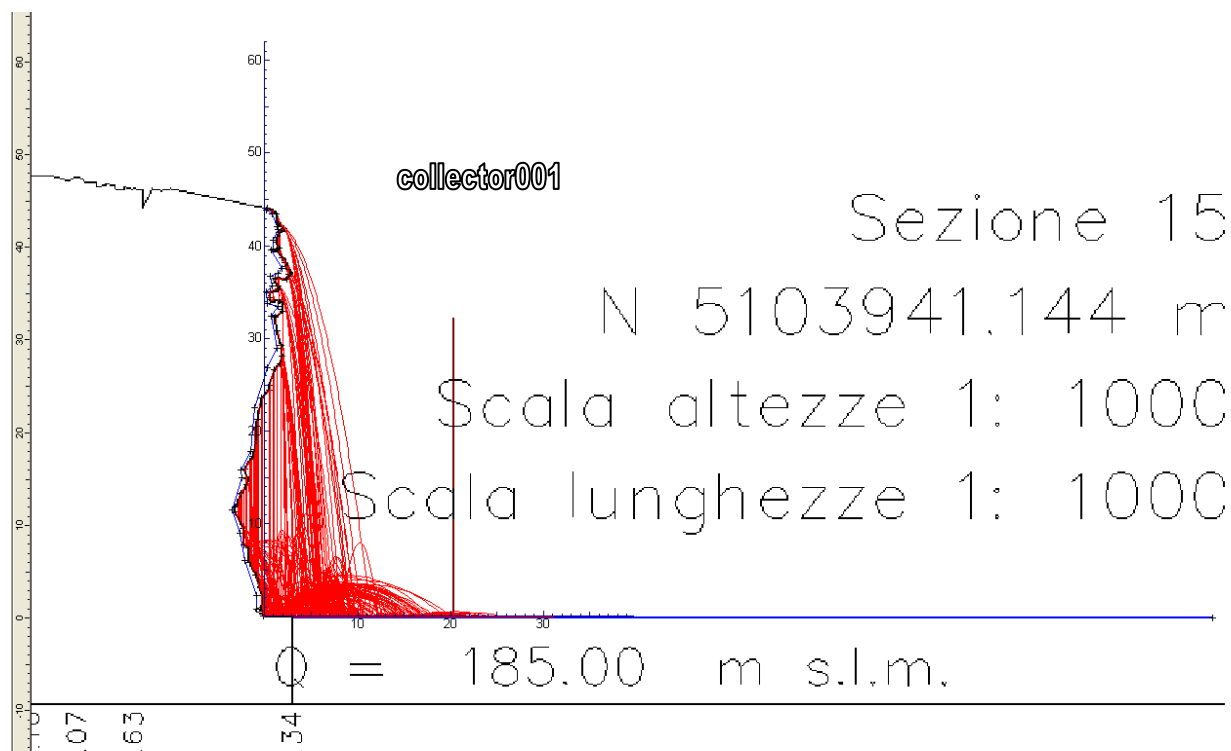
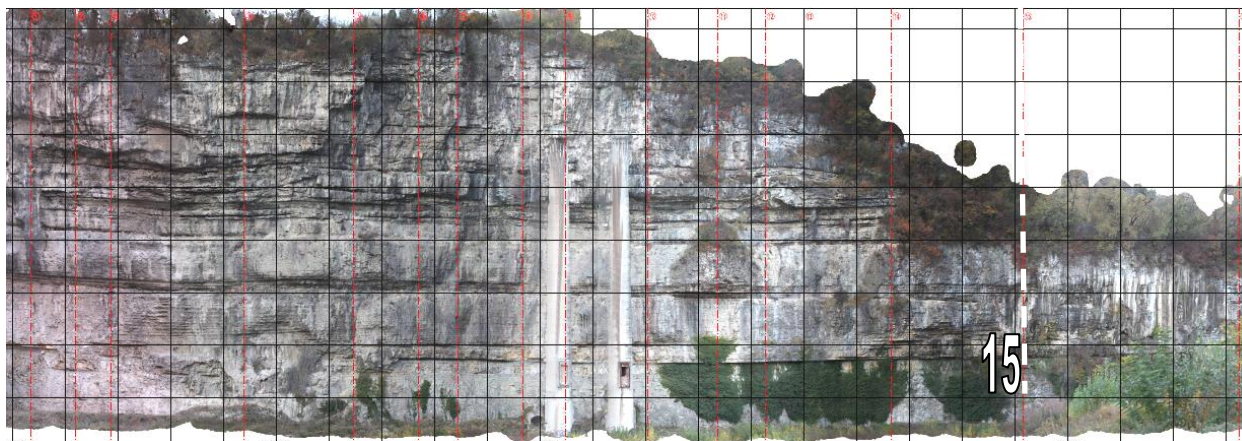
Modello numerico della sezione 14 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 3 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento**

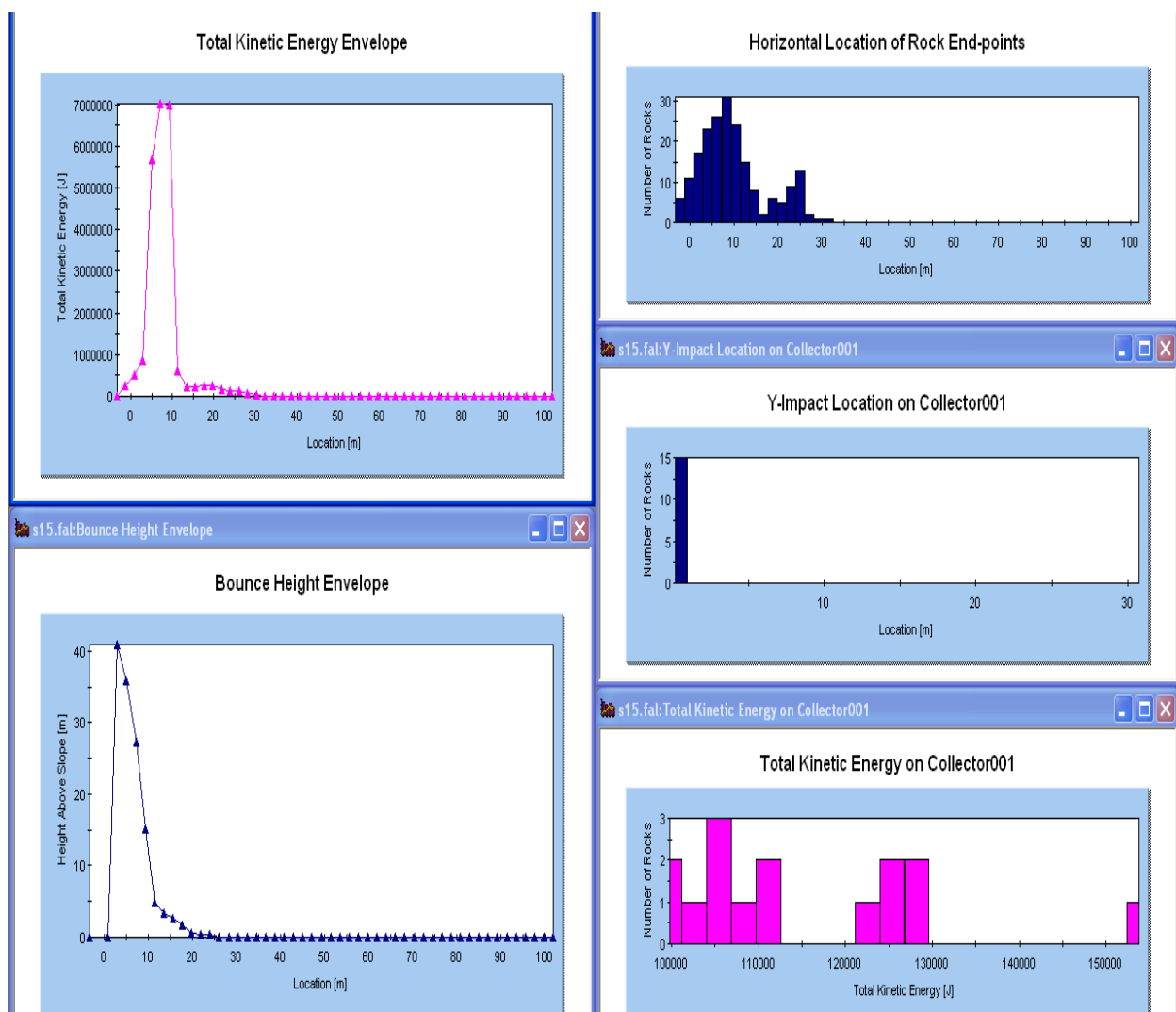
Sezione 14: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 15 - UBICAZIONE SU FOTO**

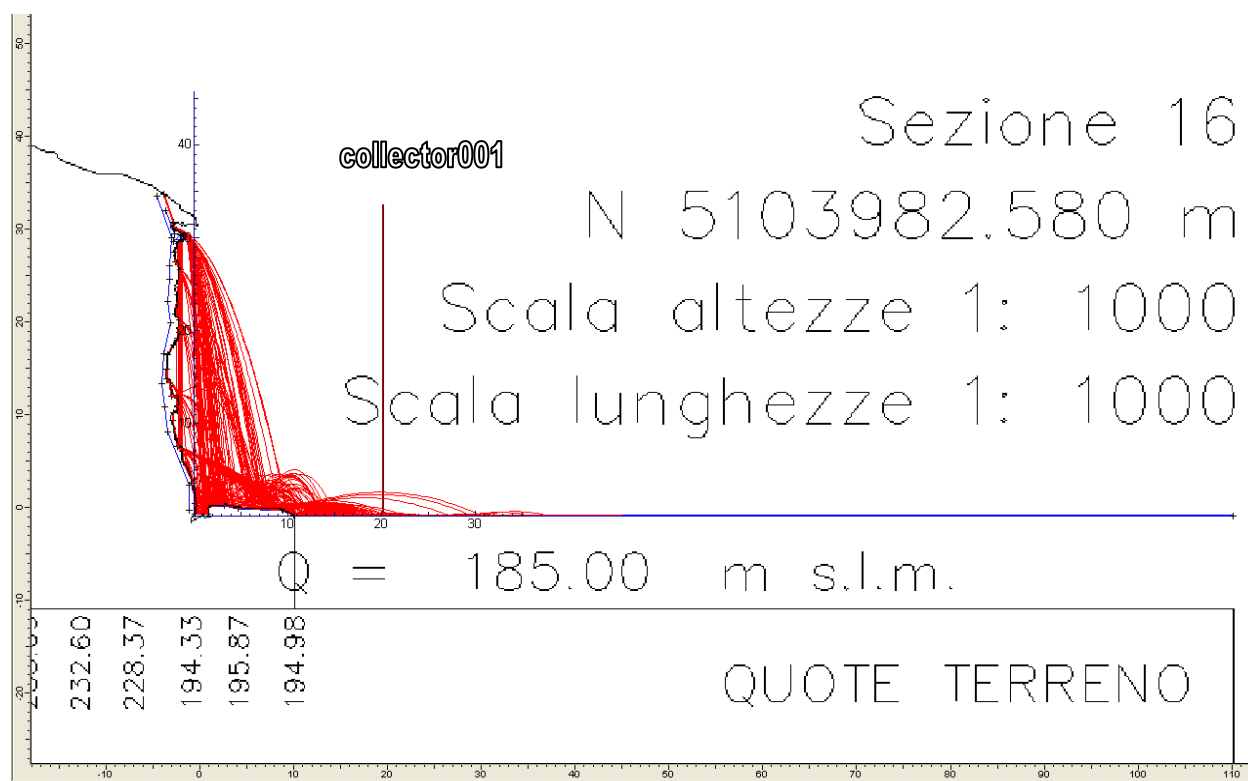
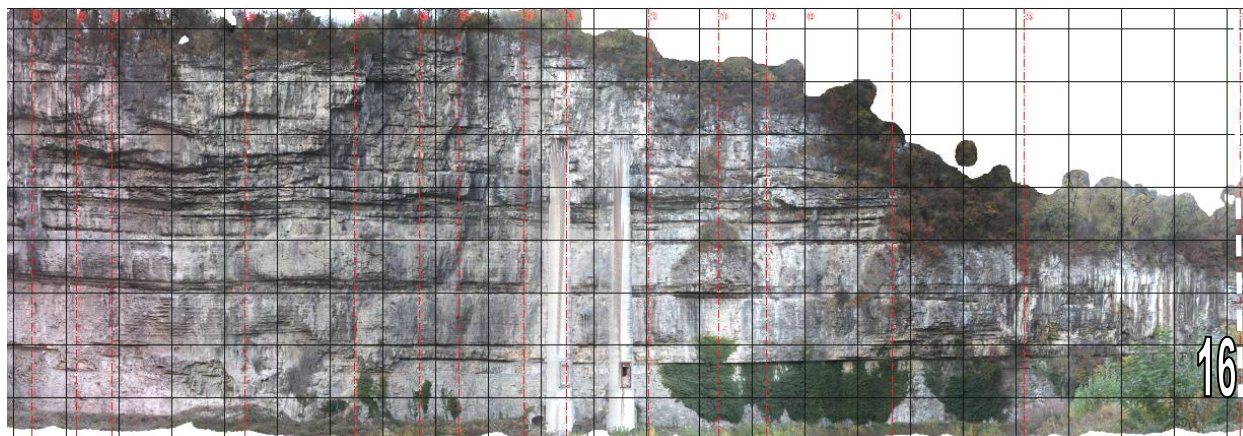
Modello numerico della sezione 15 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 8 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 15 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie**

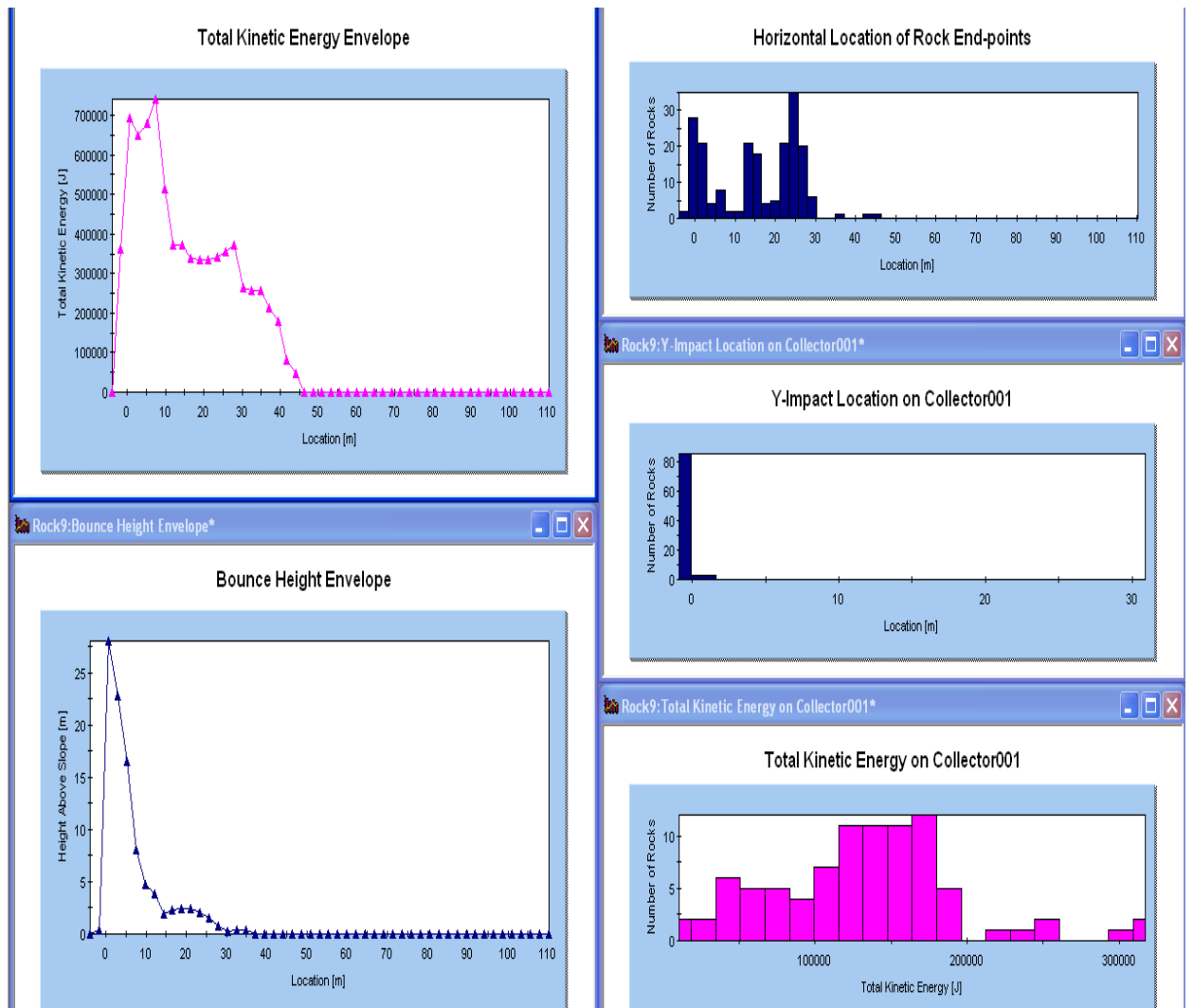
Sezione 15: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 16 - UBICAZIONE SU FOTO**

Modello numerico della sezione 16 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.

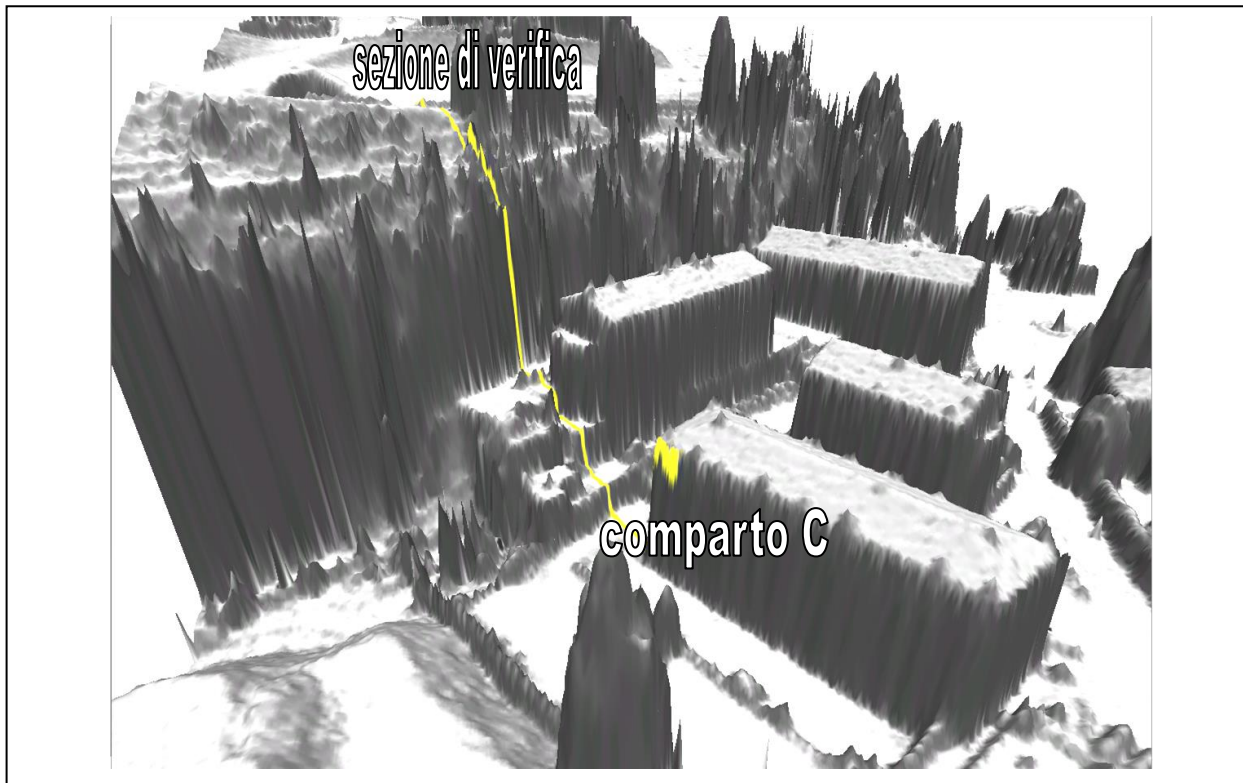
**PATRIMONIO DEL TRENINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento**

Sezione 16: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete. A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede. A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).



Per la zona N del Comparto C, ove fra la parete – che è comunque molto più bassa che in altri settori - ed il sedime di interesse vi è interposto un altro insediamento residenziale, si presenta un approfondimento specifico della valutazione della pericolosità. Allo scopo si riportano gli esiti di una specifica verifica di rotolamento: prudenzialmente, la sezione è fatta passare in corrispondenza delle scale di accesso fra la parte alta e la parte bassa del compendio edilizio, in modo di rappresentare la situazione più sfavorevole.

Inoltre per cautela si ipotizza che i massi non vadano a sfondare le pur poco resistenti coperture delle tettoie esistenti, ma rimbalzino come se impattassero su un suolo rigido.



Ubicazione sezione di verifica per la zona N del Comparto C (Lidar PAT 2014).



La parte di parete posta dietro il comparto edilizio esistente in corrispondenza del comparto C: vi sono situazioni che potrebbero generare crolli (es. vedi frecce).

Si è dunque voluto simulare con una modellazione numerica, adottando il codice Rocfall, la traiettoria dei massi che possono rotolare da questa parete per conoscere se possono arrivare fino al comparto C.

La traccia del profilo utilizzato per la verifica numerica è nelle figure precedenti.

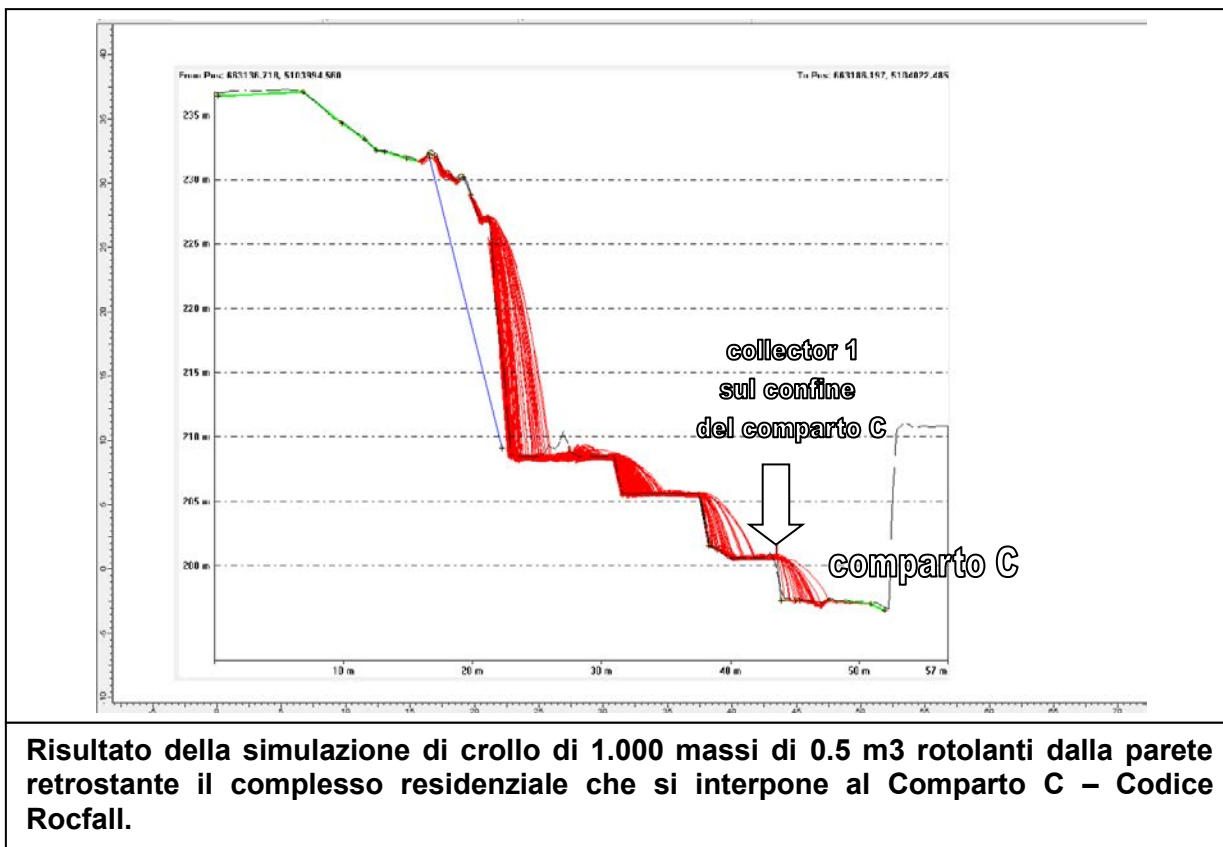
Creato il modello della sezione si è simulato il rotolamento del masso di progetto che, sulla base di quanto osservato, è stato considerato aver massa di 1250 Kg, pari a circa 0.5 m³.

Per prudenza si è modellato che la sorgente dei massi possa coinvolgere anche le parti più alte della scarpata, sopra lo strapiombo sub verticale.

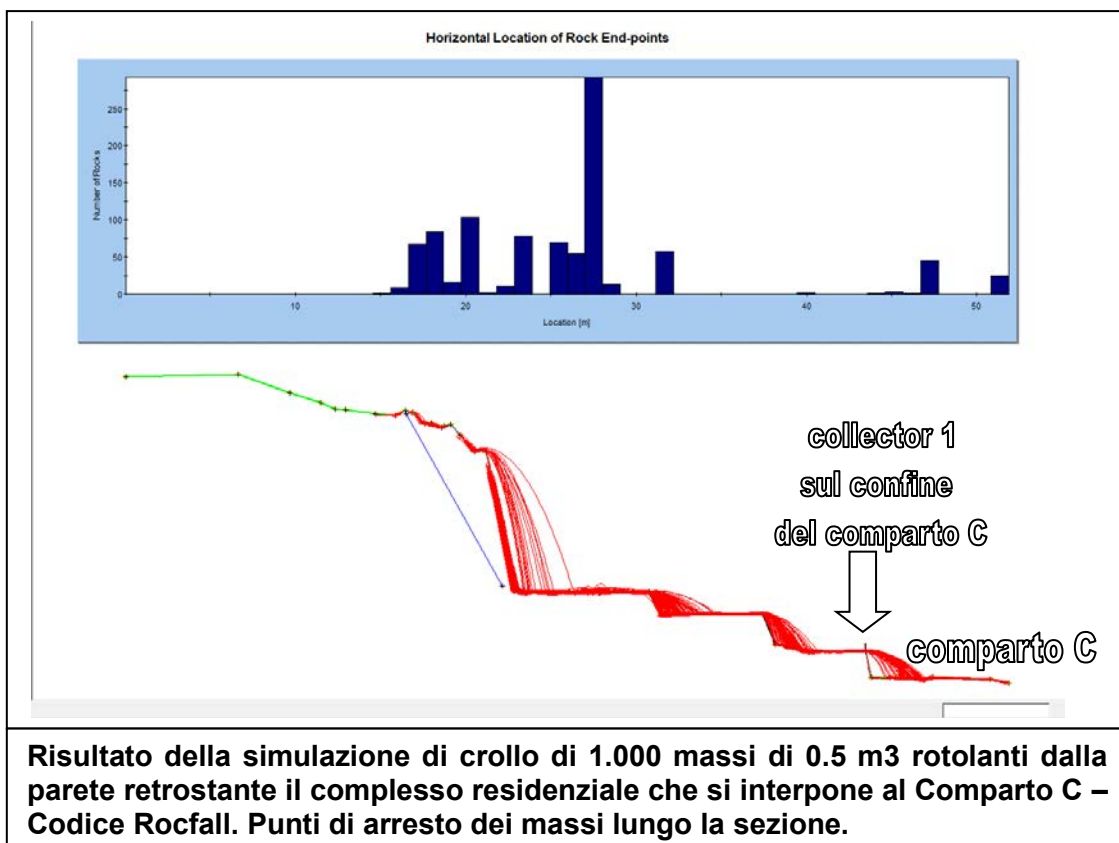
Si sono modellate le traiettorie di rotolamento di 1000 massi di volume pari a 0.5 m³ che potenzialmente si staccano dalla parete e che impattano sul complesso edilizio presente fra parete e Comparto C.

La scelta del masso di progetto si basa sulle evidenze delle condizioni della parete (si vedano come riferimento le fotografie soprastanti) che è effettivamente insistente nel settore di territorio di interesse

Per ciascun tipo di terreno si sono inseriti gli opportuni coeff. di restituzione dell'energia. Il risultato è visualizzato nelle figure a seguire: si tenga presente che il confine fra questo condominio ed il Comparto C è indicato dal trattino verticale (Collector 1), punto per il quale si possono così conoscere il numero e le caratteristiche delle traiettorie dei massi.



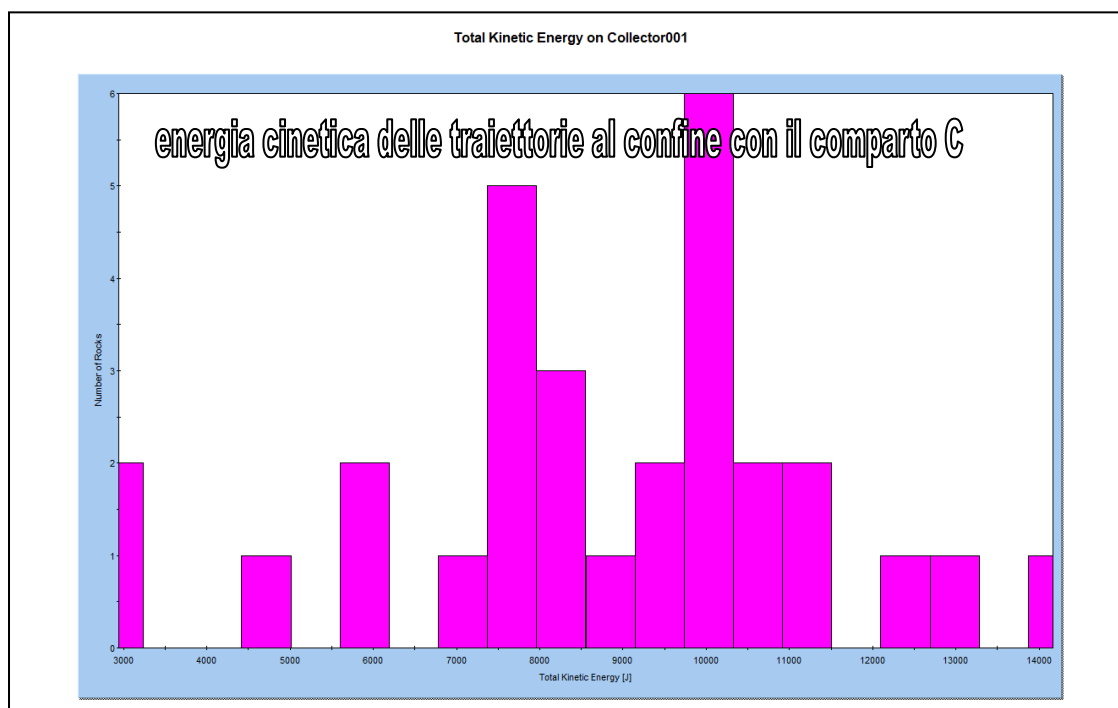
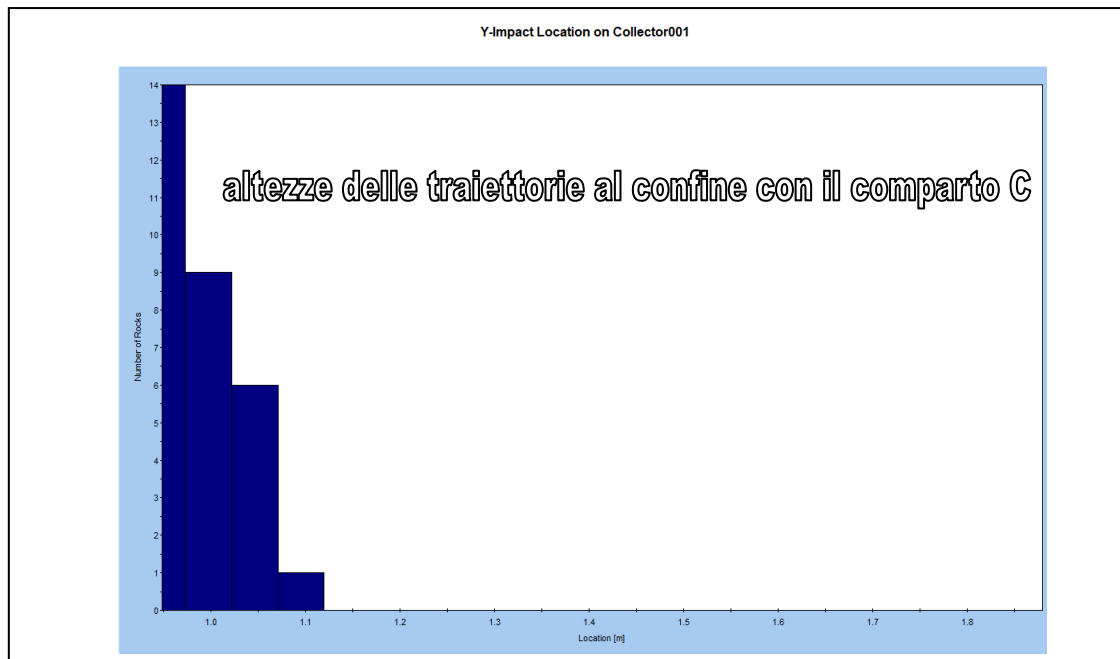
A seguire si riportano dei grafici che illustrano nel dettaglio il comportamento delle traiettorie dei massi lungo la sezione considerata.





Dalla simulazione, che porta a enfatizzare la pericolosità per via dell'elevato numero di crolli simulati (ben 1.000 crolli) si nota come la gran parte dei massi (circa 95 %) si arrestano alla base della parete o lungo le balze sottostanti, mentre solo una minor parte (circa 5%) arriva a rotolare fino al limite di proprietà ed oltre, fino al comparto C.

In corrispondenza del limite con il comparto C le caratteristiche cinematiche delle traiettorie sono illustrate nei due grafici a seguire:



Si vede come sul confine del comparto C possono arrivare massi rotolanti con altezza fino a 1.1 m sopra il piano di calpestio della terrazza al confine; le energie cinetiche di tali traiettorie arrivano fino a 14 KJ.



Dunque, al Data Collector 1, che rappresenta il confine del Comparto C delimitato da un muro esistente, arrivano alcune traiettorie di rotolamento e pertanto si dovranno prevedere delle opere di mitigazione del rischio: a seguire il tabulato delle condizioni di verifica.

RocFall Analysis Information

Document Name

italcementi-comparto-C.fal

Project Settings

Units: Metric

Friction angle: Calculate friction angle from RT)

Coefficient of Normal Restitution (RN) scaled based on rock velocity, According to:

$Rn(scaled) = Rn / (1 + (V_{rock}/K)^2)$, where $K=9.144$

Minimum Velocity=0.1

Angular Velocity of the rocks CONSIDERED

Standard Deviations USED when generating slope vertices

Random-number generation: Random

Materials

Material name: Clean hard bedrock [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.53 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.99 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Asphalt [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.4 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.9 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Soil with vegetation [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.3 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.8 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Seeders

Line Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0

Vertical Velocity: mean=0, std dev=0

Mass: mean=1250, std dev=0

Angular Velocity: mean=0, std dev=0

Location (Vertex 1): 16.531, 31.9

Location (Vertex 2): 22.158, 9.393

Data Collectors

Data Collector name: Collector001

Start Point: 43.501, 0.948

End Point: 43.505, 1.929



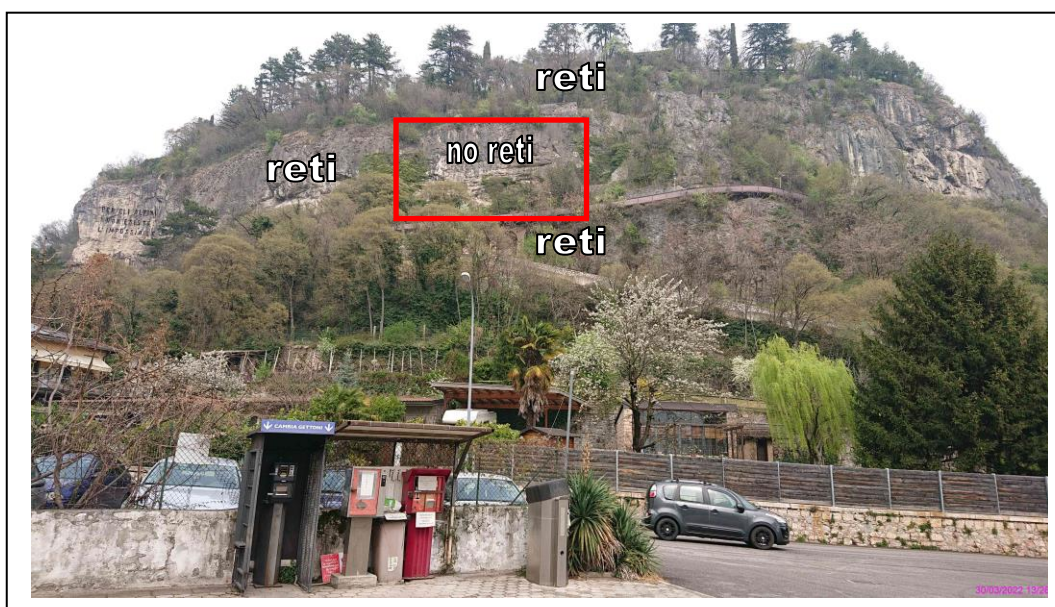
Parete Doss Trento

Per la parete "Doss Trento" (che origina una penalità P2 sul sito ed una penalità P3 sulla zona prospiciente di Via Brescia), si riportano a seguire delle specifiche valutazioni e simulazioni sebbene, date le premesse sopra riferite, un ipotetico spandimento da crollo che riuscisse a superare le varie infrastrutture e strade che si interpongono fra parete e sito (circostanza ritenuta estremamente improbabile) arriverebbe alla base della parete con traiettorie di puro rotolamento.

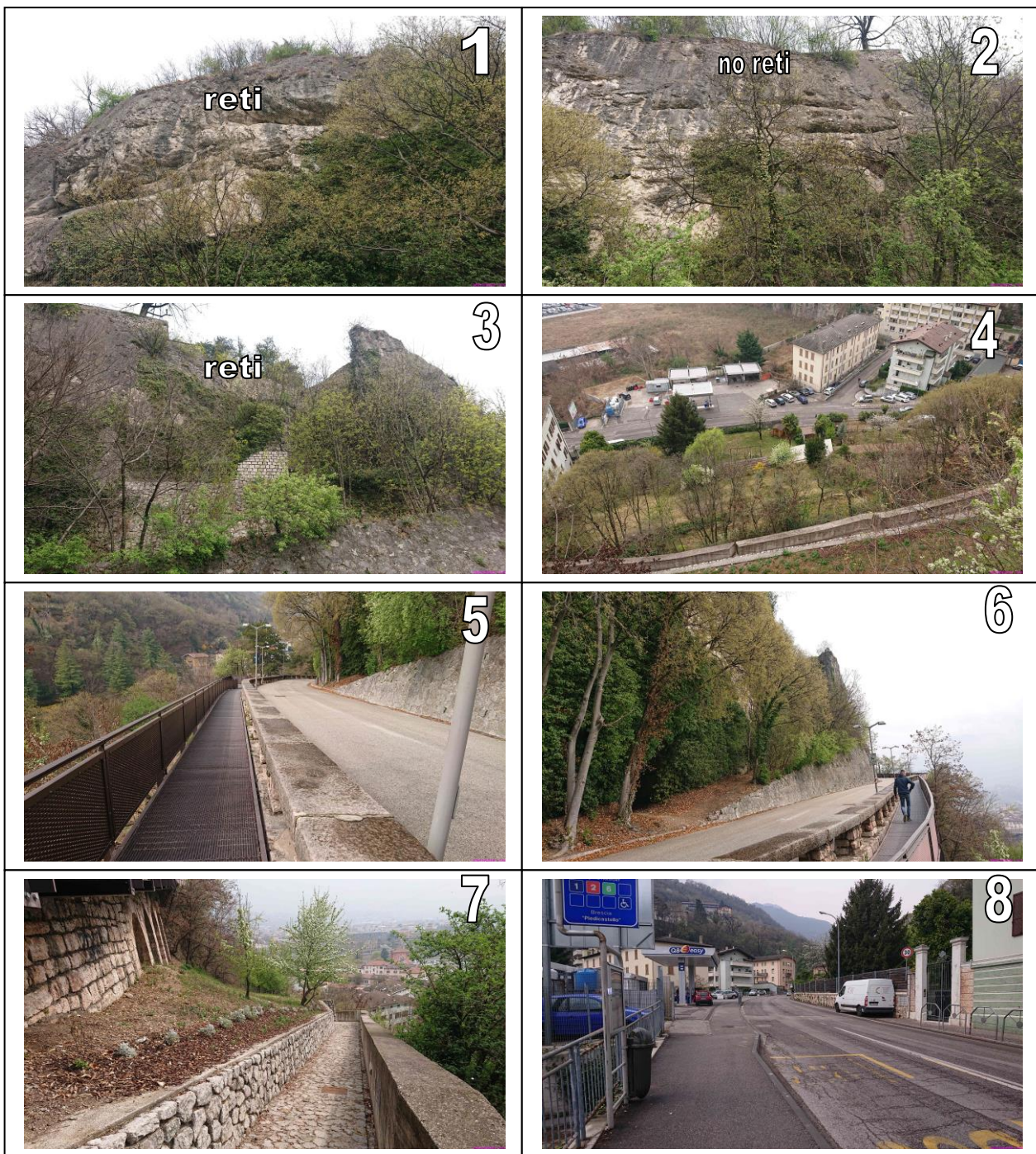
La parete del Doss Trento è peculiare nel senso che si sviluppa, essendo un rilievo isolato, su un fronte a 360 gradi: tuttavia la parte di parete rivolta verso la zona di interesse è limitata ad un breve tratto di Via Brescia, evidenziato dalle frecce nella foto a seguire:



Inoltre, relativamente, al settore di interesse si può poi distinguere fra le pareti rocciose già rivestite con reti rispetto a quella parte di parete non rivestita (mostrata dal riquadro rosso).



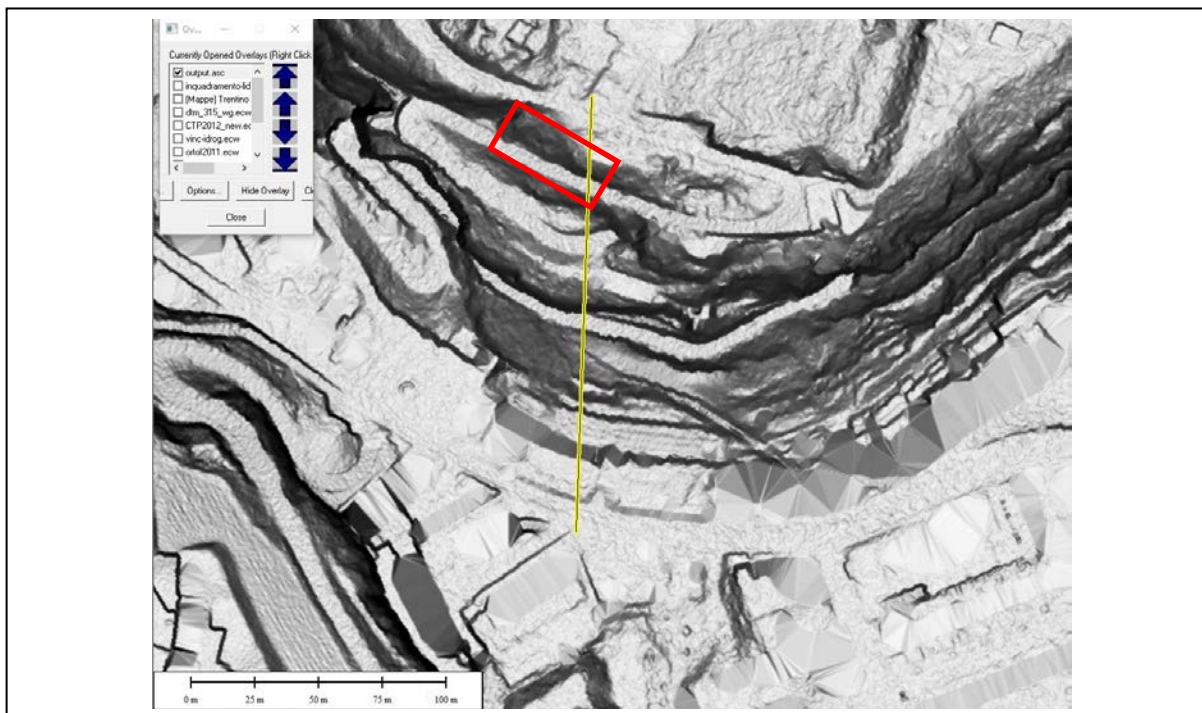
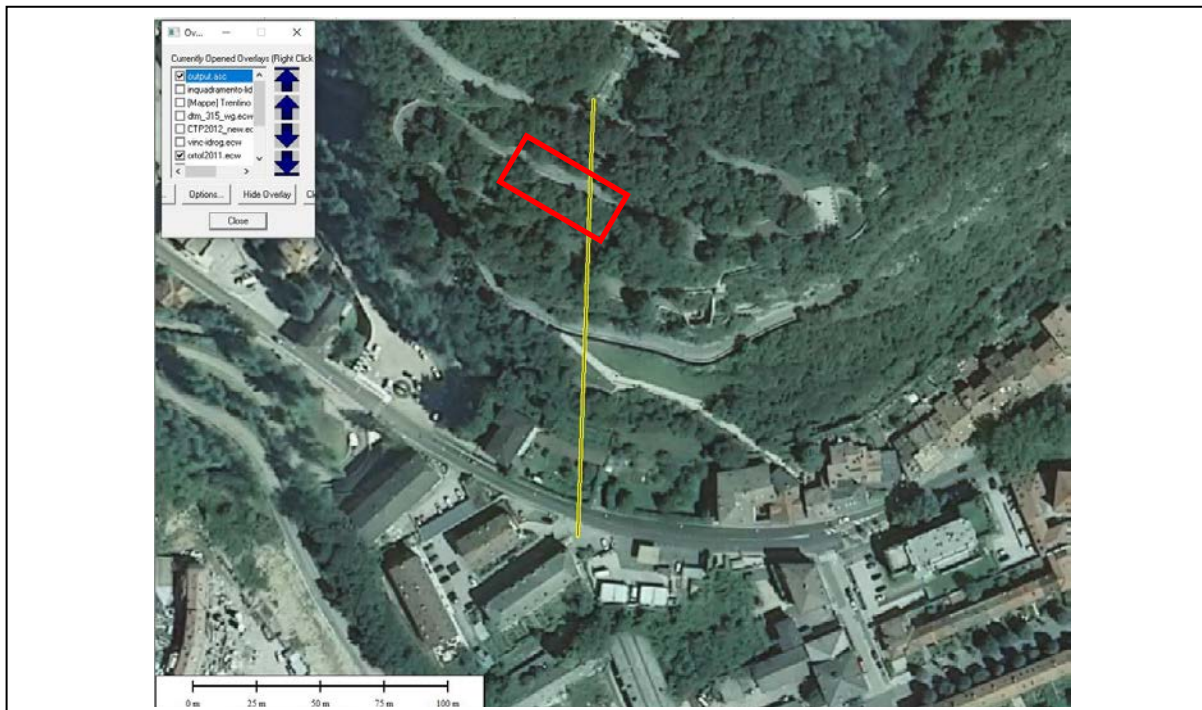
A seguire sono alcune immagini che illustrano il tratto di parete di interesse.



- 1 = parete rivestita da rete**
2 = parete non rivestita
3 = parete con rete e tiranti
4 = pendio sotto la parete non rivestita: notare la trincea del percorso pedonale
5 = strada e passerella poste sotto alla parete non rivestita
6 = idem
7 = particolare del vallo pedonale
8 = tratto di Via Brescia interposto fra la parete del Doss Trento e la zona del comparto "C"



Si è comunque voluto verificare con una modellazione numerica, adottando il codice Rocfall, la traiettoria dei massi che possono effettivamente rotolare dalla parete non rivestita: a seguire si riporta la traccia del profilo utilizzato per la verifica numerica.



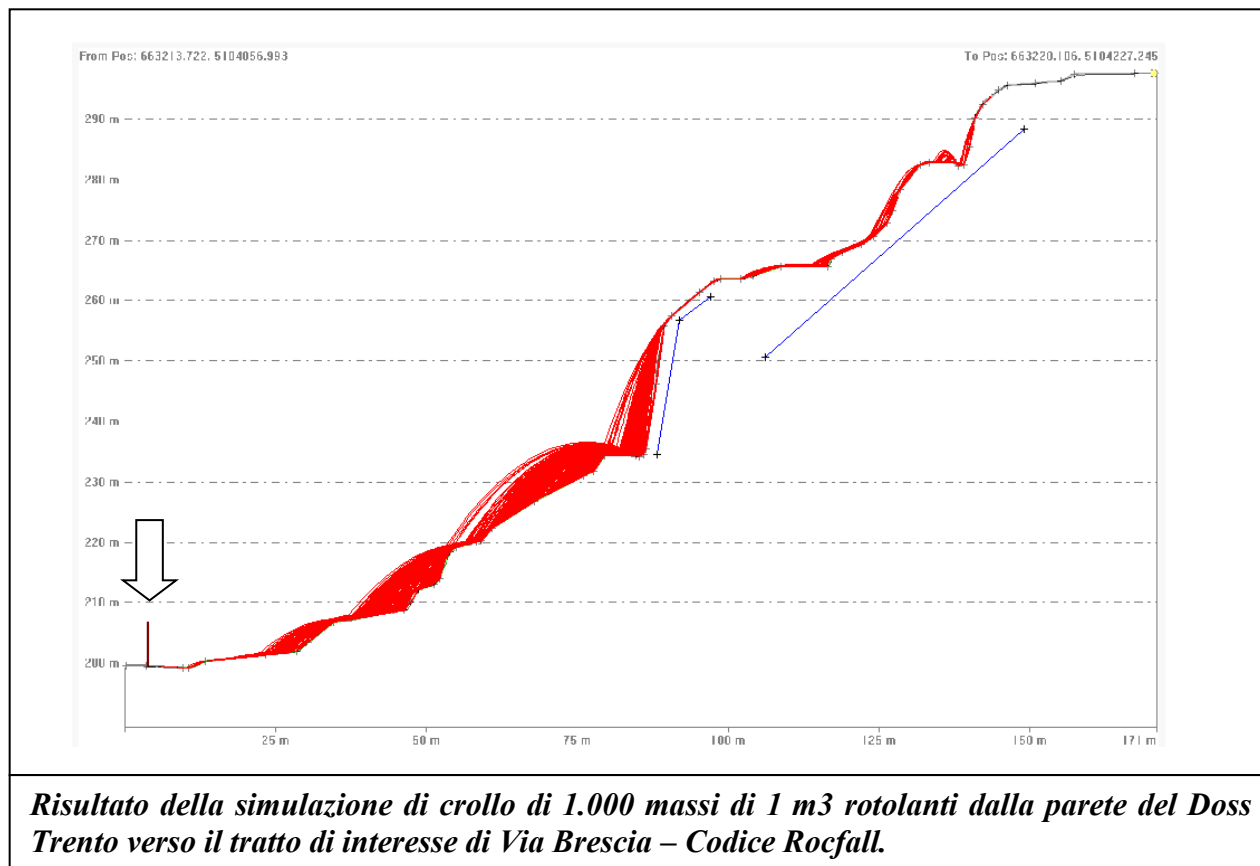
Una volta creato il modello della sezione si è simulato il rotolamento del masso di progetto che, con evidente prudenza, è stato considerato aver massa di 2600 Kg, pari a circa 1 m³.

Sempre per prudenza si è modellato che la sorgente dei massi possa coinvolgere anche le parti più alte della scarpata, dove in realtà vi sono reti, muri e altre opere di rinforzo della scarpata.

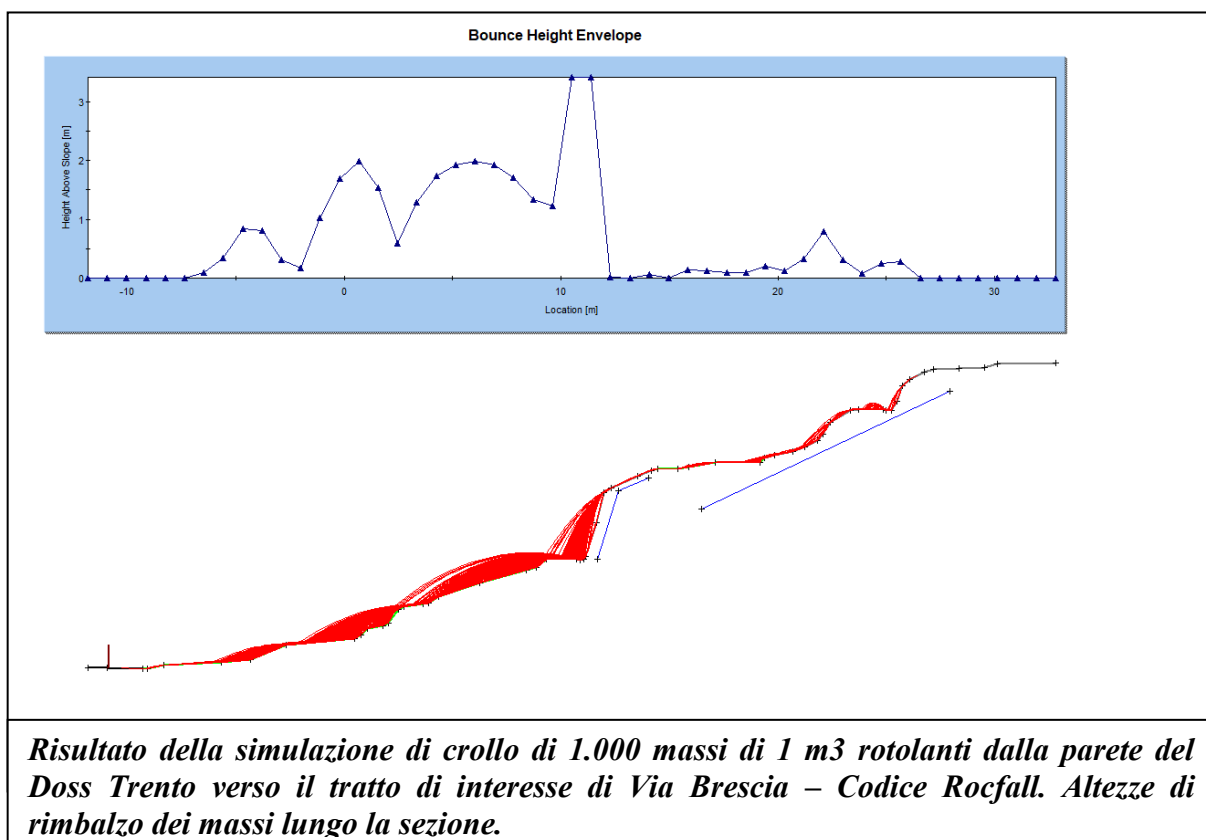
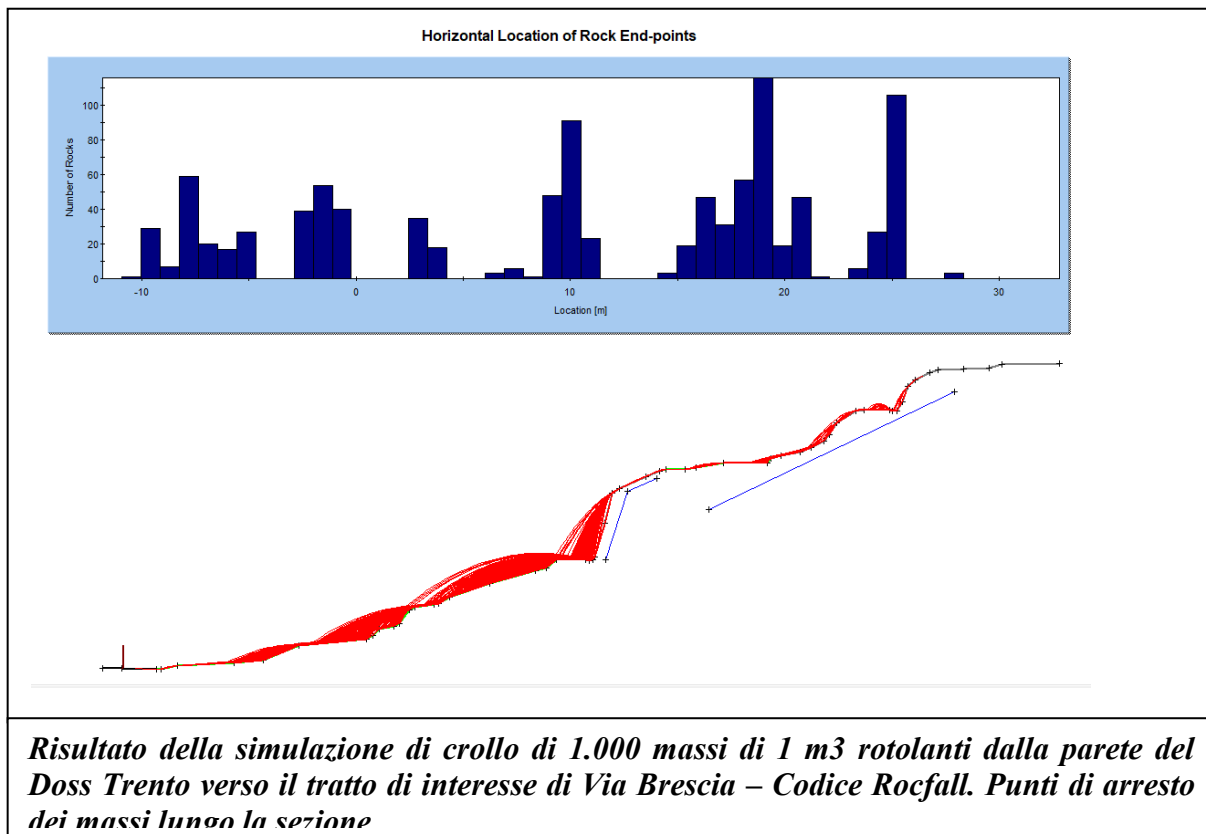


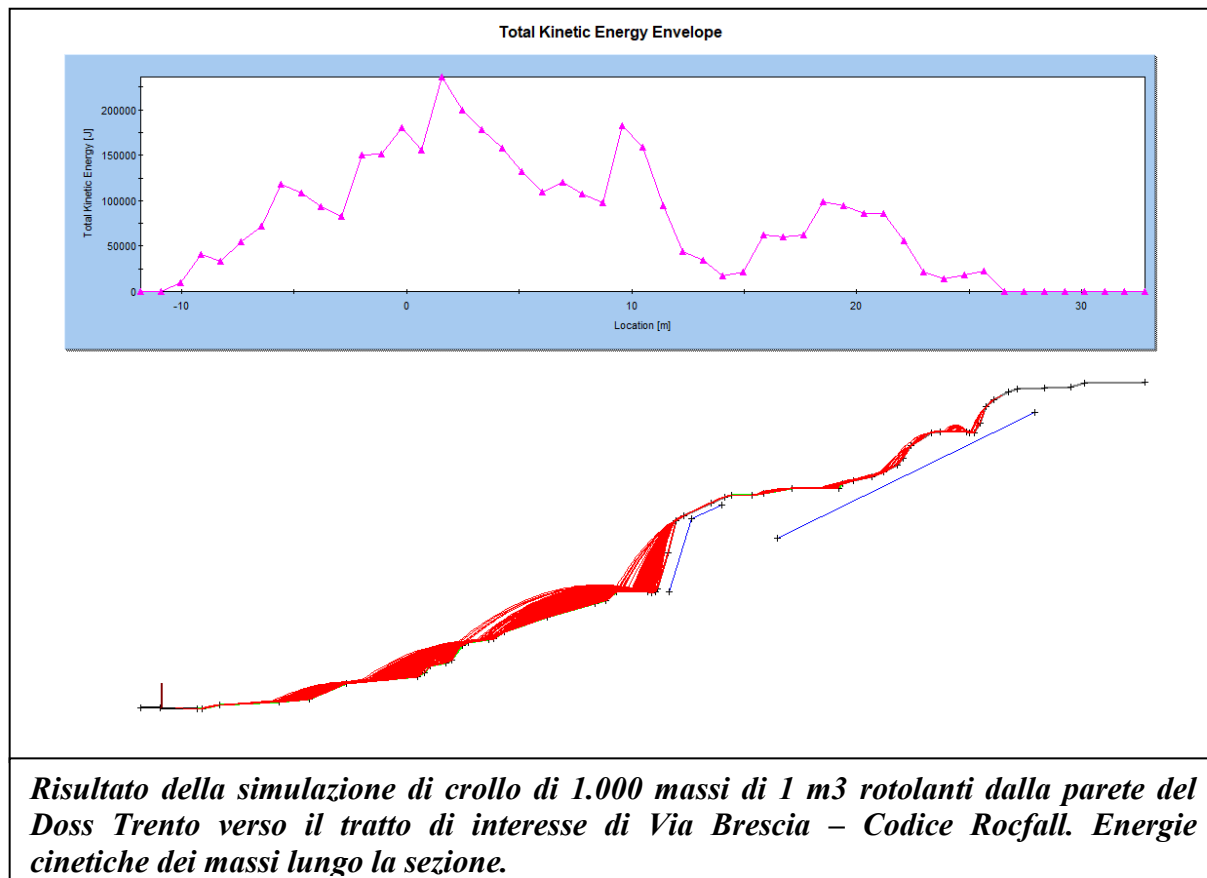
Si sono modellate le traiettorie di rotolamento di 1000 massi di volume pari a 1 m³ che potenzialmente si staccano dalla parete e che impattano sui diversi tipo di terreno (strada asfaltata, prati, ecc.) presenti a valle della parete.

Per ciascun tipo di terreno si sono inseriti gli opportuni coeff. di restituzione dell'energia. Il risultato è visualizzato nelle figure a seguire: Si tenga presente che il confine fra Via Brescia ed il sito è indicato dal trattino verticale (Collector 1) punto per il quale si possono così conoscere il numero e le caratteristiche delle traiettorie dei massi.



A seguire si riportano dei grafici che illustrano nel dettaglio il comportamento delle traiettorie lungo la sezione considerata.





Al Data Collector 1, che rappresenta il confine fra il sito e Via Brescia, non arriva nessuna traiettoria di rotolamento: a seguire il tabulato delle condizioni di verifica.

RocFall Analysis Information

Document Name

Rock1.fal

Project Settings

Units: Metric

Friction angle: Use friction angle specified in material editor

Coefficient of Normal Restitution (RN) scaled based on rock velocity, According to:

$Rn(scaled) = Rn / (1 + (V_{rock}/K)^2)$, where $K=9.144$

Minimum Velocity=0.1

Angular Velocity of the rocks CONSIDERED

Standard Deviations NOT USED when generating slope vertices

Random-number generation: Random

Materials

Material name: Clean hard bedrock [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.53 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.99 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Asphalt [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.4 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.9 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

Material name: Soil with vegetation [default]

Coefficient of Normal Restitution (RN): mean=0.3 std dev=0.04

Coefficient of Tangential Restitution (RT): mean=0.8 std dev=0.04

Friction Angle: mean=30 std dev=2

Roughness: std dev=0

SeedersLine Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0

Vertical Velocity: mean=0, std dev=0

Mass: mean=2600, std dev=0

Angular Velocity: mean=0, std dev=0

Location (Vertex 1): 16.486, 11.323

Location (Vertex 2): 27.935, 21.39

Line Seeder

Horizontal Velocity: mean=0, std dev=0

Vertical Velocity: mean=0, std dev=0

Mass: mean=2600, std dev=0

Angular Velocity: mean=0, std dev=0

Location (Vertex 1): 11.681, 7.014

Location (Vertex 2): 12.671, 12.91

Location (Vertex 3): 14.048, 13.986

Data CollectorsData Collector name: Collector001

Start Point: -10.871, -2.369

End Point: -10.828, -0.389

Il significato complessivo di questa simulazione, al di là dei risvolti tecnico - amministrativi riferiti al tratto di pendio immediatamente sottostante alla parete e che non sono oggetto del presente studio, è che il punto di arresto dei massi di progetto che rotolano dal Doss Trento verso il sito di interesse coincide circa con il limite fra la zona a penalità P3 e la zona a penalità P2 della Carta di Sintesi della Pericolosità.

Questo significa, oltre alla validazione del modello rispetto alle valutazioni dell'estensore dello strumento urbanistico che elabora le sue valutazioni non tenendo conto della presenza di opere tipo reti e paramassi, che le traiettorie dei massi che cadono lungo la sezione di parete rivolta verso il sito, non arrivano a rotolare fin dentro alla zona di interesse ma si fermano all'altezza di Via Brescia.

Pertanto, anche considerando che, in realtà, lungo il pendio vi sono manufatti in grado di contribuire ad ostacolare il rotolamento dei massi (es. la passerella in acciaio, la trincea del camminamento, varie recinzioni, tettoie, muretti, ecc) e che tali elementi non entrano nel



modello, non si ritiene di dover assegnare particolari prescrizioni in merito alla realizzazione ed alla presenza delle opere in progetto derivanti dalla presenza della parete del Doss Trento.

Va tuttavia fatta una considerazione relativa allo sbocco della viabilità interna verso la viabilità pubblica: l'utente della viabilità interna della zona di attuazione "C" si trova, prima dell'ingresso o dopo l'uscita dal sito di interesse, a passare da una zona a penalità P2 verso una zona a penalità P3, coincidente con una viabilità pubblica.

Per tale aspetto, che esula dalle valutazioni di competenza, si rinvia certamente alle considerazioni di chi ha competenza sull'argomento della pericolosità riferita alle vie di comunicazione pubbliche.

- Massimi effetti prevedibili e vulnerabilità di quanto si intende realizzare

Gli effetti prevedibili causati dall'impatto di un masso – riferimento alla sola parete "Italcementi" sulle strutture, sebbene non si arrivi alla completa distruzione di un edificio, sono semplicemente non accettabili, in quanto viene messa a repentaglio l'incolumità delle persone, determinando una vulnerabilità elevata. Pertanto l'approccio utilizzato è quello di eliminare la possibilità di tale accadimento.

- Definizione delle opere di riduzione del rischio:

Per difendere il sito dalla caduta massi si deve far riferimento alla metodologia prevista dalle norme UNI 11211-4 "Opere di difesa dalla caduta massi" (Norme da 1 a 5 di cui la 2 aggiornata all'08/07/2021).

Per la parete "Italcementi" si conferma la prescrizione già formulata nei precedenti elaborati redatti da GeoAlp (2017, 2018 e 2019), di realizzare, dopo il disgaggio delle porzioni pericolanti individuate nelle schede precedenti, un vallo tomo interposto fra la parete ed il sito. Secondo la normativa in essere vanno adottate misure di sicurezza tali per cui si evita la possibilità di impatto relativa al 95° percentile delle traiettorie dei massi valutati con la modellazione 3D con il codice Rockyfor3D.

Il tomo dovrà anche rispondere ai dimensionamenti conseguenti dalle simulazioni 2D – con il codice Rocfall.

Risulta pertanto che il tomo, posizionato in corrispondenza della posizione indicata dagli elaborati di progetto (precedentemente riportate), deve avere una altezza minima di 3 m ed energia di assorbimento non inferiore a 886 kJ.

Sopra a tale opera, per tener conto delle possibili proiezioni derivanti dagli impatti, deve essere posta una rete paramassi alta non meno di 2 metri ed in grado di resistere ad urti fino a 200 KJ.

Si conferma anche la prescrizione di modificare le caratteristiche della superficie topografica della fascia interposta fra la parete rocciosa ed il tomo: dovrà essere posato uno spessore non inferiore a 0.4-0.5 m di terreno limoso, in grado di contribuire in modo molto significativo ad arrestare e/o frenare le traiettorie dei massi transitanti fra parete e tomo.

A maggior garanzia di sicurezza si potrà anche inserire una rete paramassi posizionata a monte del ciglio della parete in modo di intercettare eventuali crolli provenienti dalle balze rocciose soprastanti (crolli che avrebbero una significativa componente traslativa), dove sono presenti situazioni di instabilità che potrebbero nel tempo evolversi e rilasciare rotolamenti.

Per la zona Nord del comparto C, al confine con un complesso residenziale esistente, la disposizione planoaltimetrica locale (il comparto C è posto ad una quota inferiore di circa 4 – 5 m rispetto al complesso residenziale) impone di dover adottare un'opera di protezione particolare. Qui infatti il tomo si troverebbe in "ombra" rispetto alle traiettorie dei massi per via della differente quota di spiccat: pertanto in questo settore viene proposta un'opera del tipo paramassi al confine di proprietà. Quest'opera deve poter contenere traiettorie di rotolamento alte fino a 1.1 m e con energia cinetica traslativa di 14 KJ – con gli opportuni margini di sicurezza dettati dalle norme UNI.

Sono opere più contenute rispetto al tomo del rimanente settore di comparto in quanto qui si è tenuto conto della presenza delle opere edili esistenti ed anche della circostanza che la



Carta di Sintesi della Pericolosità, proprio in questo settore, passa da Penalità medie P3 a Penalità basse P2.

Per la parete "Doss Trento" si ricorda che non risultano necessarie particolari opere di riduzione del rischio stante che le simulazioni indicano che i massi si fermano in Via Brescia.

- Cronoprogramma opere:

Per la difesa del sito dalla caduta massi le opere di messa in sicurezza devono precedere l'impianto del cantiere.

Le fasi da eseguirsi sono così riassumibili: opere di difesa attiva ed opere di difesa passiva.

difesa attiva (prevenzione dei crolli incontrollati)

- ispezione e disgregazione della parete, con particolare attenzione alla parte sommitale, al di sopra e dietro al ciglio della parete principale, nella zona di raccordo con i pianori soprastanti dove vi sono i pinnacoli instabili descritti nella scheda di instabilità n° 35; potrà eventualmente – circostanza da accertarsi dopo il disgregazione - esserci la necessità di porre in atto delle mirate chiodature di consolidamento con pannello in funi e/o simili.

Anche il muro a secco presente a monte della parete si presenta a luoghi ammalorato: si valuti se consolidarlo e/o rimuovere le parti instabili (scheda di instabilità n° 36).

Non è pensabile però che tali interventi possano bastare, sia perché la parete è sottoposta ad evoluzione geomorfologica (con conseguente sviluppo di situazioni instabili al momento non visualizzabili) e sia perché non è possibile essere sicuri di poter riconoscere tutte le situazioni di instabilità, date anche le patine di calcite che a luoghi mascherano la parete.

Agli interventi attivi vanno pertanto accoppiati degli interventi di protezione passiva, da realizzarsi dopo gli interventi attivi.

difesa passiva (prevenzione degli effetti dei crolli)

Realizzazione del tomo come precedentemente descritto e dimensionato e, nella parte N, della rete paramassi: poichè risulta che il comparto "C" precederà temporalmente la realizzazione dei progetti sugli altri comparti, allora l'opera di protezione dovrà essere estesa verso S, fin oltre il confine del lotto, in modo che il tomo possa intercettare anche le traiettorie di crollo che dovessero provenire dal settore centrale della parete "Italcementi",

Posa di 0,4-0,5 m di spessore di suolo limoso fra parete e tomo.

Una volta completati tali interventi si potranno avviare i lavori per il restante cantiere.

- Conclusioni:

Come riferito nella relazione geologica, il sito è potenzialmente coinvolto dalle traiettorie di crollo dalla parete rocciosa "Italcementi" immediatamente retrostante il sito, mentre non risulta coinvolto dalle dinamiche di crollo della parete "Doss Trento".

Sulla base delle evidenze di campagna e della modellazione numerica del pendio si sono simulate le caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi (altezza, velocità, energia).

Per rendere compatibile il progetto sono da prevedersi interventi attivi di disgregazione ed eventuale posa di mirate opere di consolidamento sulle porzioni instabili che non si riuscisse a rimuovere e bonificare.

Oltre agli interventi attivi sono indispensabili opere di protezione passiva: si è prevista la posa di un materassino di limo alla base della parete (per assorbire le energie di impatto degli



eventuali crolli) e poi di un tomo con rete paramassi sommitale e una paramassi nel settore N del comparto C.

Con l'adozione di tali accorgimenti si otterrà la compatibilità alla realizzazione del progetto rispetto alle condizioni di pericolosità da caduta massi.

Il progetto delle opere di mitigazione del rischio sopra descritte deve prevedere anche un piano di manutenzione delle stesse: tale piano deve comprendere anche una periodica ispezione delle condizioni geologiche della parete "Italcementi" in quanto essa è soggetta, come tutte le pareti rocciose, a dinamiche evolutive che devono essere monitorate.

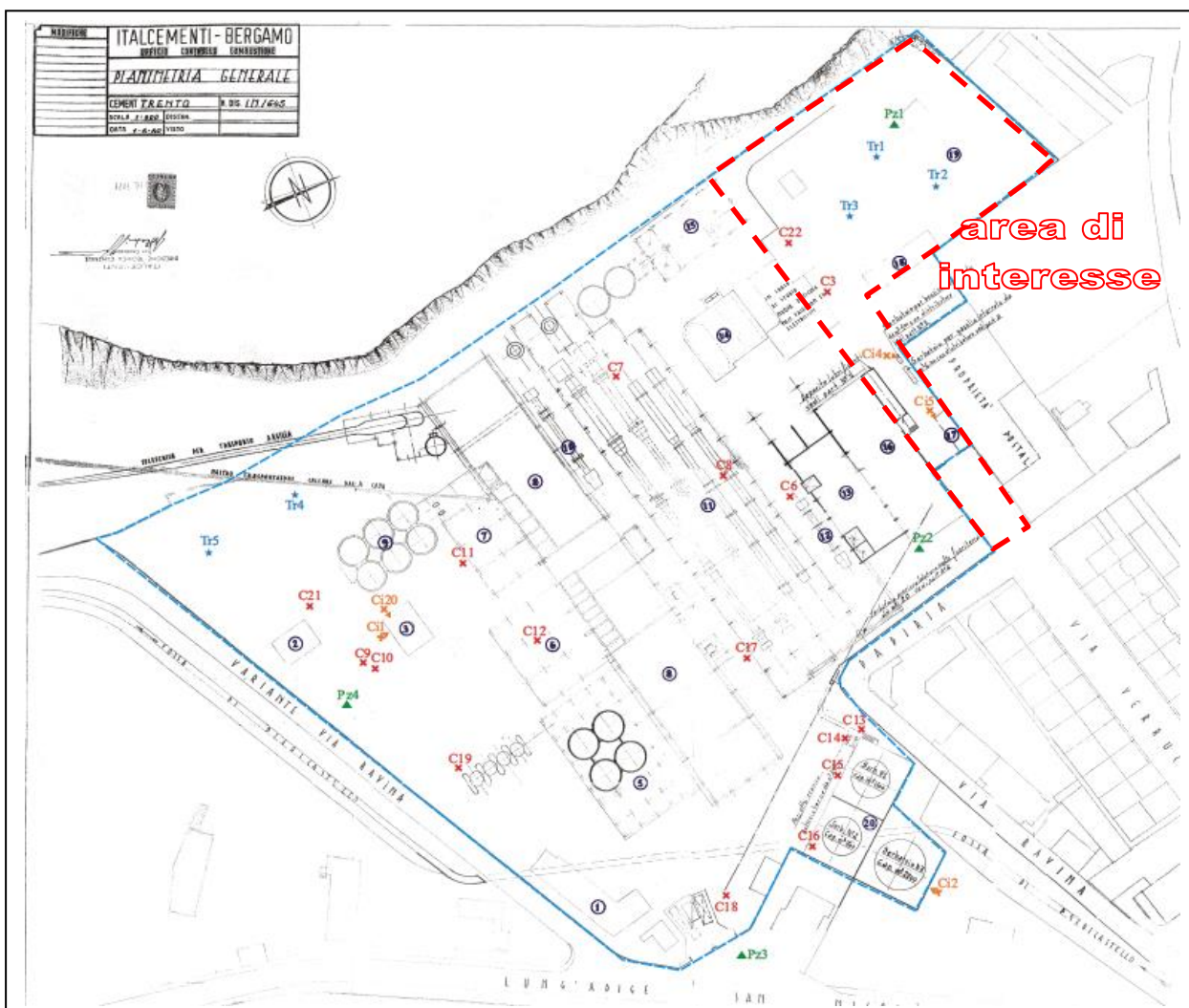
San Cristoforo, aprile 2022

**Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Franca Bazzanella**

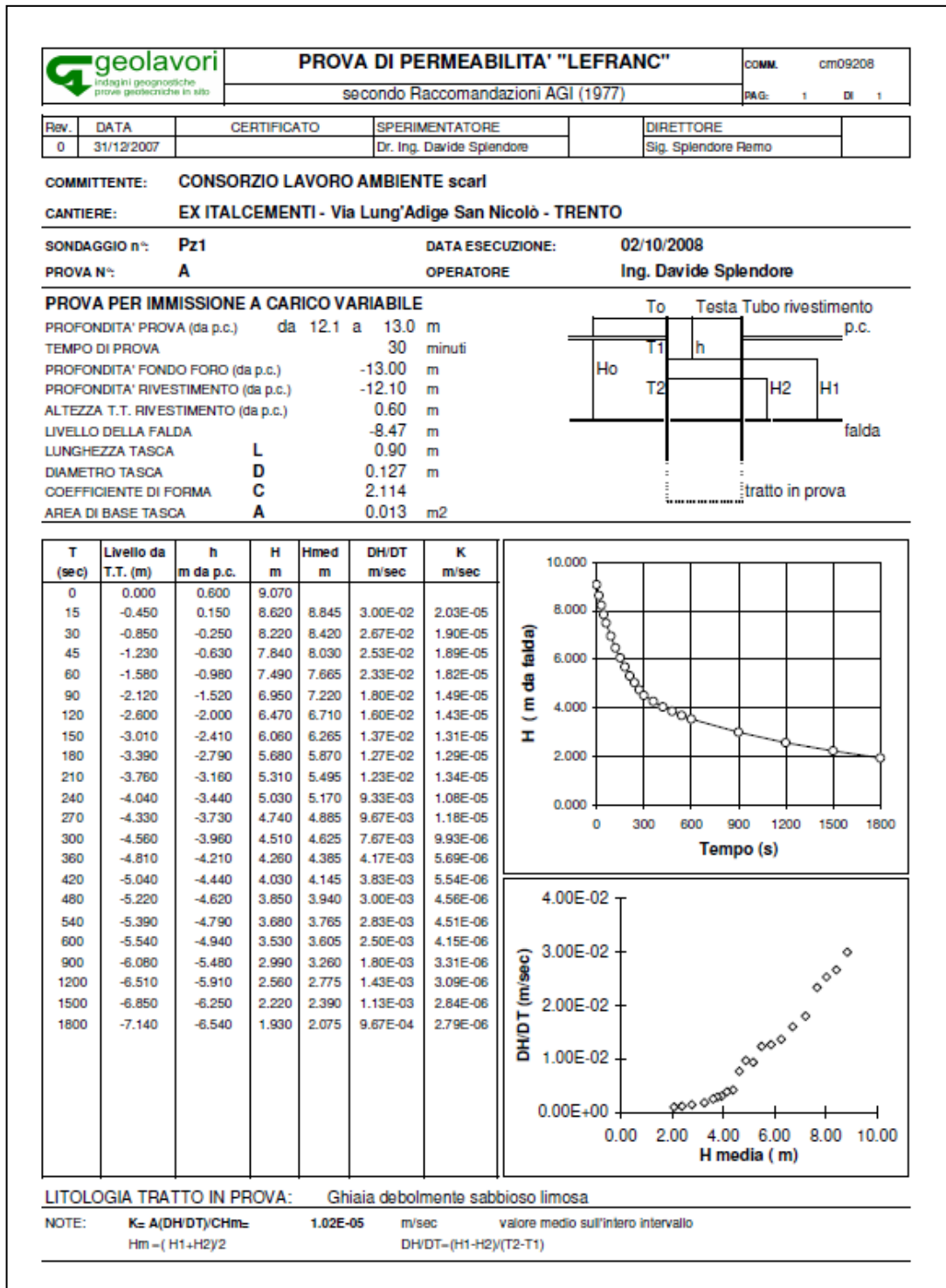
**ALLEGATO 1**

da "AREA EX ITALCEMENTI - RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE ai sensi del D. Lgs. 152/06 - TOMO 1 - dott. geol. Luca Raffaelli - Dicembre 2008".

SINTESI DEI DATI DI PROSPEZIONI E PIEZOMETRI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI INTERESSE



Ubicazione delle prospezioni e dei piezometri. Stralcio Tav. 4 - da "AREA EX ITALCEMENTI - RISULTATI DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE ai sensi del D. Lgs. 152/06 - TOMO 1 - dott. geol. Luca Raffaelli - Dicembre 2008." A tratteggio indicata la zona di interesse.





Trincea con escavatore - Tr3

		SCHEDA DI SONDAGGIO <small>(SECONDO FACCEGGIO 4/19/14/17)</small>		COMM. cm092/08	
Rev. 0	Data 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	PAG. 1	DI 2
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE sncrl CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO PERFORAZIONE N. ... Tr3 ... DATA INIZIO ... 08/10/2008 ... ULTIMAZIONE ... 08/10/2008 ... COORDINATE Nord ... ENE ... QUOTA P.C. = ... RESPONSABILE: Dr. Ing. Davide Splendore OPERATORE: Sig. Remo Splendore ATTREZZATURA: Vibro 140					
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA Ghiaia poligenica mal gradata con sabbia limosa nocciola intercalata da livelli coesivi (rossastri e nerastri) Intercalazioni di ghiaia con sabbia e sabbia limosa debolmente ghiaiosa prevalentemente nocciola con livelli rossastri e nerastri fine sondaggio		PROFONDITA' (m) 1,00 3,00	RENDIMENTO (m³/m²)	CARISPE (m)	PRODOTTO (kg/m³) PUNTA (kg) TORQUE (kgm)
PROVE IN FONDO <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO		RILIEVO ACQUA IN FONDO DURANTE LA PERFORAZIONE PROF. FONDO (m) PROF. MURALE (m DA P.C.) DATA DATA		NOTE ATTREZZATURA PER SPT PESO MAGLIO 63,5 kg ALTEZZA CADUTA 70 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CONICA <input type="checkbox"/>	
PROVE PERMEAB. LEFRANC <input type="checkbox"/> VANE TEST <input type="checkbox"/> PRESSOMETRO MENARD <input type="checkbox"/> PERMEAB. LUGRONI		STRUMENTAZIONE METODO DI PERFORAZIONE ATTREZZI PERFORAZIONE RILIEVO		DATA	

		REPORT FOTOGRAFICO		COMM. cm092/08	
Rev. 0	DATA 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	DIRETTORE Sig. Remo Splendore	PAG. 36 DI 38
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE sncrl CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO					
SONDAGGIO n°: Tr3		DATA 08/10/2008		PROFONDITA' DA m 0,00 A m 3,00	
			DESCRIZIONE Saggio di scavo Tr3		



Sondaggio verticale con carotiere - C3



geolavori		SCHEDA DI SONDAGGIO		COMM. cm092/08	
Rev. 0	Data 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	PAG. 1	DI 2
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scarl		CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO		RILEVO ACQUA IN FORDO DURANTE LA PERFORAZIONE	
PERFORAZIONE N. C3		DATA INIZIO: 09/10/2008		ULTIMAZIONE: 09/10/2008	
COORDINATE Nord		QUOTA P.C.:		ATTREZZATURA: Adles Cosco Mobile D111 B53L	
RESPONSABILE: Dr. Ing. Davide Splendore		OPERATORE: Sig. A. Venturini			
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' (m)	REMOZIONE (m)	CAMPIONE	
Calcestruzzo		0,20		NUMERO	PROFONDITA' (m)
Riparto: ghiaia polifera con gradata angolare e sub-angolare con limo sabbioso nocciola - Clotoli Ømax=10cm				PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)
Limo sabbioso debolmente ghiaioso marron		3,40		PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)
Calcestruzzo debolmente cementato		3,80		PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)
Limo sabbioso debolmente ghiaioso nocciola passante a $4,50m$ a sabbia fine limosa nocciola-cassava		4,00		PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)
Line sondaggio		5,00		PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)

geolavori		REPORT FOTOGRAFICO		COMM. cm092/08	
Rev. 0	Data 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	PAG. 11	DI 38
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scarl		CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO		RILEVO ACQUA IN FORDO DURANTE LA PERFORAZIONE	
SONDAGGIO n°: C3		DATA: 09/10/2008		CASSA N°: 1	
INSTALLAZIONE		PROFONDITA' DA m: 0,00		A m: 5,00	
DESCRIZIONE					
DESCRIZIONE					



Sondaggio verticale con carotiere - C22

geolavori Indagini geologiche e servizi geotecniche in sito		SCHEDA DI SONDAGGIO RECORDING INFORMATICO		COMM. cm092/08	PAG. 1 DI 2	
Rev. 0	Data 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	DIRETTORE Sig. Remo Splendore	RILIEVO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE	
COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scrl CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO PERFORAZIONE N. C22 DATA INIZIO 13/10/2008 ULTIMAZIONE 13/10/2008 COORDINATE Nord Est QUOTA P.C. = RESPONSABILE Dr. Ing. Davide Splendore OPERATORE Sig. A. Venturi ATTREZZATURA Atlas Copco Mod. DR B33				<input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SELEZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI BOTTILI <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO		NOTE ATTREZZATURA PER SPT PESO MAGLIO 83,5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m <input type="checkbox"/> PUNTA CONCA
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)	PROFONDITA' (m)
Calcestruzzo		0,30				
Riponti ghiaia mal gradata angolare e sub-angolare in matrice limosa debolmente sabbiosa grigia		0,70				
Ghiaia poligenica mal gradata angolare e sub-angolare con limo debolmente sabbioso nocciola		1,30				
Ciottoli Ømax=20cm		1,50				
Ghiaia poligenica fine con sabbia debolmente limosa grigia		2,30				
Ghiaia poligenica mal gradata con limo debolmente sabbioso marron passante gradualmente a limo con ghiaia marron		3,90				
Limo ghiaioso debolmente argilloso debolmente sabbioso nocciola		5,00				
Fine sondaggio						

geolavori		REPORT FOTOGRAFICO		COMM. cm092/08	PAG. 33 DI 38	
Rev. 0	DATA 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore	DIRETTORE Sig. Remo Splendore	SONDAGGIO n°: C22 DATA 13/10/2008 INSTALLAZIONE PROFONDITA' DA m 0,00 A m 5,00	
COMMITTENTE CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scrl CANTIERE EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO				DESCRIZIONE		
				Installazione attrezzatura punto di sondaggio C22		
SONDAGGIO n°: C22 DATA 13/10/2008 CASSA N° 1 PROFONDITA' DA m 0,00 A m 5,00				DESCRIZIONE		
				Vedi scheda di sondaggio		



Sondaggio inclinato con carotiere - Ci4

		SCHEDA DI SONDAGGIO <small>(secondo regolamento D.M. 14/01/1997)</small>		COMM. cm092/08	
Rev. 0 Data 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore		PAG. 1 DI 2	OPER. FIDELI Sig. Remo Splendore
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scrl CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO PERFORAZIONE N. ... DATA INIZIO ... 09/10/2008 ... ULTIMAZIONE ... 09/10/2008 ... COORDINATE Nord ... RESPONSABILE: Dr. Ing. Davide Splendore OPERATORE: Sig. A. Vittorini ATTREZZATURA: Atlas Copco Mobile Di 8533					
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA		PROFONDITA' (m)	BENELOGIA (m)	CAROTI NUMERO PRODOTTO (m)	SPT N H H
Cabestrino Ghiaia poligenica angolare e sub-angolare con limo sabbioso da marron a nocciola - Cjetoli Ømax=15cm		0,20			
Limo sabbioso ghiaioso roccia Limo argilloso grigio verdigine con scredature coracee		4,00 4,25			
Sabbia fine limosa inglobante nei gran di ghiaia fine		5,10			
Limo z argilloso inglobante nei gran di ghiaia fine		5,55			
Fine sondaggio		6,00			
RILEVIO ACQUA IN FORO DURANTE LA PERFORAZIONE <input type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T. <input checked="" type="checkbox"/> CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST <input type="checkbox"/> SPEZZIONE DI CAROTA <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE <input type="checkbox"/> CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO					
PROVE IN FORO: <input type="checkbox"/> PERMEAB. LEFRANC <input type="checkbox"/> VANE TEST <input type="checkbox"/> PRESSIMETRO MENARD <input type="checkbox"/> PERMEAB. LUGRON					
NOTE ATTREZZATURA PER SPT PESO MAGLIO 85,5 kg ALTEZZA CADUTA 76 cm ASTE Ø 50 mm PESO ASTE 7,2 kg/m PUNTA CONICA <input type="checkbox"/>					



		REPORT FOTOGRAFICO		COMM. cm092/08	
				PAG: 12 DI 38	
Rev. 0 DATA 31/12/2007	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE Dr. Ing. Davide Splendore		DIRETTORE Sig. Remo Splendore	
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scrl CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO					
SONDAGGIO n°: Ci4 DATA 09/10/2008 INSTALLAZIONE PROFONDITA' DA m 0,00 A m 6,00					



DESCRIZIONE
Installazione attrezzatura
punto di sondaggio Ci4
Sondaggio inclinato di 30°
sulla verticale



Sondaggio inclinato con carotiere - Ci4

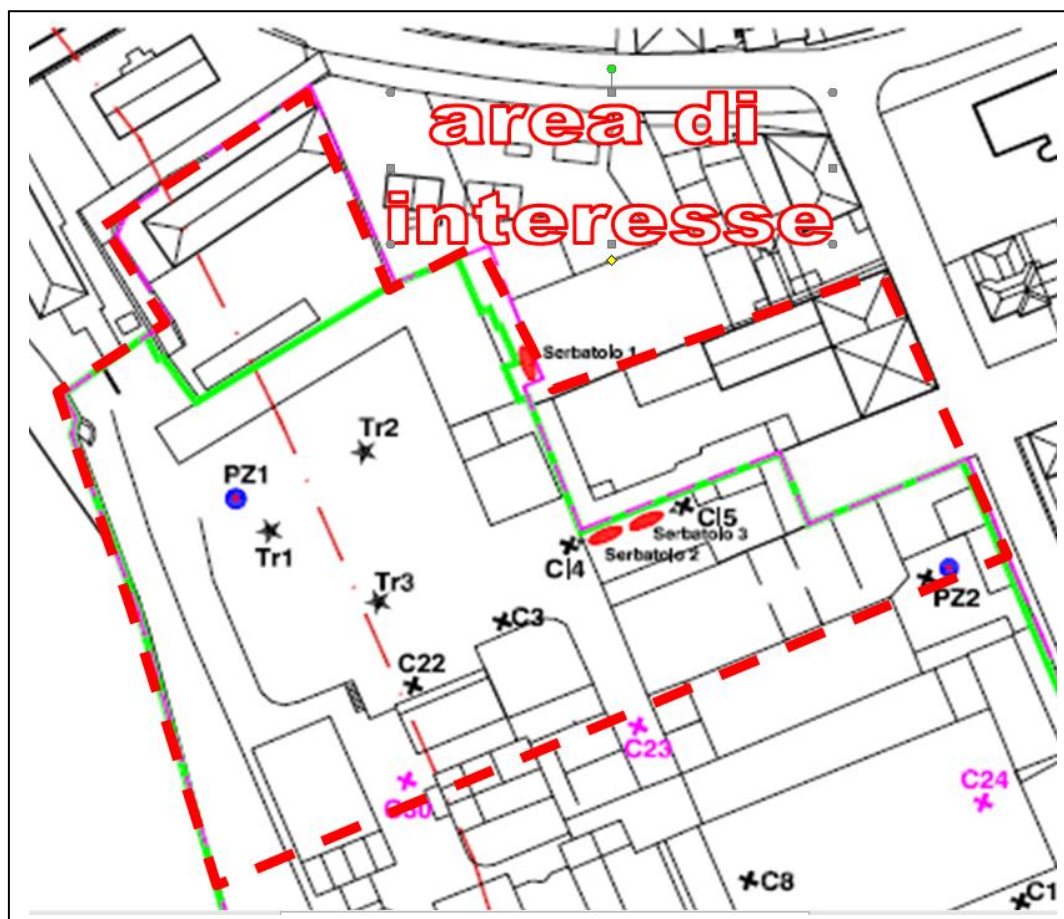
		REPORT FOTOGRAFICO			COMM. cm092/08
					PAG: 13 DI 38
Rev. DATA	CERTIFICATO	SPERIMENTATORE		DIRETTORE	
0 31/12/2007		Dr. Ing. Davide Splendore		Sig. Remo Splendore	
COMMITTENTE: CONSORZIO LAVORO AMBIENTE scarl					
CANTIERE: EX ITALCEMENTI - Via Lung'Adige San Nicolò - TRENTO					
SONDAGGIO n°: <u>Ci4</u> DATA <u>09/10/2008</u> CASSA N° <u>1</u> PROFONDITA' DA m <u>0,00</u> A m <u>5,00</u>					
					DESCRIZIONE
					Vedi scheda di sondaggio
SONDAGGIO n°: <u>Ci4</u> DATA <u>09/10/2008</u> CASSA N° <u>2</u> PROFONDITA' DA m <u>5,00</u> A m <u>6,00</u>					
					DESCRIZIONE
					Vedi scheda di sondaggio

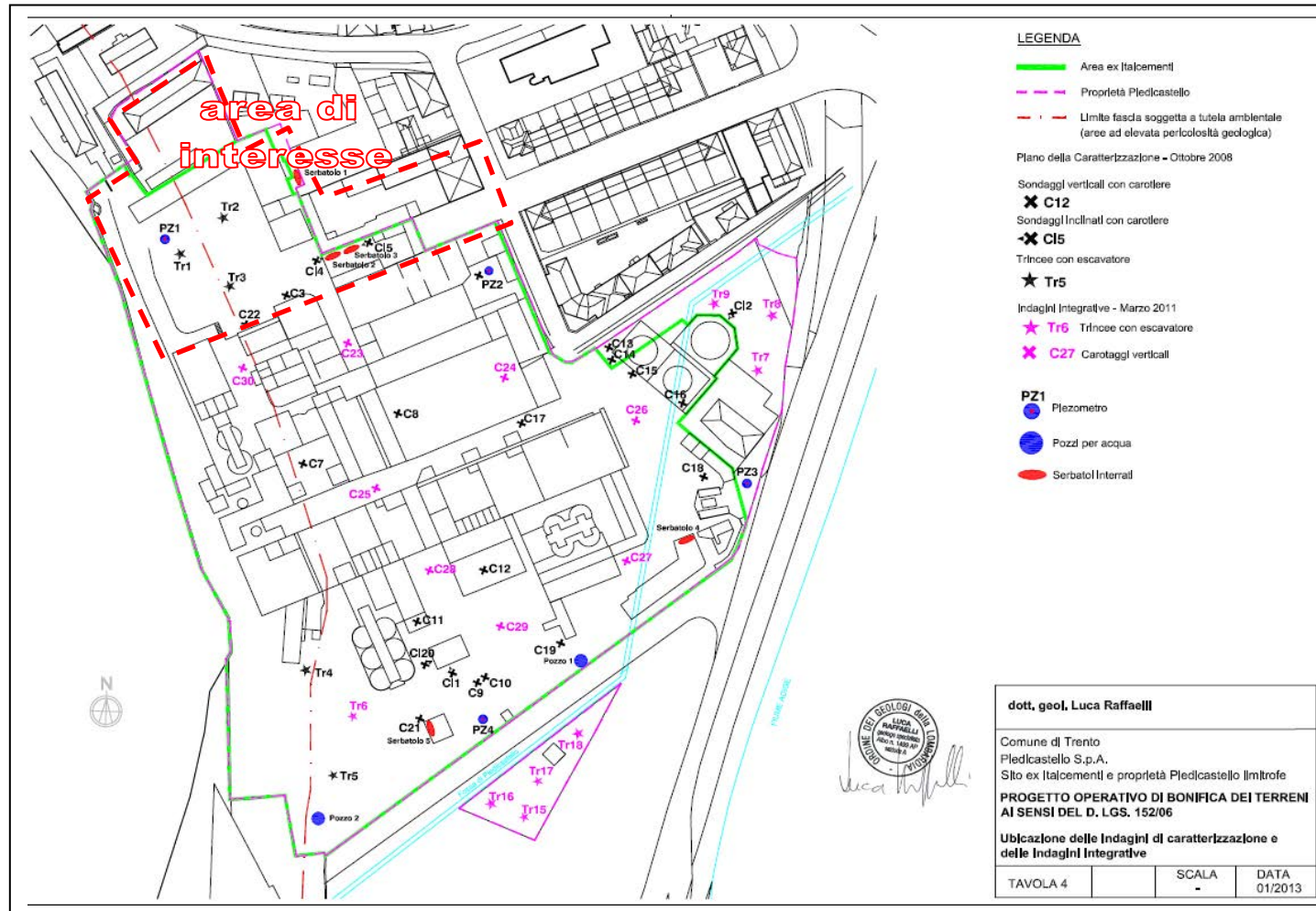


ALLEGATO 2

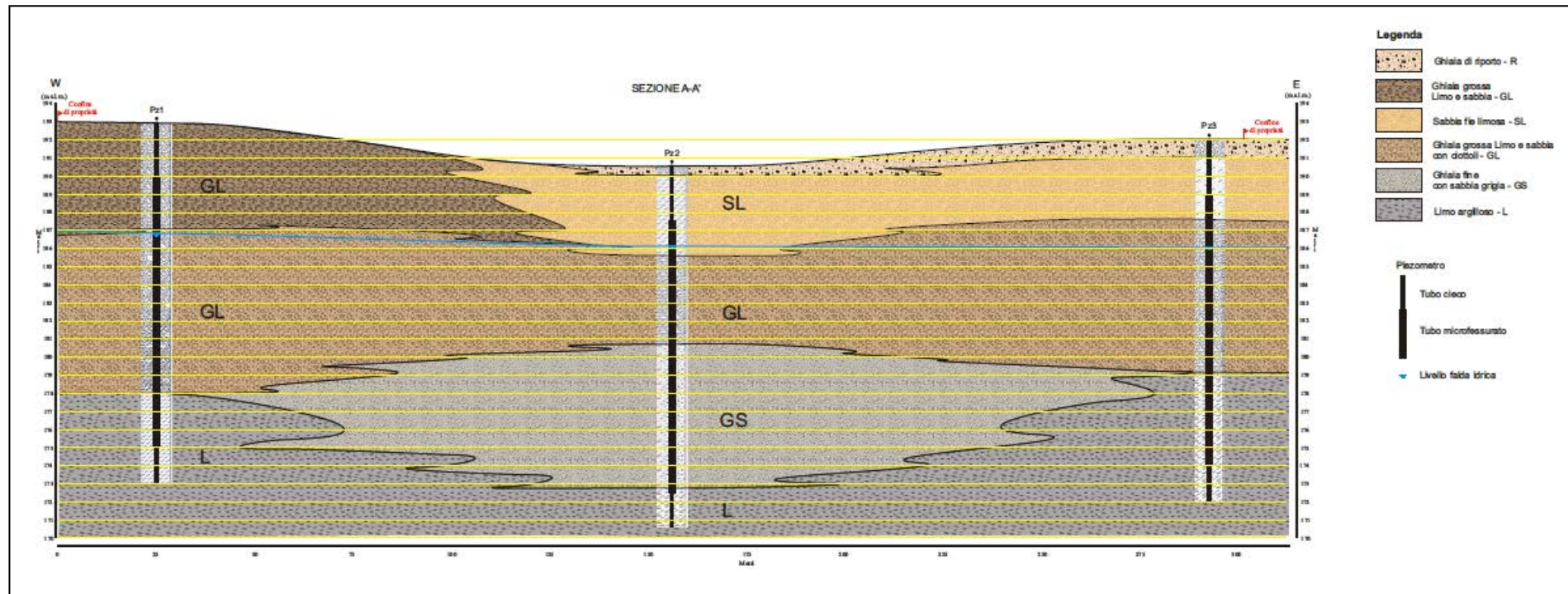
da "PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA DEI TERRENI ai sensi del D. Lgs. 152/06 Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Gennaio 2013".

SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI RICADENTI ALL'INTERNO DELL'AREA DI INTERESSE





Ubicazione delle indagini di caratterizzazione e delle indagini integrative (Tav. 4). “Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli - Gennaio 2013”. A tratteggio indicata l’area di interesse.



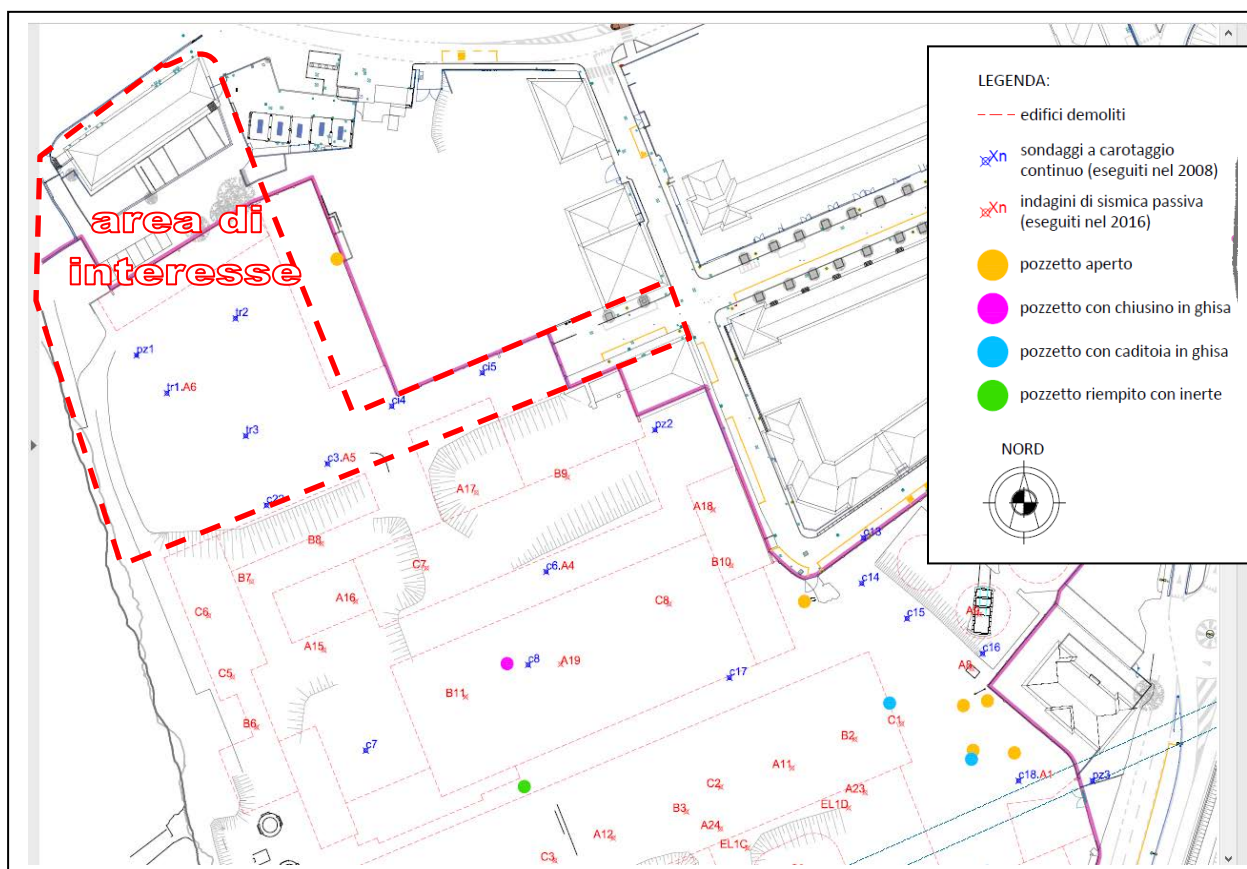
Sezione idrogeologica (Tav. 2). "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli - Gennaio 2013".



ALLEGATO 3

da "Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.” - Novembre 2016”.

SINTESI DEI RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE EFFETTUATE NELL'AREA DI INTERESSE



Ubicazione indagini: Stralcio Tav. 2 da *Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.” - Novembre 2016.* A tratteggio indicata l'area di interesse.

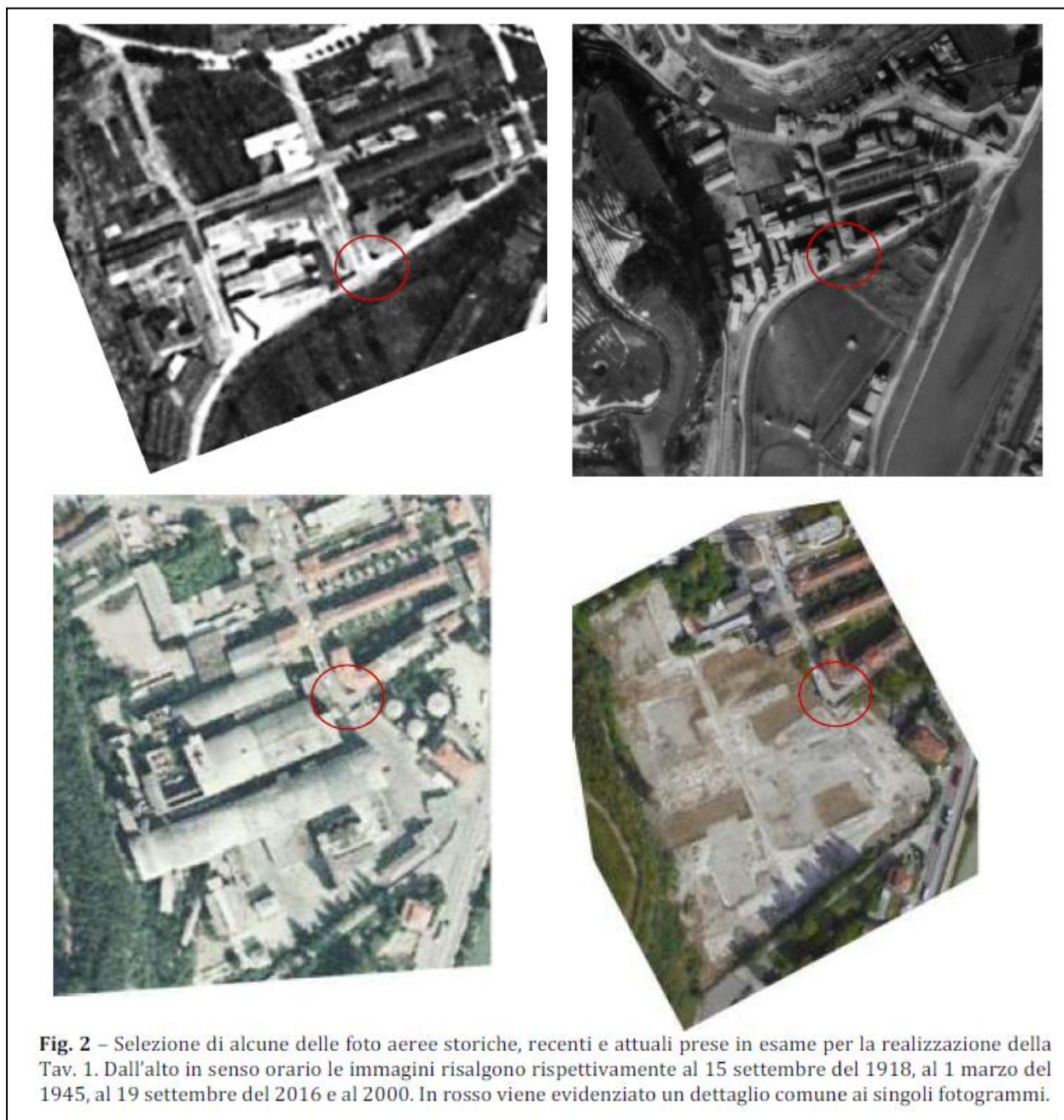


Fig. 2 – Selezione di alcune delle foto aeree storiche, recenti e attuali prese in esame per la realizzazione della Tav. 1. Dall'alto in senso orario le immagini risalgono rispettivamente al 15 settembre del 1918, al 1 marzo del 1945, al 19 settembre del 2016 e al 2000. In rosso viene evidenziato un dettaglio comune ai singoli fotogrammi.

Esiti confronto immagini storiche ed attuali. Stralcio da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “*RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.*” – Novembre 2016.

La zona di interesse ha subito minori modificazioni edificiali rispetto alla zona circostante.



Fig. 3 - Esempi di riprese multi spettrali effettuate dal Doss Trento con camera modificata per essere sensibile nello spettro del blu, verde e primo infrarosso.

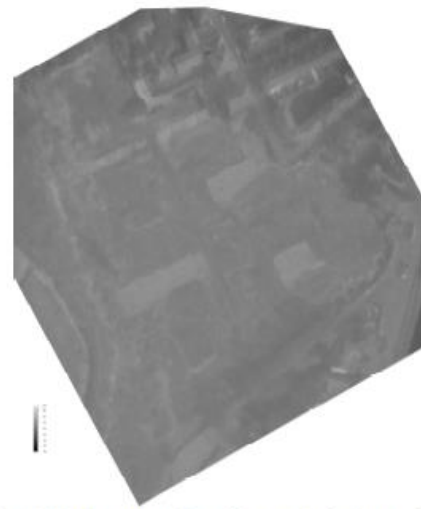
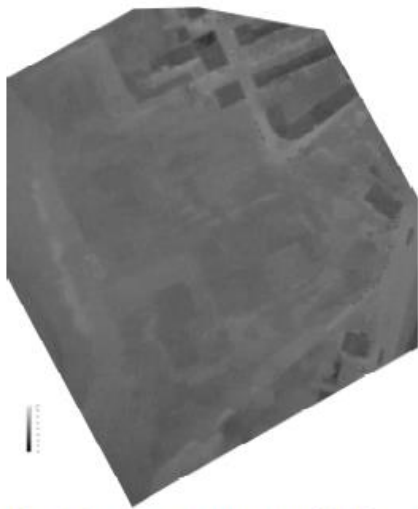
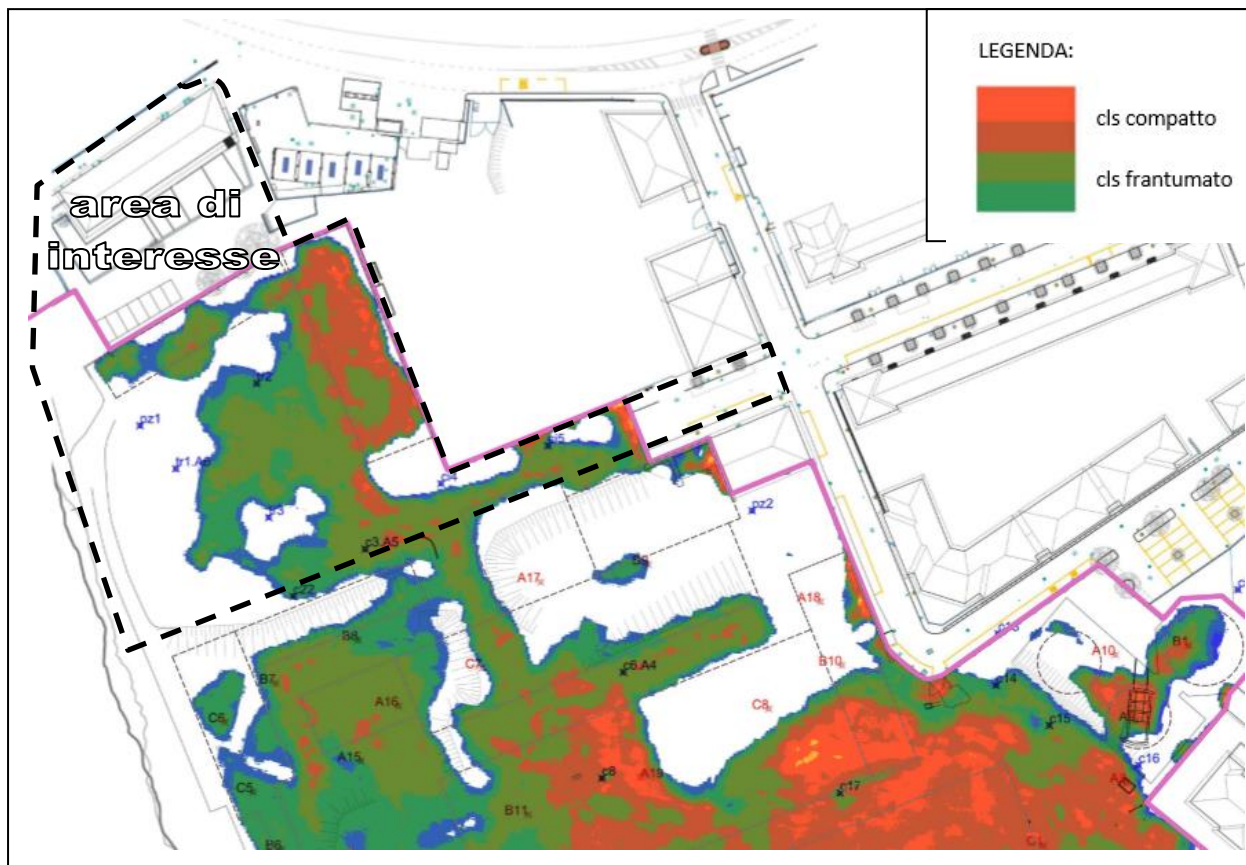


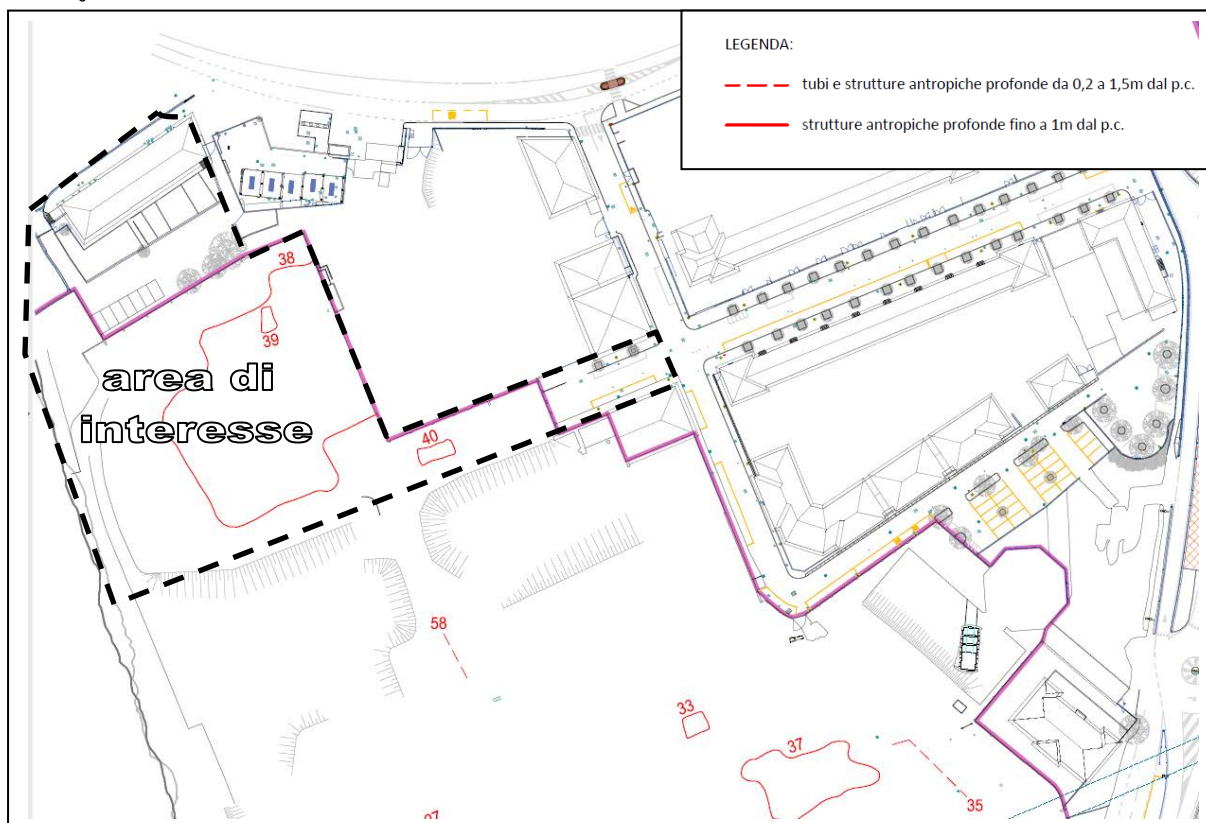
Fig. 4 - Immagini acquisite nell'infrarosso termico rispettivamente alle 8.00 (a sinistra) e alle 11.30 (a destra) la mattina del 19 settembre 2016. Simili immagini elaborate congiuntamente consentono, sfruttando il transitorio termico, di ottenere informazioni importanti sulla capacità termica del primo spessore di terreno (vedi tav.3).

Esiti studio infrarosso termico. Stralcio da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”

La zona di interesse risulta mediamente più omogenea rispetto alla zona più a valle, dove si possono apprezzare maggiori e meglio definite situazioni legate alla presenza di manufatti.

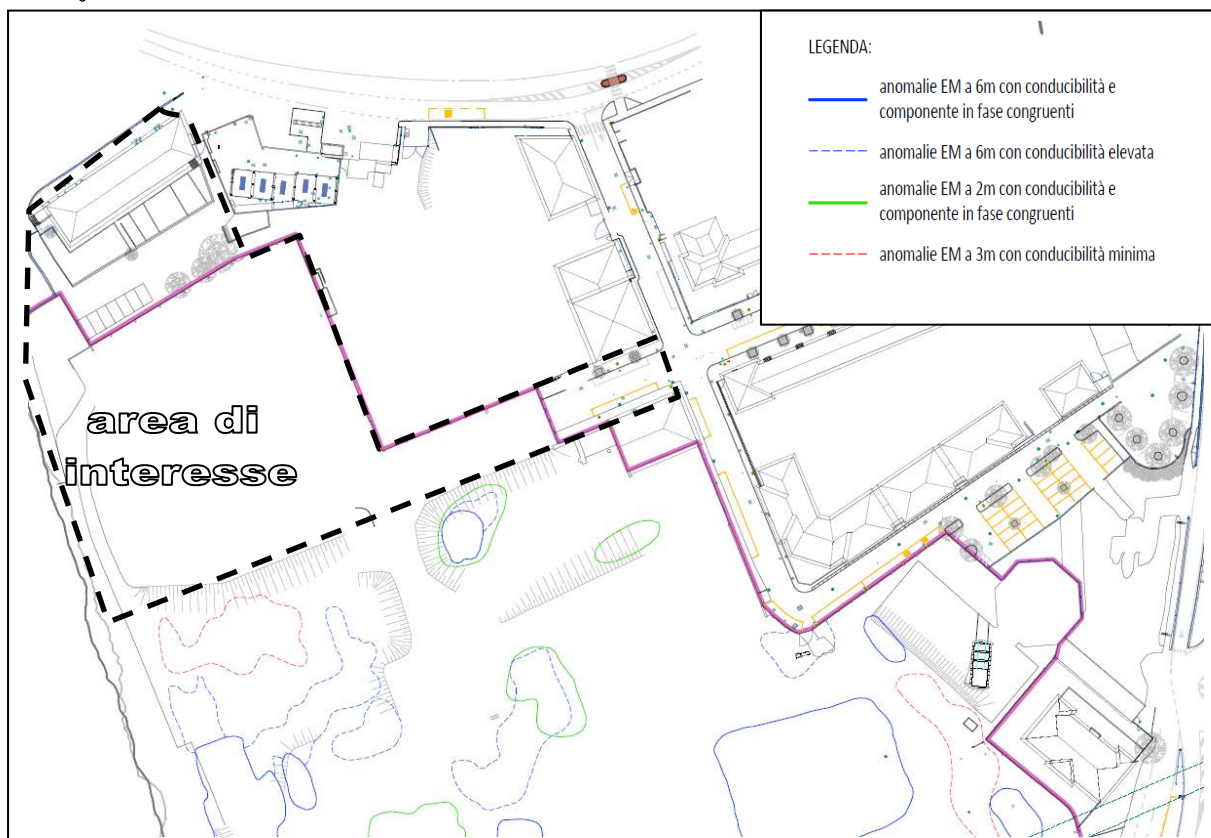


Stralcio Tav. 4 Indagine iperspettrale. Mappatura della pavimentazione a calcestruzzo e del suo grado di disgregazione: da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”. A tratteggio indicata l’area di interesse.



Stralcio Tav. 22 Carta di Sintesi degli esiti dell'indagine con metodo Radar: da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”. A tratteggio indicata l'area di interesse.

L'indagine con metodo Radar ha permesso di investigare profondità massime dell'ordine di 1,6 m; in corrispondenza dell'area di interesse appare una platea in cls a 1 m di profondità ed altre strutture minori.



Stralcio TAV.21 Carta di Sintesi degli esiti dell'indagine con metodo Elettromagnetico: da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”. A tratteggio indicata la zona di interesse.

L'indagine con metodo elettromagnetico ha permesso di investigare profondità dell'ordine di 6 m; la zona di interesse è marginale rispetto all'area investigata e quindi non vi sono informazioni particolarmente significative: risultano anomalie solo nella zona del futuro parcheggio.

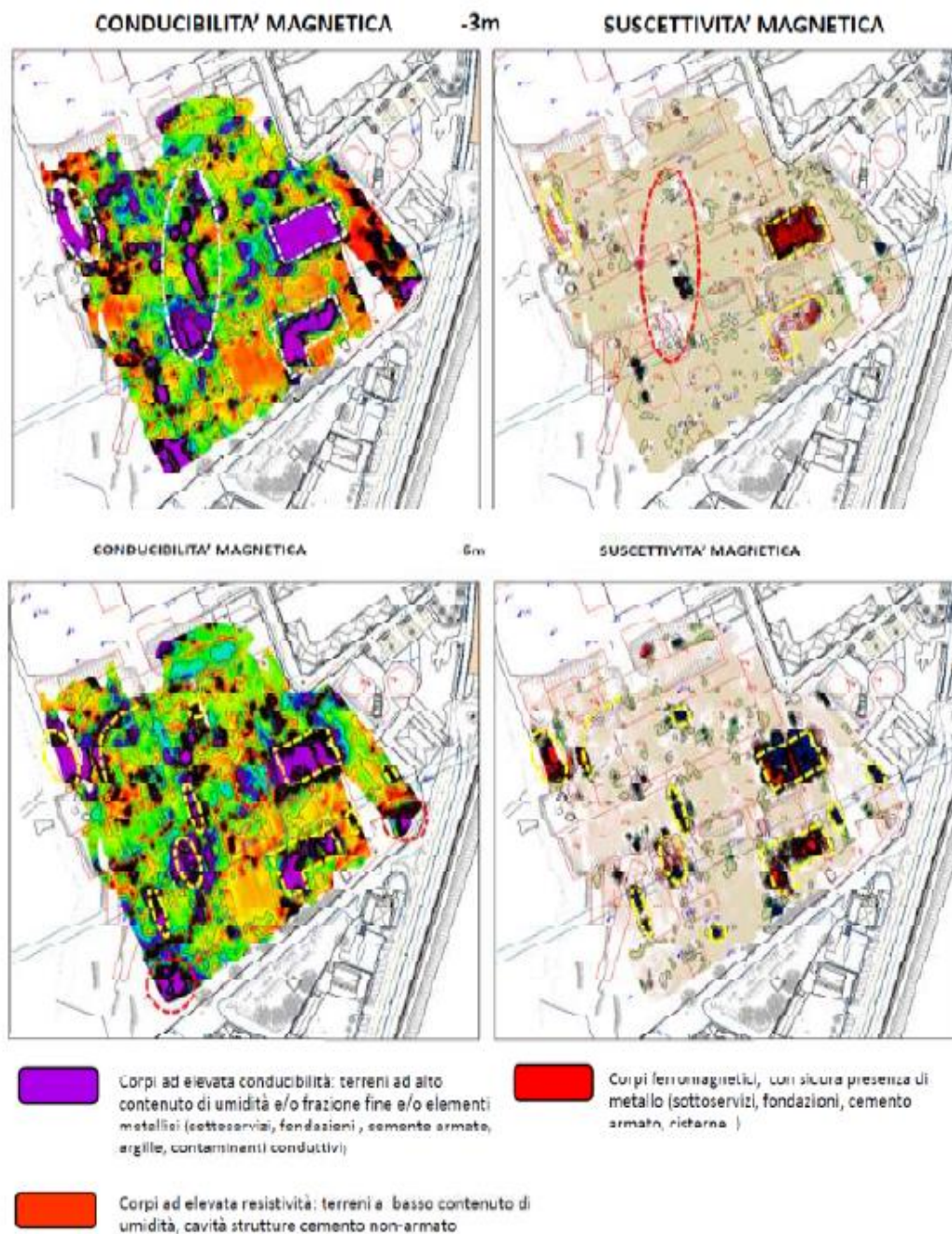


Fig. 13 - Le mappe di conducibilità elettrica e di suscettività magnetica risultanti dalla prospezione elettromagnetica, affiancate per le diverse profondità di indagine, -1 m, -2 m, -3 m e -6 m. Nell'ultima accoppiata (a -6 m) con il tratteggio giallo si indicano aree con corpi metallici comuni ad entrambe le mappe, mentre con il tratteggio rosso terreni altamente conduttivi visibili solo nella mappa di conducibilità.

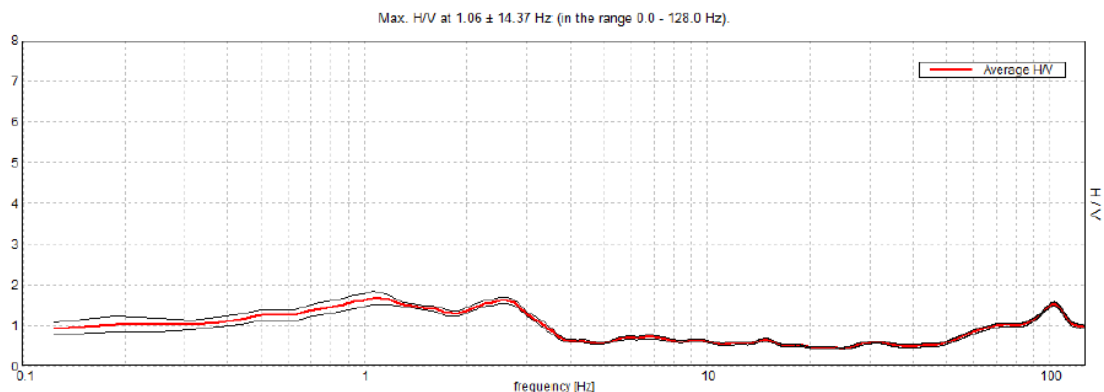
Stralcio della Fig. 13: Mappe conducibilità magnetica: da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”

La zona di interesse è marginale rispetto all'area investigata e quindi non vi sono informazioni particolarmente significative.



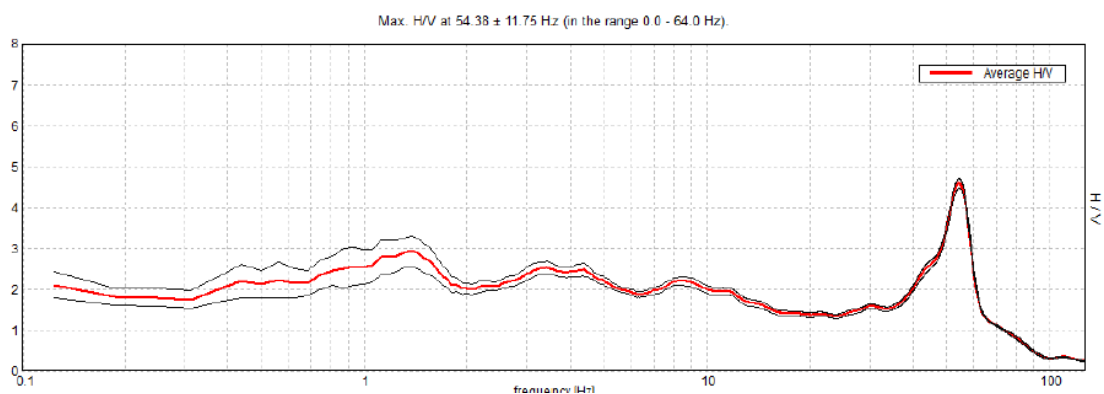
ITALCEMENTI, A 0005 (13 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



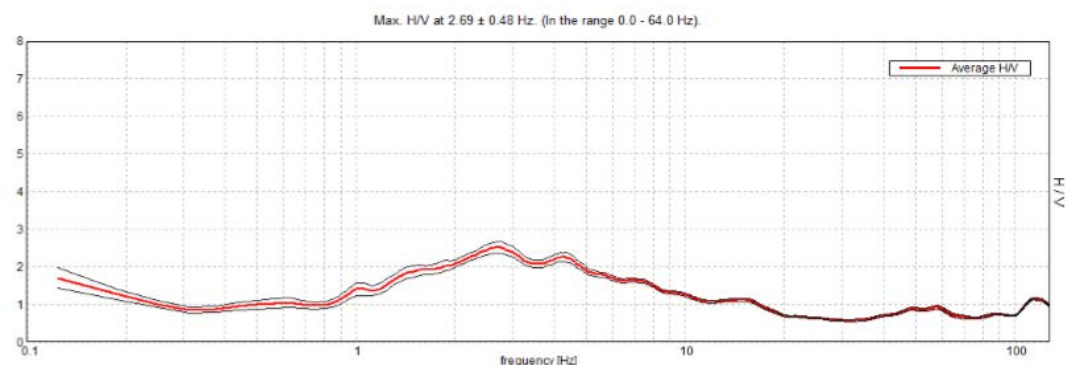
ITALCEMENTI, A 0006 (13 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



ITALCEMENTI, C 0006 (14 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



Stralci della relazione relativa al metodo della sismica passiva a stazione singola. Curve frequenza/ampiezza di Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr A005, A006, C006): da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”



Come per i sondaggi geognostici il limite intrinseco nella misura di sismica passiva a stazione singola è rappresentato dal poter descrivere compiutamente solo la verticale di misura e il diretto intorno, col rischio – pur eseguendo misure in punti diversi – di non andare a intercettare l'anomalia ricercata. Nel caso di studio una anomalia centrata da tutti i metodi geofisici utilizzati, è rappresentata dal vuoto ubicato al margine settentrionale dell'area e che non era stato però intercettato dai sondaggi geognostici (il sondaggio c3 mostra un orizzonte di cemento a 3.8 m). La sismica passiva, in tal caso il confronto fra le misure A5 e A6 acquisite a pochi minuti di distanza nella tarda mattinata del 13 settembre, ha evidenziato bene la presenza di un vuoto in corrispondenza della misura A5 (Fig. 16). In presenza di vuoti si osserva un moto verticale aumentato rispetto alle componenti orizzontali (questo comporta l'analisi delle singole componenti spettrali); disponendo di misure grossomodo sincrone si può quindi individuare – in condizioni adeguate di campo di rumore - dove il vuoto è presente e dove no.

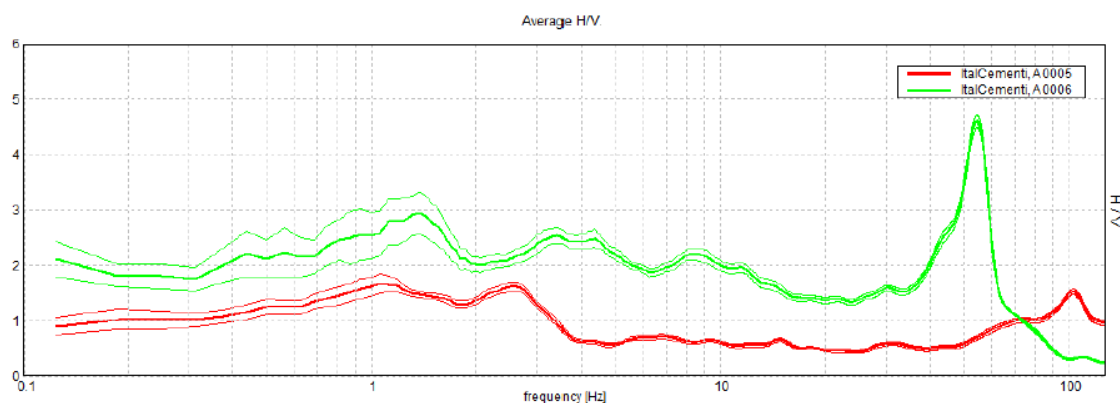


Fig. 16 – Confronto curve HVSR relative alle misure A5 e A6. La misura A5 sottende il vuoto, la conseguenza è una componente verticale molto enfatizzata e quindi una curva HVSR decisamente ribassata rispetto alla corrispondente curva riferita ad un settore (A6) posto a poche decine di metri di distanza.

Stralcio della relazione relativa al metodo della sismica passiva a stazione singola (HVSr): da Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”.

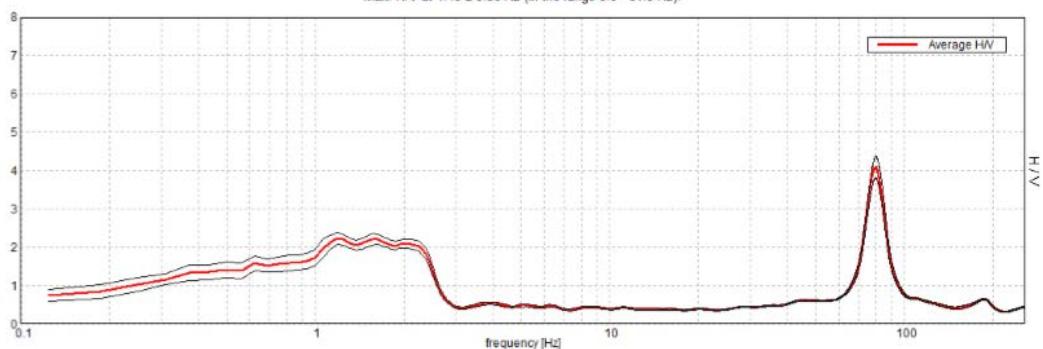
I punti di indagine HVSR A005 e HVSR A006 sono ubicati nella zona centrale dell'area di interesse: nel commento dello stralcio si evidenzia come il vuoto ascrivito alla HVSR-A005 contrasta con gli esiti del carotaggio C3, ubicato nel medesimo punto: a tale proposito si dovrà eseguire una specifica verifica in sede esecutiva.

I punti di indagine HVSR A017, B007, B008 e C006 risultano invece ubicati in prossimità del confine meridionale dell'area di interesse.



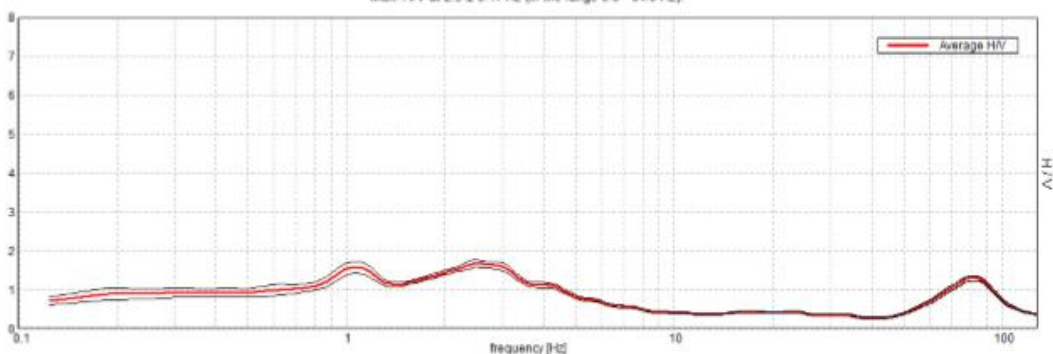
ITALCEMENTI, A 0017 (14 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 1.19 ± 0.56 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)

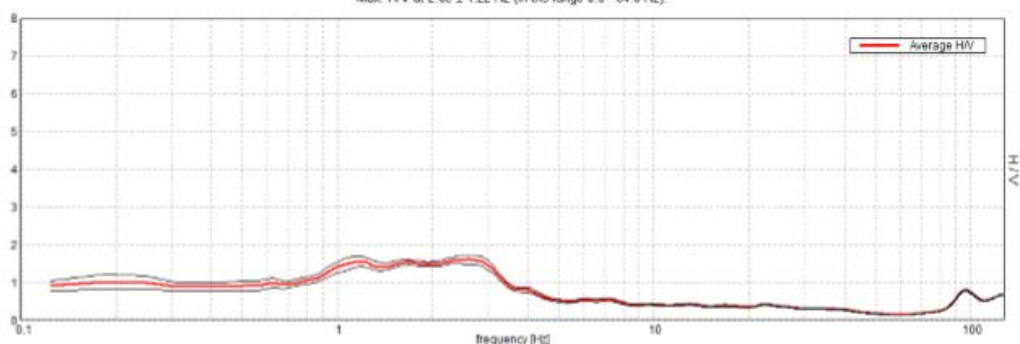
ITALCEMENTI, B 0007 (14 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

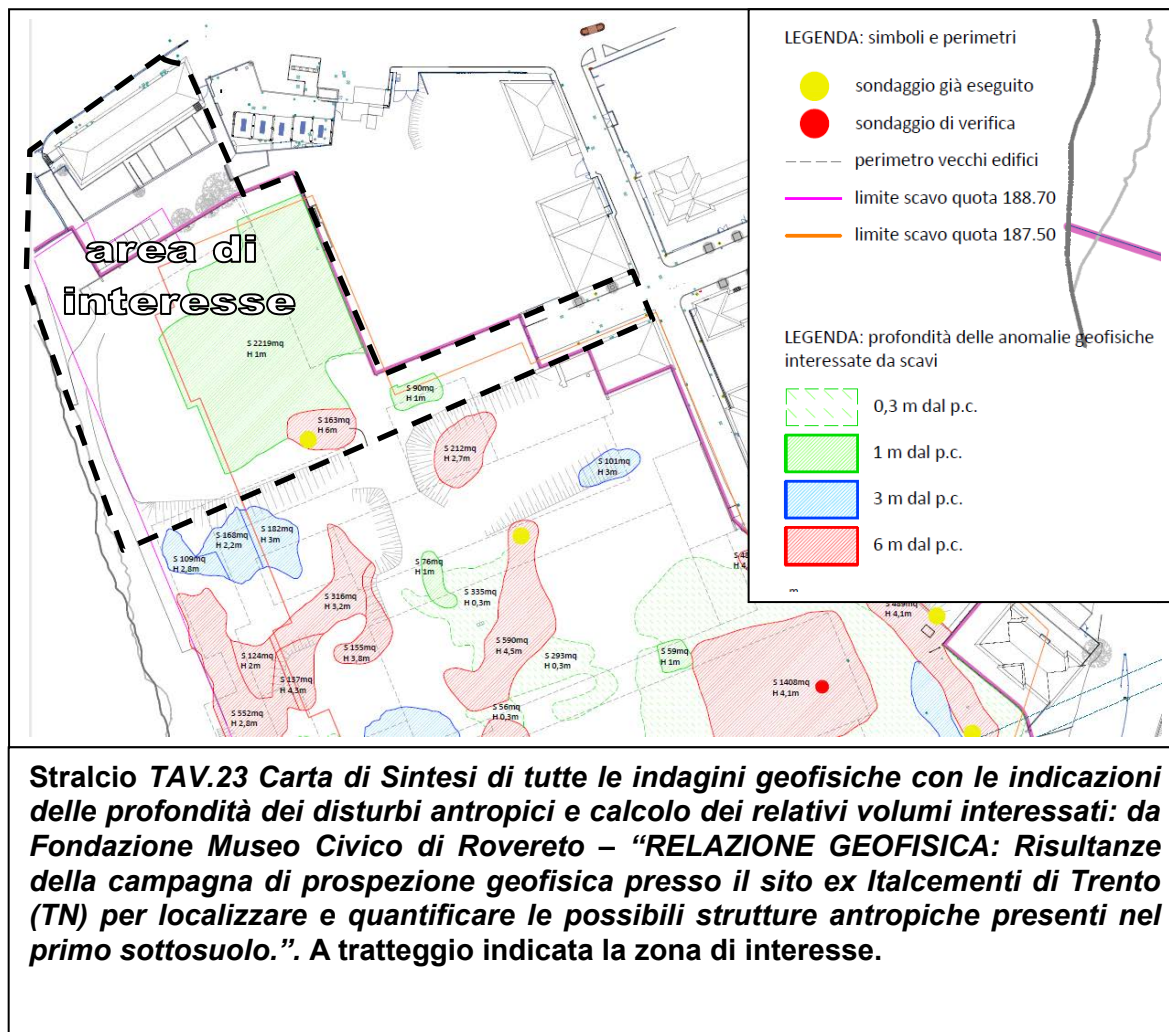
Max. H/V at 2.5 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)

ITALCEMENTI, B 0008 (14 settembre 2016)

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 2.63 ± 1.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)

Stralci della relazione relativa al metodo della sismica passiva a stazione singola. Curve frequenza/ampiezza di Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr A 0017, B007, B008): da *Fondazione Museo Civico di Rovereto – “RELAZIONE GEOFISICA: Risultanze della campagna di prospezione geofisica presso il sito ex Italcementi di Trento (TN) per localizzare e quantificare le possibili strutture antropiche presenti nel primo sottosuolo.”*



Sintesi delle indagini: in corrispondenza dell'area di interesse appaiono delle anomalie superficiali (<3m) tranne un punto che, dai risultati dell'indagine sismica, risulta spingersi a 6 m.



ALLEGATO 4a

INDAGINE GEOFISICA-GG-SERVICE-2017



GG Service
di Garbari Tomas
via Degasperì, 96
38023 Cles (Tn)
P.I.01780060222
infoggservice@hotmail.com

**REALIZZAZIONE DI UNO STUDENTATO
NELL'AREA DELLA EX ITALCEMENTI
-INDAGINI GEOSISIMICHE-**



GG Service sas
via Bellavista, 13/A
38069 Torbole s/G (TN)
P.Iva/C.F./Reg. TN:01999920224
tel/fax:0464-664799/506041
infoggservice@gmail.com

1. INTRODUZIONE

In data 14/04/2017 la GG Service S.a.s. ha eseguito una indagine geofisica ad elevata risoluzione in un area marginale del lotto ex Italcementi ove si intende realizzare uno studentato.

In particolare la zona di interesse riguarda il da attività antropiche precedenti (muri e riporti e scoticature).

Al fine di approfondire le informazioni geotecniche, non ricavabili dall'ampio lavoro di indagini geofisiche areali finalizzate alla sola caratterizzazione ambientale e ricostruzione dei lacerti dei sedimenti fondazionali dei vecchi manufatti, si è programmata una nuova indagine di tipo sismico attivo che consente non solo di osservare la risposta del primo sottosuolo ma di approfondire lo sguardo rendendolo comparabile alle informazioni stratigrafiche e idrogeologiche delle indagini dirette (estese fino a ca 25m).

La metodica utilizzata consta nella sismica a rifrazione unita all'analisi delle onde di superficie Masw2D in maniera da ottenere una caratterizzazione sia in termini di velocità delle onde di volume che di quelle di taglio.

I dati sismici sono stati registrati con due unità modulari strumento a 24 canali (Daq LinkIV, Seismic Source Co.-Oklahoma-U.S.A.-) e con sensori verticali da 10Hz interspaziati di 1.5m.

Nel complesso sono stati eseguiti 2 transetti sismici est ovest.

Le indagini sismica hanno previsto l'alloggio dei sensori direttamente sul terreno per la porzione occidentale e l'appoggio su specifiche basette ove il terreno era ricoperto da piastre in cls.



Ubicazione traverse sismiche



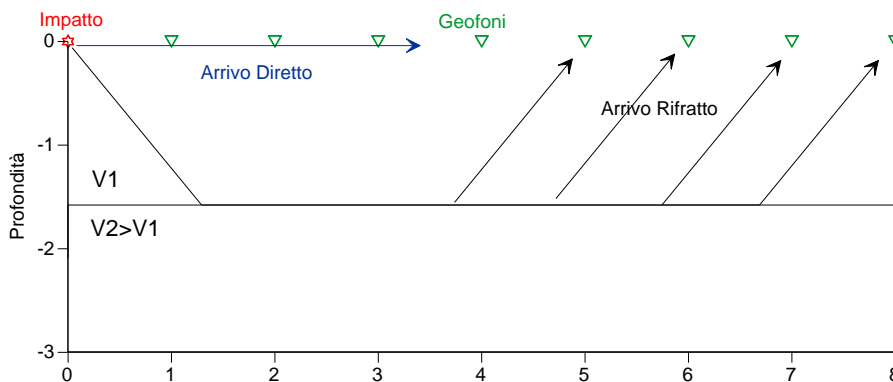
Immagini degli stendimenti geofisici

2. CENNI METODOLOGICI

Indagine sismica

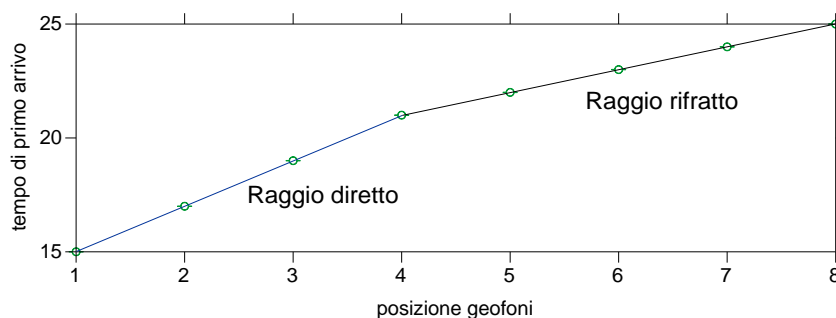
La tecnica di sismica a rifrazione si basa sul concetto che una sorgente meccanica eccita il sottosuolo inviando onde elastiche che si propagano in profondità e vengono parzialmente deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica ($\rho \cdot V$) ed in parte proseguono verso il basso finchè l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.



Esempio schematico (total-rifrazione) del percorso dei raggi sismici “tiro esterno” di un modello sismico a due strati

La lettura dei tempi di primo arrivo della vibrazione ai differenti sensori (geometricamente disposti in linea sul terreno secondo un profilo) è riferita all'istante zero, che è quello che corrisponde all'istante dell'energizzazione del terreno. Essa consente la loro ubicazione su un diagramma cartesiano ottenendo le dromocrone relative ad ogni punto di energizzazione. Il grafico che ne risulta è costituito da una serie di segmenti la cui inclinazione corrisponde alla velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo.

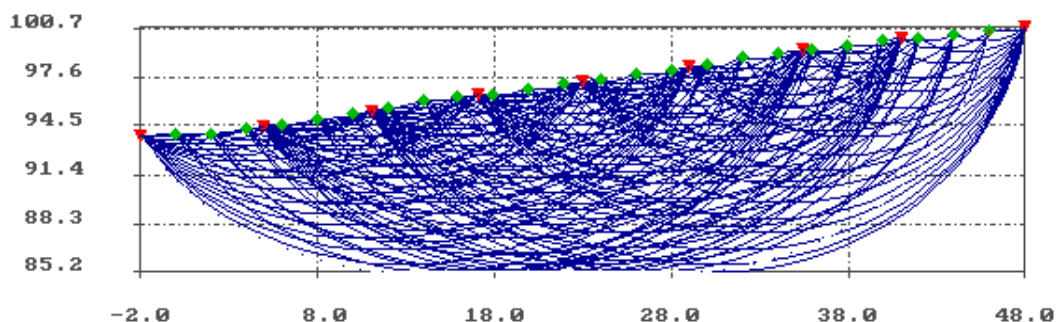


Dromocrona relativa all'esempio schematico

Dall'analisi delle dromocrone è possibile (e questo è il dato fondamentale dell'interpretazione) definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata).

L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989).

La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo. Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.



Esempio applicativo di una fitta rete di raggi ideale per la tomografia
(24 geofoni e 9 basi di energizzazione)

Il metodo tomografico si basa sul principio della rifrazione critica di raggi monocromatici che si retro-propagano in superficie e per la cui simulazione è richiesto un gradiente velocità positivo.

Pertanto l'applicabilità dell'analisi è limitata a variazioni laterali di velocità non elevate e per morfologie della superficie topografica e dei rifrattori non esasperate.

Oltre all'input fornito dai tempi di primo arrivo misurati (t_{obs}), è sempre necessario introdurre un modello iniziale, che può essere scelto tra semispazio a velocità costante, mezzo stratificato a velocità crescente con gradiente fisso o con step di velocità o modello 2D strutturato in base al livello di conoscenza del sito indagato; la risoluzione del problema diretto avviene per semplice computazione geometrico-temporale tracciando i raggi che attraversano nel minor tempo disponibile le celle in cui è stato suddiviso il modello iniziale.

Il calcolo dei residuali rappresenta cella per cella l'input per la risoluzione del problema inverso che è di tipo linearizzato con la possibilità di scelta di diversi criteri di ricerca (back projection, damped least squares, max. smoothness e max. flatness constrain).

Abitualmente la prima soluzione dell'inversione viene utilizzata come input 2D per la successiva, ripetendo l'analisi in maniera iterativa ed adottando l'ottimizzazione per smoothness o max. flatness constrain. In questo caso l'inversione è di tipo non lineare ed il risultato principale è l'estremizzazione del bending dei raggi.

Questo accorgimento permette di approdare a soluzioni più realistiche soprattutto nei casi in cui sono presenti impedenze acustiche elevate.

MASW2D

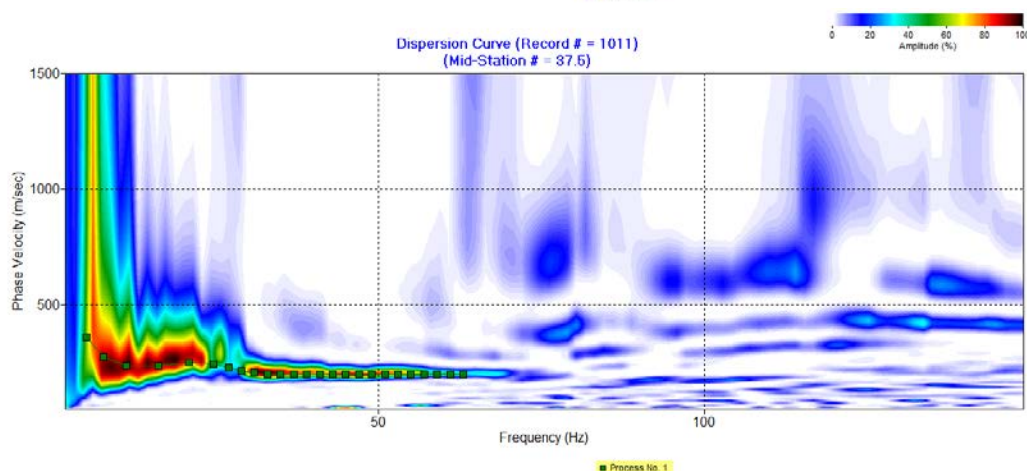
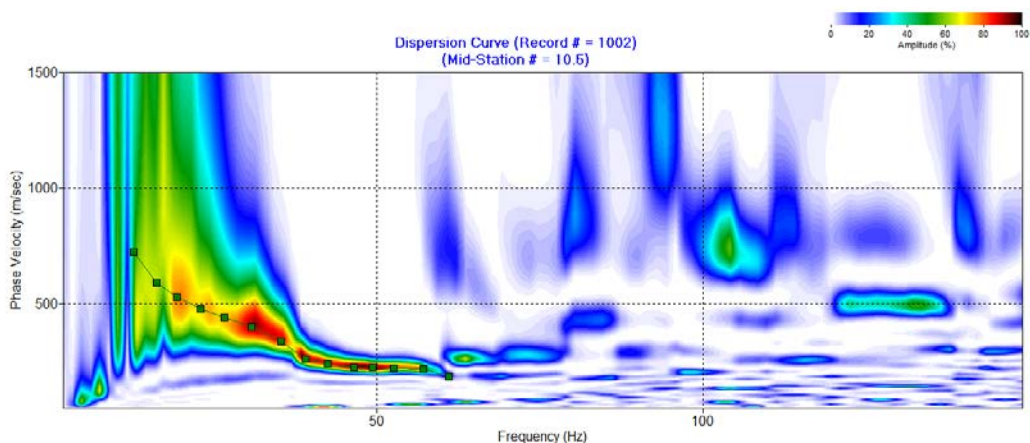
Il Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) è un metodo investigativo che è stato introdotto all'inizio del 1999 nell'ambito geotecnico e geofisico. Si tratta di una tecnica analitica che genera un profilo di velocità delle onde di taglio (V_s in funzione della profondità) analizzando su una registrazione multicanale le onde di superficie di tipo Rayleigh. Il metodo utilizza i concetti della registrazione ed elaborazione multicanale largamente impiegati da decenni nei rilievi a riflessione per l'esplorazione profonda.

Le proprietà frequenza dipendenti delle onde di superficie di Rayleigh possono essere utilizzate per rappresentare e caratterizzare il sottosuolo nella sua porzione superficiale. La parte principale dell'analisi delle onde di superficie si basa sull'accurato calcolo delle velocità di fase del modo fondamentale del movimento orizzontale dell'onda Rayleigh.

Il modo fondamentale delle "ground roll" (onde di superficie tipo Rayleigh) che è senza dubbio una delle più importanti fonti di disturbo nei rilievi a riflessione, nel MASW, invece, viene definito come segnale e le tecniche di acquisizione e di elaborazione sono rivolte alla sua enfattizzazione. A causa di questa diversa concezione di "segnale" e di "rumore" in rapporto alla sismica a riflessione il metodo richiede leggere modifiche per quanto riguarda l'approccio sia realizzativo che di trattamento dei dati.

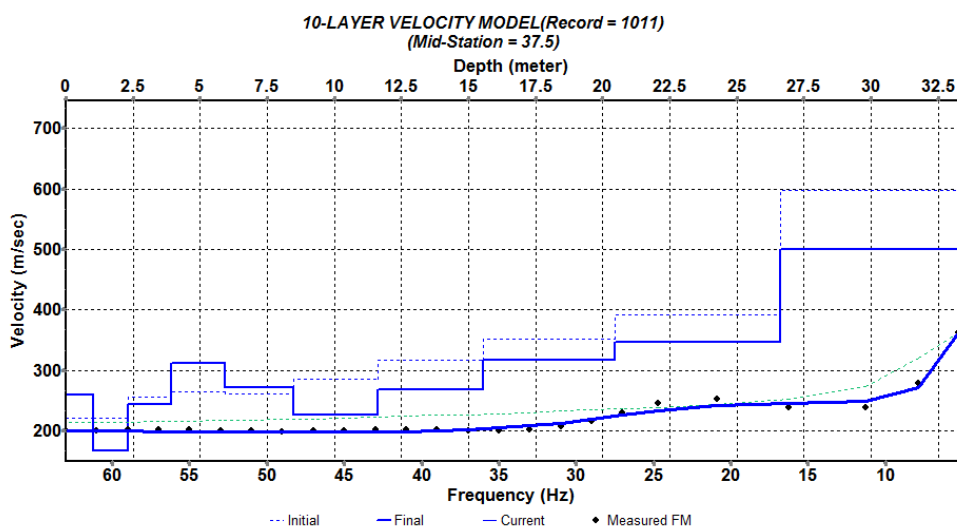
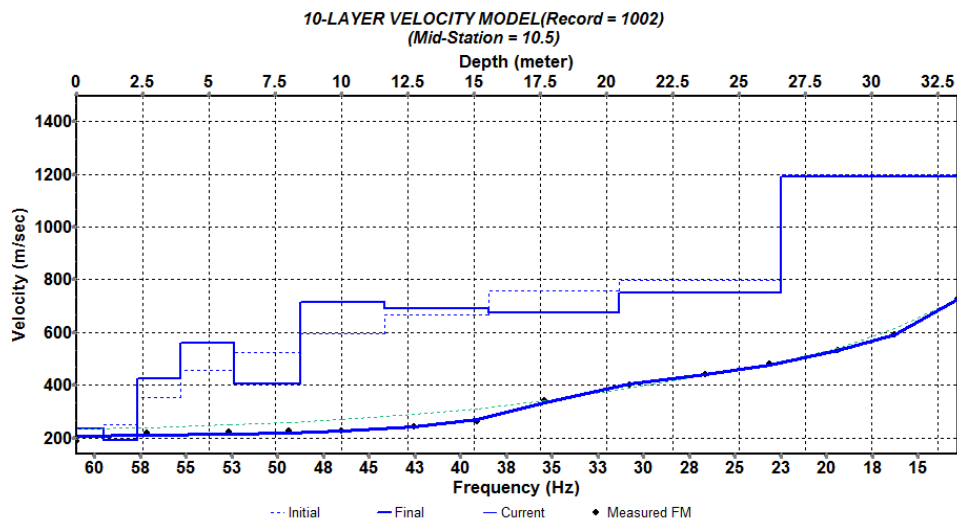
La fase di acquisizione come si è premesso è analoga a quella adottata nei normali rilievi sismici a riflessione con la sola precauzione che la geometria utilizzata deve essere tale da assicurare un'efficiente generazione di onde di superficie che si sviluppano al di sotto del range di profondità delle onde primarie.

Nella fase di elaborazione il compito più delicato è rappresentato dalla costruzione della curva di dispersione. Essa altro non è che il plottaggio della velocità di fase in funzione della frequenza e ha il suo supporto teorico nel fatto che quando per l'energizzazione sismica si usa una sorgente compressionale (impatto) più di 2/3 dell'energia sismica generata è rappresentata dalle onde di Rayleigh, che sono la componente principale delle "ground roll". Assumendo quindi che ci sia una variazione verticale della velocità, ogni componente di frequenza di un'onda di superficie ha una diversa velocità di propagazione (chiamata *velocità di fase*) per una ed una sola componente di frequenza. Questa caratteristica di unicità si riflette in una differente lunghezza d'onda per ciascuna frequenza propagata. Questa proprietà è chiamata **dispersione** e per osservare la natura dispersiva di un segnale sismico generico si usa un'analisi chiamata *overtone* che consente la costruzione di un grafico dove i trend delle massime ampiezze locali rappresentano possibile energia dispersiva (cioè modo fondamentale e modi più elevati di propagazione). Questo viene ottenuto esaminando tutte le possibili velocità di fase per tutte le frequenze considerate nell'analisi.



Overtone della stazione 10 (rec1002) e 37 (rec1011) della sezione sismica L2. Si noti la differenza nella velocità di fase nel profilo più vicino alla roccia-1002- in cui a parità di frequenza si rilevano velocità di fase molto più elevate. I dati di velocità ed il campo di frequenza rappresentano i valori di input per la costruzione della curva di dispersione tracciata nei punti di massimo energetico spettrale.

Il passo finale è quello del processo di inversione della curva di dispersione per arrivare alla definizione del profilo delle velocità delle onde S (V_s). Si tratta di un procedimento iterativo che richiede i dati di dispersione e una stima del coefficiente di Poisson e della densità. L'approccio con il metodo dei minimi quadrati consente un'automatizzazione del processo. La prima operazione è quella di definire un modello iniziale, dedotto dalla curva di dispersione, ed il programma ricerca un profilo delle V_s la cui curva teorica di dispersione meglio si approssima a quella sperimentale usando, come guida e condizioni al limite, l'errore RMS. Tanto più è corretto il modello iniziale tanto più piccolo è il numero di iterazioni necessarie per raggiungere il best fit.



Modello 1D prodotti dall'inversione dei due data set presentati sopra si noti che a circa 10m in un caso si identificano V_s di circa 750m/s nell'altro poco meno di 250m/s

Ripetendo l'acquisizione spostandosi di N stazioni (3 in questo caso) consente di ottenere una sezione pseudo-2D della distribuzione nel sottosuolo della velocità delle onde di taglio (V_s in m/s) che è il parametro fisico che meglio di ogni altro coglie la variabilità delle caratteristiche geotecniche di un materiale essendo influenzato soltanto dal comportamento della frazione solida di un terreno (le onde S, infatti, non si trasmettono nei fluidi).

3. SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Le informazioni provenienti dalle evidenze di superficie e dalle investigazioni dirette indicano che in questo settore la falda giace a circa 9m dal p.c. ed è ospitata in sedimenti ghiaiosi che si estendono almeno fino a 25-30m (fondo foro). Della roccia che costituisce la scarpata che delimita il sito verso ovest non vi è traccia nei sondaggi ma osservando uno degli edifici al confine nord del lotto è chiaro che esista un "foot wall" risparmiato all'erosione e su cui è stata appoggiata la struttura.

In continuità con questa evidenza si noterà che nel profilo Masw 2 si può ricostruire la stessa forma che invade la piana alluvionale per almeno un terzo della lunghezza investigata ed è sepolta da circa 5-8m di copertura sciolta.

La pendenza della superficie di erosione pare essere importante e si perdono circa 20m di quota in poco più di 20m di allontanamento dalla parete (circa 13 stazioni dove 1 Stazione=1,5m).

Anche nella sezione Masw 1 questo elemento rigido si ritrova, se pur in termini più marginali, anche se qui la pendenza è leggermente superiore a quella del profilo Masw2 e occupa solo il primo ottavo.

Spostandosi più in centro valle (2/3 finali di L2 e 7/8 di L1) si intercetta una sedimentazione che pare essere il frutto di interdigitazioni tra corpi poco addensati e grossolani di conoide con lenti più fini e compatte alluvionali.

Il gradiente di velocità è prevalentemente crescente con la profondità anche se a 8-10m in L1 ed a 5-8m in L2 si intercetta un livello meno addensato con Vs che scendono fino a 200m/s.

Intorno a 15-18m di profondità le Vs aumentano e oltrepassano i 360m/s. La modellazione termina a circa 30m di profondità in cui è possibile scorgere un interfaccia pianeggiante segnata dal valico delle velocità di 500m/s (interglaciale cementato?). Essa potrebbe costituire un riflettore locale ma non è escluso che tale allineamento di Vs più elevate sia un artefatto: è riconosciuto infatti che qualora alle basse frequenze il rumore ambientale collabori a costituire l'immagine spettrale Masw- per la cui analisi si ipotizza idealmente, ma molto spesso erroneamente, che il segnale generato dalla sorgente sismica sia dominante a tutte le frequenze- essa potrebbe soffrire di inevitabili sovrastime in quanto l'orientazione del segnale sismico non è in linea con l'array di ricezione Masw e quindi presenta velocità di fase più elevate. Esistono indagini più idonee per definire a tali profondità le Vs corrispondenti dei materiali ed esse andrebbero anche orientate in direzione subortogonale a quanto eseguito per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Anche dai dati a disposizione è possibile indicare che, in media, fino a 15-18m ca. le Vs non superano i 360m/s e nella stima delle Vs medie dei primi 30m, indipendentemente dalla presenza del riflettore a 500m/s il valore del Vs₃₀ calcolato al suolo non supera i 360m/s e quindi risulta prudente inserire in CAT.C il sito in esame. Progetto alla mano, qualora fosse programmato un approfondimento fondazionale importante (1-2 piani) bisognerebbe sottrarre il

contributo dei primi metri di suolo poco addensato e probabilmente si potrebbe essere in grado di migliorare la categoria alla B. Lo scrivente non ha comunque gli elementi per definire questo tema.

Tornando alla caratterizzazione geologica del sito e sfruttando il gradiente di velocità delle onde di taglio è inoltre distinguibile una forma erosiva evidenziata con il puntinato bianco più profondo che vuole ovviamente costituire solamente un suggerimento interpretativo. Tale suggerimento ha la volontà di spiegare ciò che invece è rappresentato nella sismica a rifrazione.

Come noto questa tecnica è molto più sensibile al contenuto idrico e di saturazione delle matrici granulari porose e, in terreni di medio basso addensamento risente sensibilmente della falda. È possibile infatti osservare un rifratore totale posizionato intorno alla isotaca 1200m/s: esso è tendenzialmente planare anche se in realtà esiste una leggera pendenza verso est: la cosa si potrebbe spiegare con l'idea che possa esistere una alimentazione della falda principale da acque provenienti da nordovest ma questo dovrebbe essere sostenuto da altri tipi di prove. Un'altra interpretazione potrebbe semplicemente indicare che le variazioni in taglia granulometrica siano lateralmente importanti con aumento di materiali granulari porosi dove le velocità V_p si riducono, analogamente a quanto può essere spiegato per le V_s .

Il modello delle V_p crea una leggera confusione nell'interpretazione relativamente al primo terzo di sezione della linea sismica L2 in quanto lo sperone roccioso è meno distinguibile in termini di V_p che di V_s : ciò a parer nostro è dovuto dal fatto che sedimenti saturi e roccia destrutturata del footwall hanno velocità V_p molto confrontabili.

Nel caso di L2 quindi è chiaro come la sovrapposizione del puntinato nero estratto dal Masw possa convergere con quanto indicato dalla rifrazione. In L1 invece esiste una strana riduzione di velocità (?) nel primo terzo della sezione, essa è anticipata da una fascia superficiale più veloce che potrebbe essere legata alla distorsione dei raggi sismici ad opera di strutture murarie ancora erette e che in quel punto si avvicinano alla sezione: la nostra idea sarebbe quindi quella di attribuire l'incongruenza di questa sezione in V_p a vizi interpretativi di strutture antropiche tridimensionali non rappresentabili su una sezione bidimensionale.

L'elemento più importante relativo alle necessità costruttive è che sia in termini di V_p e V_s i primi 4-7m di sottosuolo si presentano sciolti e non contengono elementi litoidi di grande calibro (>1,5-3mc).

Fa eccezione la zona sovrastante il primo terzo della sezione sismica L2 in cui a 5m si potrebbero intercettare materiali detritici cementati o direttamente la porzione litoide disgregata dell'ammasso roccioso (non è escluso che possano esistere blocchi litici di crollo della sovrastante parete). Essa comunque è riservata ad un settore ristretto del lotto in quanto spostandosi a sud sembra che nulla di tutto ciò sia stato intercettato dal sondaggio-piezometro che è a circa

7m di distanza dalla linea2 e cade in corrispondenza della progressiva 20m della rifrazione2 e della 15° stazione del Masw2.

Non potendo comunque disporre della stratigrafia del sondaggio geognostico, in quanto è stato eseguito senza recupero di nucleo e per soli scopi ambientali di posizionamento di piezometro, è chiaro che le informazioni che fornisce (tutto materasso ghiaioso senza intercettazione roccia) non debbano rivestire obbligatoriamente un vincolo sull'interpretazione sismica. Infatti la realizzazione di un foro è cosa ben diversa da un sondaggio a carotaggio geognostico dal cui ultimo è possibile risalire alla presenza e al grado di cementazione, all'evoluzione di spigolosità dei clasti granulari e quindi alle differenziazioni di gradazione sedimentaria ed anche di genesi. Le indagini geofisiche ad elevata risoluzione qui eseguite consentono di arrivare, anche se per via indiretta, a questo tipo di dettaglio geologico ed è stata per ciò formulata una ipotesi evolutiva dell'ambiente sedimentario che per il momento è quella più sostenibile a fronte di una mancanza di indagini dirette che lo possano contestare.

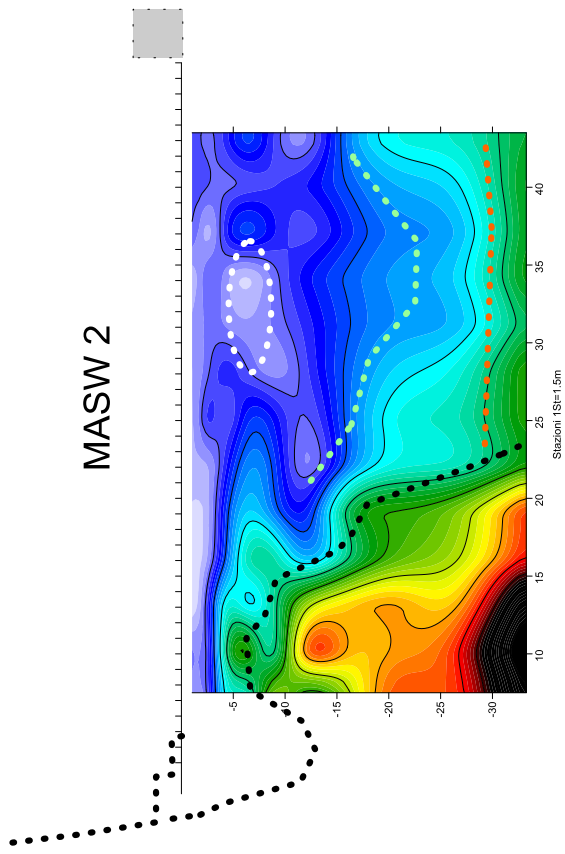
GG Service s.a.s.

di

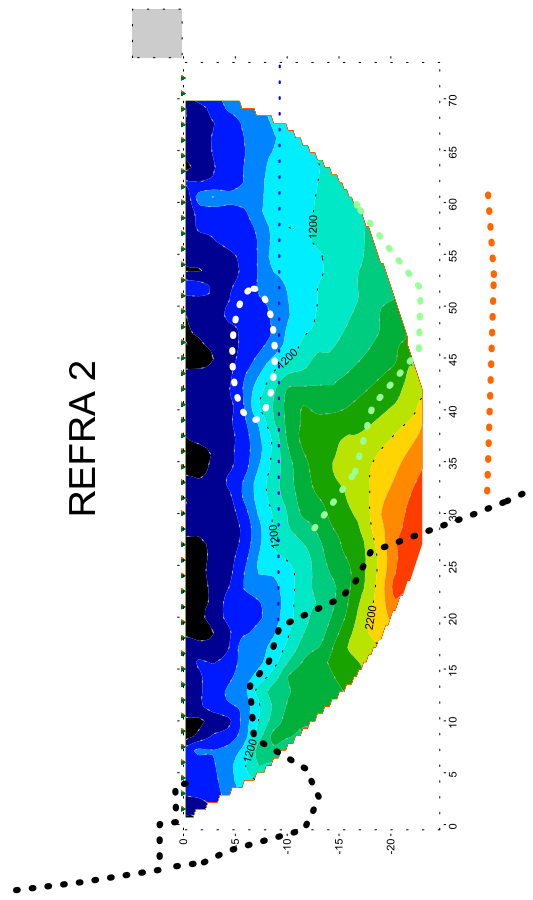
Garbari Tomas &C.



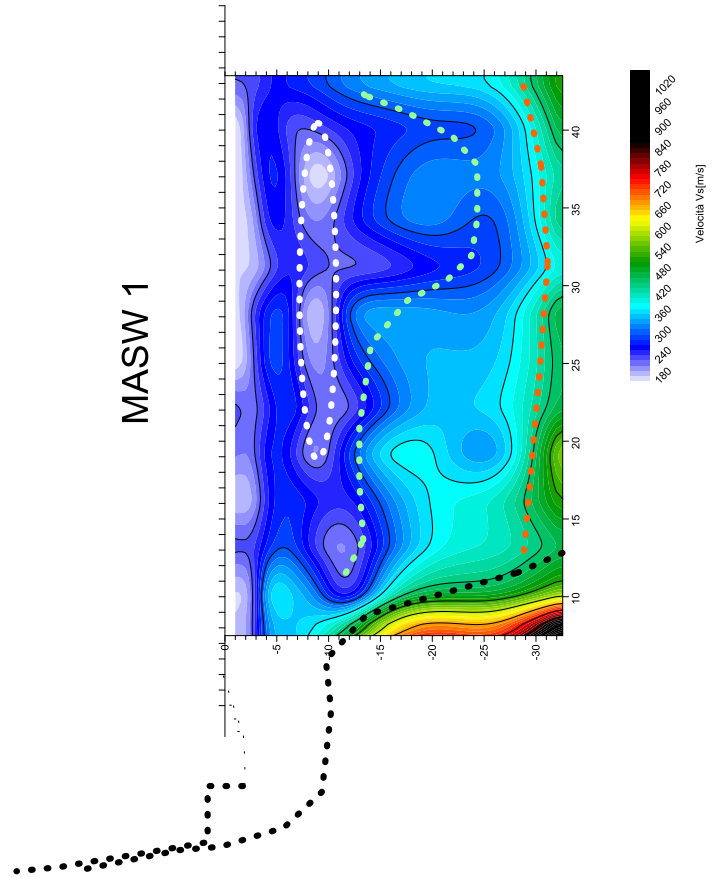
MODELLI SISMICI DI VELOCITA'



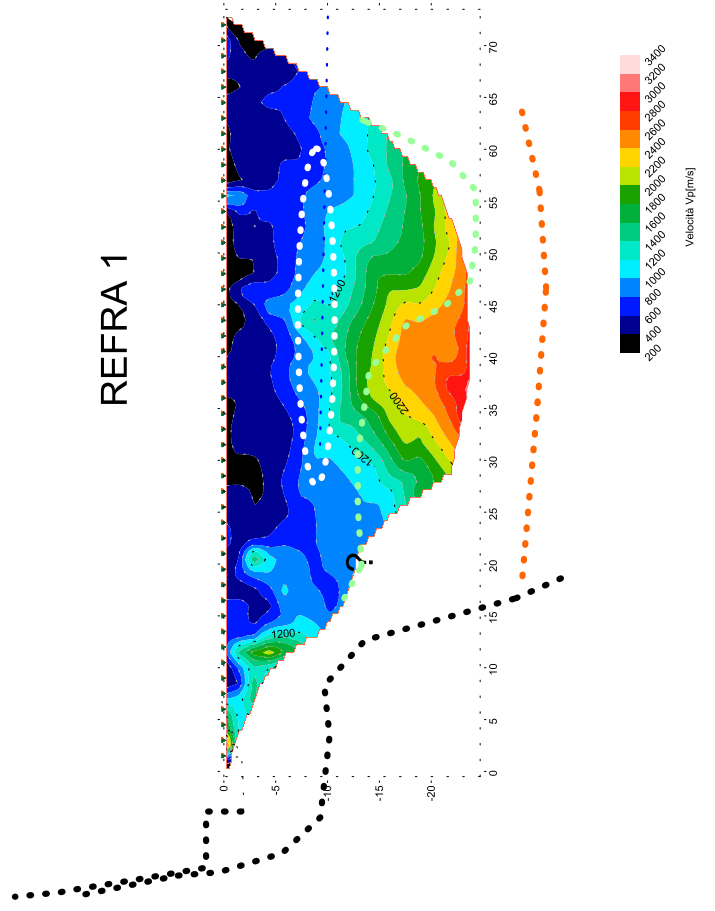
MASW 2



REFRA 2



MASW 1



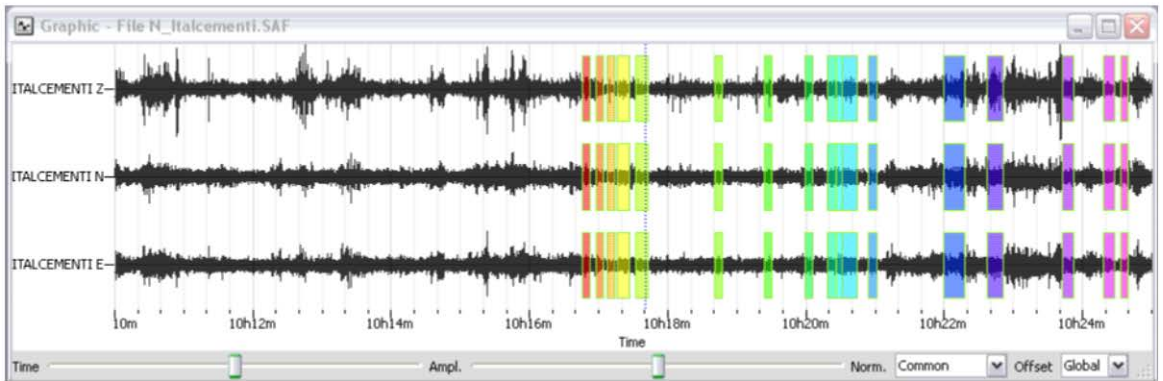
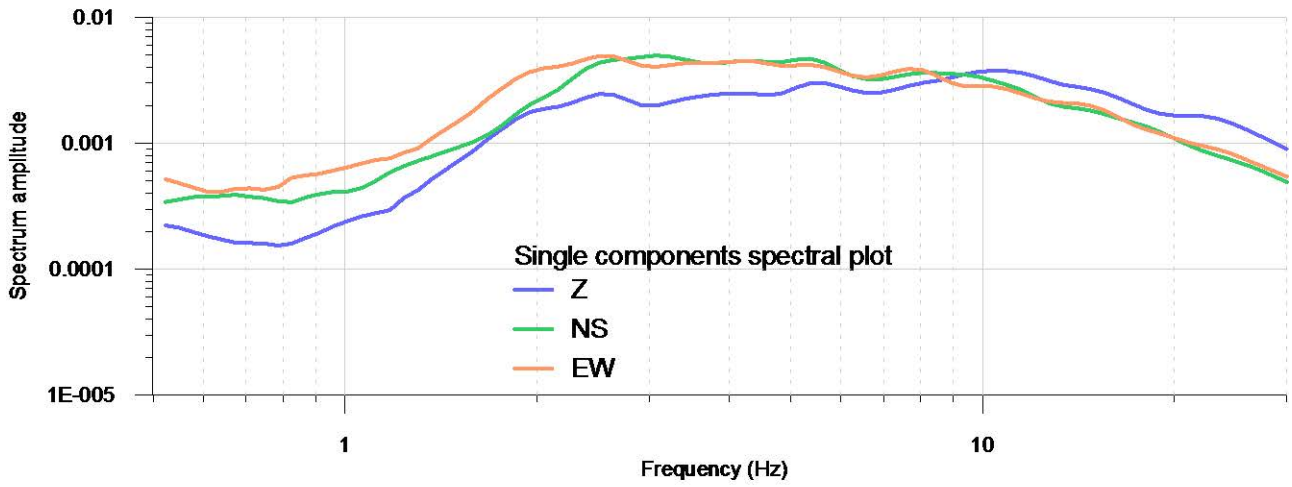
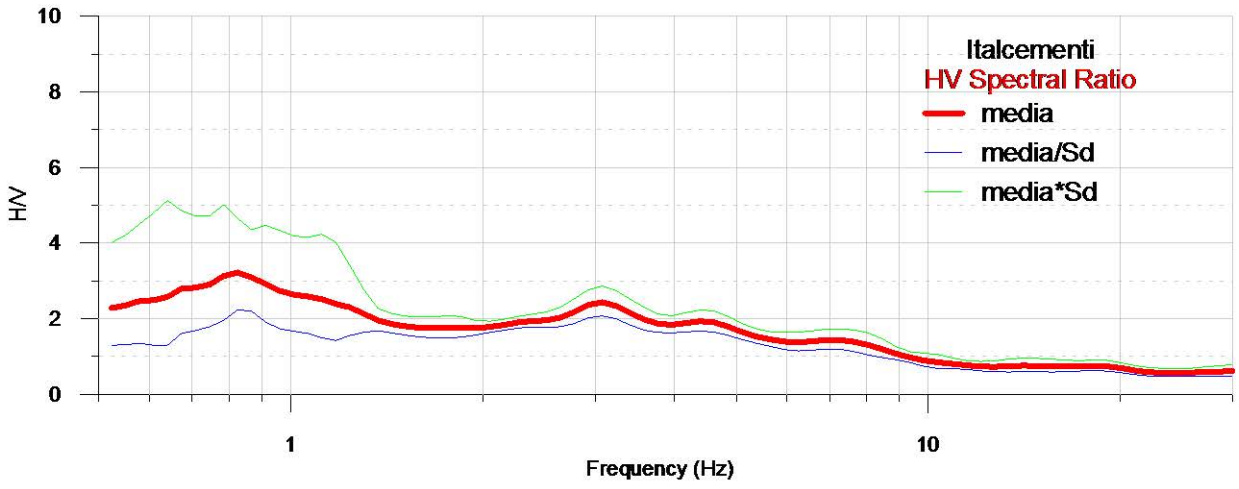
REFRA 1





ALLEGATO 4b

INDAGINE GEOFISICA - ESITO-HVSR-2017

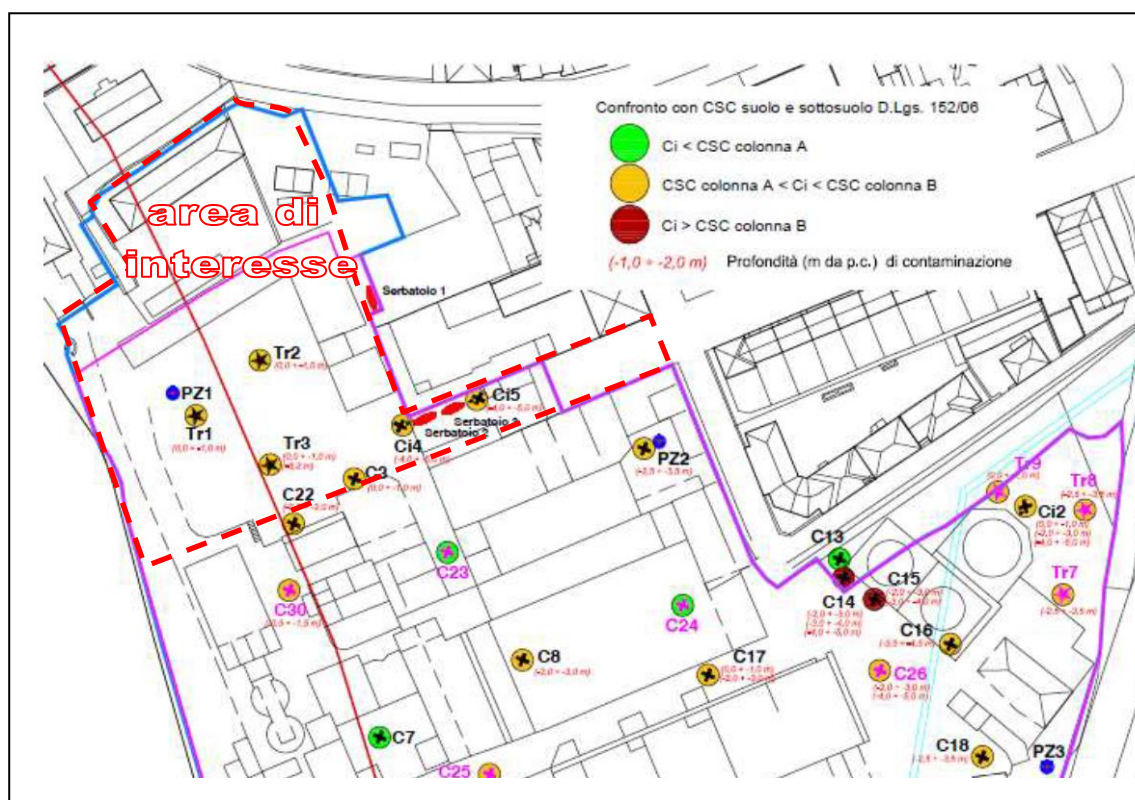




ALLEGATO 5

da "RELAZIONE DI FINE LAVORI DI BONIFICA ai sensi del D. Lgs. 152/06 - Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - 09/2018".

SINTESI DEI DATI PER L'AREA DI INTERESSE.



Stralcio della Tav. 2 del Progetto di Bonifica con indicazione dei punti di potenziale contaminazione. "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - Revisione del Progetto Operativo di bonifica dei terreni - ai sensi del D. Lgs. 152/06 - dott. geol. Luca Raffaelli - Maggio 2017". A tratteggio indicata l'area di interesse.



Il progetto di bonifica ha comportato la rimozione delle sorgenti primarie di contaminazione ancora presenti in sito: nel comparto C, in particolare, i serbatoi interrati ed i livelli di scorie di fonderia intercalati al terreno naturale in corrispondenza della trincea Tr3. Tali materiali sono stati completamente asportati nel corso della bonifica.



Scavo trincea Tr3 e scavo del serbatoio 1 con cumuli di terreno derivanti. Figure 8.11 e 8.9 della Relazione di fine lavori di bonifica ai sensi del D. Lgs. 152/06 - “Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Settembre 2018”.



Scavo del serbatoio 2 e scavo zona serbatoio 3 non rinvenuto. Figura 8.10 della Relazione di fine lavori di bonifica ai sensi del D. Lgs. 152/06 - “Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Settembre 2018”.



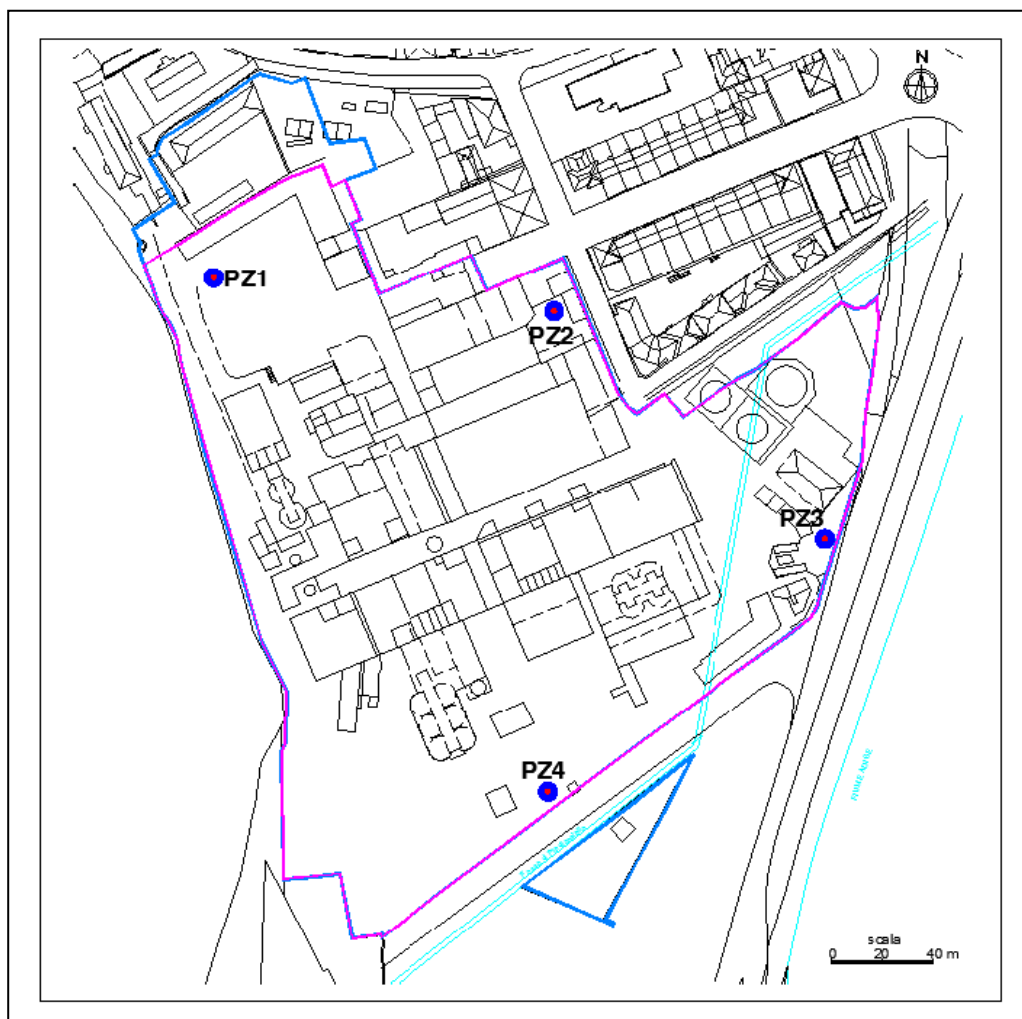
L'area oggetto di bonifica è stata interamente innalzata con aggregato riciclato certificato, con spessori da un minimo di 1,16 m ad un massimo di 1,97 m, interrompendo il potenziale contatto con il terreno contaminato superficiale.



Stesura del materiale certificato di ricopertura. Figura 8.16 della Relazione di fine lavori di bonifica ai sensi del D. Lgs. 152/06 - "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Settembre 2018".

SETTORE	Q.TA ORIGINALE (m s.l.m.)	Q.TA PROGETTO (m s.l.m.)	Q.TA RAGGIUNTA CON RIPORTO (m s.l.m.)	SPESSORE MATERIALE AGGREGATO RICICLATO (m)
AREA ESTERNA	189,00 - 189,35	191,20	191,139 - 191,35	1,78 - 2,1
AREA C11- C22-C27-C21	190,33 - 191,65	192,50- 192,70	192,65 - 192,86	1,3-1,9
SERB 2 SERB 3	192,50 - 193,18	193,50	194,34 - 194,47	1,16-1,29
SERB 1	194,25 - 194,30	195,50	195,5	1,25
TR1-TR2	193,80	195,50	195,77	1,97
TR3	193,90	195,00	195,72	1,8

Quote e spessori finali del materiale di riporto (aggregato riciclato) utilizzato. Tabella 8.17 della Relazione di fine lavori di bonifica ai sensi del D. Lgs. 152/06 - "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Settembre 2018".



Ubicazione dei piezometri di monitoraggio della falda. Figura 12.1 della Relazione di fine lavori di bonifica ai sensi del D. Lgs. 152/06 - "Piedicastello S.p.A. Sito ex Italcementi e proprietà Piedicastello limitrofe - dott. geol. Luca Raffaelli - Settembre 2018".

Nel corso dell'attuazione del progetto di bonifica dei terreni sono stati effettuati due monitoraggi delle acque di falda, ad inizio bonifica in data 01/02/2018 e a fine bonifica in data 31/05/2018.

Sono state registrate eccedenze dei valori limite per As, Fe e Mn nel Pz2 (monte) e solo per Mn con valore peraltro inferiore in Pz4 (valle), indicando una potenziale contaminazione già all'esterno dell'area, come peraltro già riscontrato, con valori anche superiori, nelle campagne precedenti.

Gli esiti dei monitoraggi effettuati a inizio e fine bonifica confermano pertanto l'assenza di evidenze di contaminazione o di parziale contributo, da parte del sito, a fenomeni di contaminazione già presenti nell'acquifero di monte.



ALLEGATO 6

RILIEVO FINALE POST BONIFICA



- LEGENDA**
- AREA DI PROPRIETÀ PIEDICASTELLO
 - AREA EX ITALCEMENTI
 - 191.15 QUOTA RILIEVO STATO DI FATTO
 - 192.70 QUOTA RILIEVO STATO DI PROGETTO
 - 192.811 QUOTA RILIEVO STATO REALIZZATO
 - ★ areale scavo e rimozione rifiuti/scorie (trincea TR3)
 - sondaggi con concentrazioni > CSR terreno superficiale
 - aree con necessità di riporto per concentrazioni > CSR
 - AREE OGGETTO DI RIPORTO COMPLESSIVO
 - ⋯ 8° AGGIORNAMENTO - D.G.P. N. 1813 DI DATA 27.10.2014
AREA AD ELEVATA PERICOLOSITÀ
GEOLOGICA ED IDROLOGICA
 - - - PIANO REGOLATORE GENERALE DEL COMUNE DI TRENTO
APPROVATO CON D.G.P. N.200 DI DATA 0.1.02.2008 E DA ULTIMO
MODIFICATO CON D.G.P. N.1289 DI DATA 28.07.2014 - ALLEGATO N. 4.1
ZONIZZAZIONE (AREA C5 - TRENTO:AREA ITALCEMENTI
E AREE ADIACENTI - B1, F4, AP)
 - CANALE IDRICO INTERRATO - FOSSA DI PIEDICASTELLO



RILIEVO

Officina degli Ambienti
Pianificazione Territoriale e Cooperativa

CONSORZIO LAVORO AMBIENTE
VIA AL MASO VISINTAINER 10
38122 TRENTO

COOPERATIVA LAGORAI
VIA PUISLE 35
38051 BORGO VALSUGANA
TRENTO (TN)

COMMITTENTE
Piedicastello S.p.A. - Via Segantini, 10 TRENTO

COMMESSA
AREA EX ITALCEMENTI DI TRENTO E PROPRIETÀ
PIEDICASTELLO LIMITROFE
PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA
AI SENSI DEL D.LGS. 152/06

TITOLO
RILIEVO FINALE

DATA
settembre 2018

CONSORZIO LAVORO AMBIENTE
Cooperativa Ambienti

COOPERATIVA LAGORAI

SCALA
1:500

TAVOLA
A1