

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001

APPROFONDIMENTI PROGETTUALI

APPROFONDIMENTI PER OSSERVAZIONI REGIONE PIEMONTE
Riscontro Osservazione n. 14 (rif. lettera prot. n. CTVA-2014-0812 del 06/03/2014)

GALLERIA DELLA MADDALENA
MONITORAGGIO GEOTECNICO - APPROFONDIMENTI REGIONE PIEMONTE

Relazione piano monitoraggio versante Maddalena

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	29/05/2014	Première diffusion / Prima emissione	G.MANCARI (SEA)	A. DEMATTEIS. V. GRISOGLIO	L.CHANTRON C. OGNIBENE
A	10/06/2014	Reception observations LTF / Recepimento osservazioni LTF	G.MANCARI (SEA)	A. DEMATTEIS. V. GRISOGLIO	L.CHANTRON C. OGNIBENE

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Carlo Ognibene
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 8366 T

Tecnimont
Civil Construction
Dott. Ing. Francesco Magnoni
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6231 J



CODE DOC	P	D	2	C	3	B	T	S	3	2	0	4	0	A
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C3B	//	//	26	48	97	10	01
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

ECHELLE / SCALA



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

.....	
RESUME/RIASSUNTO	3
1. INTRODUZIONE	4
2. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO.....	5
2.1 Frana de La Maddalena	5
3. SISTEMA DI MONITORAGGIO ESISTENTE	9
4. DESCRIZIONE E RISULTANZE DEI SOPRALLUOGHI ESEGUITI	13
5. NUOVI SETTORI DA MONITORARE	15
6. PROTOCOLLO DI SICUREZZA.....	22
6.1 Frequenza delle letture.....	22
6.2 Scenari presumibili	22
6.3 Procedure per l'evacuazione e chiusura dell'area	22
7. CONCLUSIONI.....	13
8. ALLEGATO 1.....	23
9. ALLEGATO 2.....	24

RESUME/RIASSUNTO

Ce rapport analyse et décrit le contexte géomorphologique du versant et la zone du pied du glissement à gros blocs en amont du site du portail du Tunnel de Maddalena. Suite aux demandes d'intégration de la Regione Piemonte, ce document a le but de vérifier et éventuellement étendre l'existant monitoring des blocs instables.

Depuis les observations de terrain (avril mai 2014) le ruisseau de monitoring de Musinet apparait adéquat, et les données disponibles ne montrent pas des mouvements en cours. Cependant une extension du monitoring est proposée aux nouveaux blocs de dimensions cyclopiques individués sur le site.

La typologie d'instruments à utiliser sera similaire à existante dans le ruisseaux de Musinet.

Soit dans la phase de chantier que en exercice, dans le cas d'enregistrement de mouvements des blocs contrôlés, sera envoyé un alarme. Du même temps une inspection sur site où les mouvements se sont produits sera effectuée afin d'évaluer l'effectif aléa.

Questo rapporto analizza e descrive il contesto geomorfologico del versante e l'accumulo della frana a megablocchi presente a monte del sito dell'imbocco del Tunnel della Maddalena. Tale relazione, a seguito delle richieste di integrazione della Regione Piemonte (punto 14), ha lo scopo di verificare ed eventualmente estendere il già presente sistema di monitoraggio della Musinet dei blocchi instabili.

Dai sopralluoghi effettuati tra aprile e maggio 2014 la rete di monitoraggio della Musinet è risultato adeguata, e dai dati a disposizione tale monitoraggio non sembra registrare movimenti in atto. Ciononostante è proposta un'estensione del monitoraggio su nuovi blocchi di dimensioni ciclopiche rilevati durante i sopralluoghi.

La tipologia di strumentazione da adottare sarà del tutto simile a quella già installata nella rete di monitoraggio della Musinet.

Sia in fase di cantiere che di esercizio, nel caso di registrazione di movimenti dai massi monitorati, sarà emanato specifico allarme. Contestualmente sarà previsto specifico sopralluogo sul sito interessato dai movimenti a seguito del quale sarà valutata l'effettiva presenza di pericolo.

1. Introduzione

Il presente rapporto è stato redatto a seguito delle richieste di integrazione fatte dalla Regione Piemonte al progetto definitivo del Nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione, parte comune italo – francese, tratta in territorio italiano. In particolare tale documento è stato realizzato per ottemperare alla richieste presenti al punto n° 14 dell'allegato 1 alla nota prot.3727/DB 12.06, ovvero:

Le relazioni progettuali prescrivono la realizzazione di un sistema di monitoraggio geotecnico sui versanti a monte della Maddalena, in realtà già in essere sotto la gestione della Musinet; si sottolinea che tale sistema di monitoraggio riguarda solo determinate tipologie di gravi ed è stato realizzato in relazione al rischio specifico insistente sull'Autostrada A32, peraltro già dotata di protezioni adatte a talune tipologie di crolli. Inoltre si rammenta che fenomeni di crolli in roccia possono avere pochi fenomeni premonitori oppure registrano un lasso di tempo estremamente limitato tra il precursore e l'accadimento del crollo. Si richiede, pertanto, di integrare gli studi sul monitoraggio geotecnico con un approfondimento specifico inerente l'efficacia del monitoraggio ed il protocollo di sicurezza da adottare sia in fase realizzativa che gestionale.

Questo rapporto pertanto analizza e descrive l'assetto geomorfologico del versante, la presenza di blocchi rocciosi potenzialmente rimobilizzabili e la messa in opera di un sistema di monitoraggio lungo alcuni settori ad implementazione di quello già presente e gestito dalla Musinet. Per quanto riguarda la descrizione dei fenomeni di caduta massi potenzialmente interferenti sull'area di studio si rimanda allo specifico documento PD2-C3A-MUS-0909_A_Studio relativo alla pericolosità per caduta massi.

I dati presenti nel seguente studio derivano principalmente da sopralluoghi eseguiti in sito, in date 30 aprile e 08 maggio 2014.

Ulteriori dati e considerazioni derivano anche dalla consultazione dei seguenti documenti:

- Relazione Tecnica Impianto di monitoraggio dei versanti dell'area di Chiomonte - Tronco III - Sito 1
- Studio dal titolo "Indagini sulla stabilità del tratto di versante sinistro della Valle di Susa incombente sul costruendo "viadotto Clarea" eseguito nel 1987 dal Prof. Carraro;
- Studio relativo alla pericolosità per caduta massi PD2-C3A-MUS-0909_A.

2. Geomorfologia dell'area di progetto

L'area di progetto si trova in provincia di Torino circa 50 km a Ovest del capoluogo piemontese e più precisamente fa parte della alta Valle di Susa all'interno del territorio del Comune di Chiomonte (TO).

I tratti distintivi della geomorfologia del settore sono definiti dall'incisione glaciale della Val Clarea, più bassa rispetto alla soglia glaciale di Graverè, dalle "Gorge di Susa", dall'area calanchiva che interessa il versante sinistro della val Clarea e dalla frana della Maddalena dove sono stati rinvenuti resti di un insediamento tardoneolitico (Fig. 1).

Il versante in dissesto è caratterizzato da un settore ad elevata acclività, ove è presente una diffusa copertura vegetale.



Fig. 1 – Vista panoramica dell'area di studio.

2.1 Frana de La Maddalena

La frana de "La Maddalena" ha una forma all'incirca triangolare con un'area di circa 3 km² ed è individuata da due scarpate principali di altezza decametrica (Fig. 2). La prima forma una sorta di "V" rovesciata con la punta situata poco sotto la località Cappella Bianca, presso la zona di cresta che separa la Valle Susa dalla Val Clarea. La seconda è posta più in basso (quota media di circa 1150 m) ed ha un andamento più articolato; il ciglio è caratterizzato dalla presenza di megablocchi (sui quali è presente il sistema di monitoraggio della Musinet) (Allegato 1). Il corpo di frana è costituito da un ammasso roccioso disarticolato, affiorante in modo discontinuo lungo la seconda nicchia e presso il piede della frana e da detrito, spesso a grossi blocchi (volume > di 100 m³). Il piede della frana è costituito da un deposito a grossi

blocchi, con volumetrie che raggiungono anche il migliaio di m³, che ricoprono una superficie terrazzata preesistente.

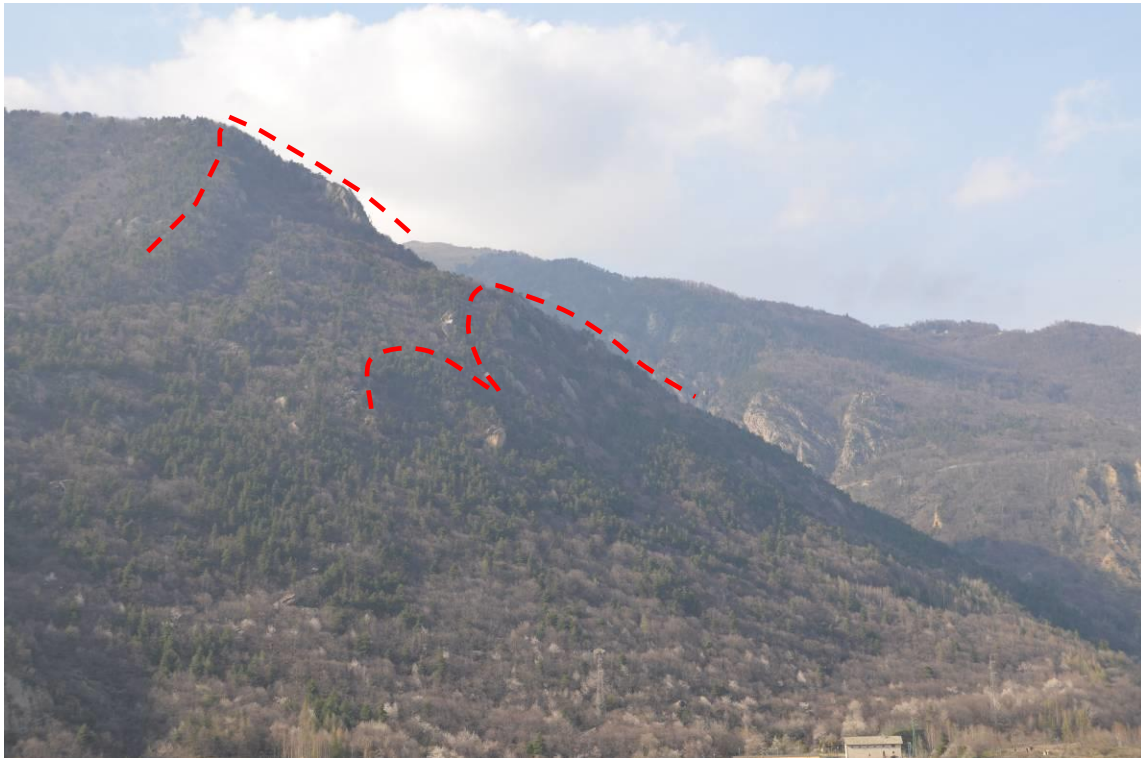


Fig. 2 – Dettaglio del versante in frana. In rosso il coronamento schematico della nicchia principale e di quella secondaria (punto di ripresa: Chiomonte, loc. Custunet)

Nel corpo della frana sono riconoscibili almeno tre giunti principali (*master joint*), immergenti verso N100-110°E ed inclinati di circa 50° e disposti a franapoggio più inclinato del pendio che la suddividono in tre corpi geometricamente sovrapposti il cui grado di fratturazione e disarticolazione diminuisce da quello più alto verso quello più basso. Lo stato di fratturazione dei due corpi più profondi non è molto spinto ed è desunto sulla base di pochi affioramenti, spesso non facilmente accessibili.

Il corpo più alto è costituito da un ammasso roccioso fratturato e disarticolato, spesso con formazione di grossi blocchi e da estesi campi di detrito. Anche l'entità della dislocazione diminuisce dal corpo più alto ai due inferiori. Nel corpo alto l'entità della dislocazione è stimata in circa 40 – 50 m e corrisponde all'ampiezza del trench, con riempimento detritico, profondo una ventina di metri (Carraro, 1987) e lungo 120 m circa, posto a quota 1145 m. L'entità della dislocazione nei corpi rocciosi inferiori è valutata intorno a 10-20 m e corrisponde all'incirca all'altezza delle scarpate in roccia nella zona di nicchia (1150 m).

L'assetto del versante rispetto alla famiglia di discontinuità dominante (*master joint*) è di tipo cataclinale sotto inclinato e quindi il movimento non è cinematicamente possibile in quanto i due corpi rocciosi geometricamente inferiori appaiono confinati al piede. Possibili meccanismi in grado di indurre un movimento sono legati:

- a fenomeni di dissoluzione o di “compattazione” del livello verticalizzato di “carniole” posto alla base del pendio
- al detensionamento post-glaciale
- alla presunta presenza alla base di piani di rottura disposti a franapoggio.

Fenomeni di dissoluzione si osservano nei pressi della centrale IREN (ex AEM) di Chiomonte e sono evidenziati da una serie di doline con diametro pluridecimetrico. Il livello di carniole è costituito da breccie tettoniche di marmi con locali livelletti gessosi e da rocce carbonatiche vacuolari di origine secondaria, formatesi a seguito della precipitazione di carbonati (travertini).

Fenomeni di fratturazione e movimenti legati al detensionamento post-glaciale sono stati frequentemente ipotizzati in letteratura. Nella fattispecie non si escludono meccanismi più complessi causati dalla maggiore persistenza del ghiacciaio vallivo del Clarea rispetto a quello della val Susa, fenomeno che potrebbe aver causato un detensionamento asimmetrico e sfasato nel tempo. Per quanto riguarda invece la presunta presenza di piani a franapoggio meno inclinati del pendio e quindi in grado di svincolare al piede la massa rocciosa, si evidenzia che nell'area sono note strutture secondarie e poco diffuse con la medesima giacitura.

L'entità della dislocazione dei due corpi inferiori appare congruente con le cause ipotizzate. Questo movimento (primo movimento) è avvenuto lungo le superfici dei giunti orientati NNE-SSW, ha provocato la disarticolazione dell'ammasso roccioso, specie, come già indicato, del corpo geometricamente superiore, a valle della nicchia principale (quota 1350 m circa). Lo stato di disarticolazione, talora molto spinto, ha innescato la formazione di ripetuti fenomeni di caduta massi e sporadiche frane di crollo che hanno formato il detrito di falda, organizzato in blandi conoidi e che hanno formato i depositi a grossi massi appoggiati al terrazzo glaciale su cui sorge il sito archeologico della Maddalena. Un fenomeno di dimensioni volumetriche maggiori (secondo movimento) ha presumibilmente creato la nicchia di frana posta a circa 1150 m.

La presenza di grossi massi in abbondante matrice fine testimonia che il primo episodio gravitativo si è presumibilmente verificato nel momento in cui si stava ultimando la sedimentazione dei depositi glaciali di fondovalle. La presenza di grossi massi con poca o scarsa matrice fine testimonia il secondo episodio gravitativo, molto probabilmente verificatosi antecedentemente al Neolitico medio (dal 4300 a.C.), come testimoniato dai rapporti di sovrapposizione dei livelli archeologici di età neolitica.

A parte questi due episodi principali la normale evoluzione della frana consiste in sporadici fenomeni di caduta massi, testimoniate da corridoi di transito e da segni di impatto, frane di crollo e da processi di origine colluviale. Il protrarsi di tali processi provoca la retrogressione della seconda nicchia di distacco specie quando è impostata in colluvium.

Nell'area archeologica, la natura policronologica dei fenomeni di crollo e, soprattutto di quelli colluviali, è testimoniata dalla presenza di almeno due distinti livelli colluviali: quello inferiore, a grana più fine, ha conservato localmente le tracce della presenza antropica, mentre quello superiore, a grana maggiore e più eterometrico, presenta verso il tetto blocchi di frana e restituisce materiale archeologico rimaneggiato.

Per quanto concerne lo stato di attività della frana, ovvero se attualmente vi sono movimenti, si riportano i risultati della campagna di indagine condotta su copertura regionale tramite tecnologia radar-satellitare SqueeSAR™ realizzata da Arpa Piemonte nell'ambito del Progetto Transfrontaliero Risknat. Essi indicano che la zona del *trench* è affetta da movimenti verticali caratterizzati da velocità di circa 1-2 mm/anno. Nella restante area, maggiormente boscata, la tecnica non individua bersagli e non fornisce risultati.

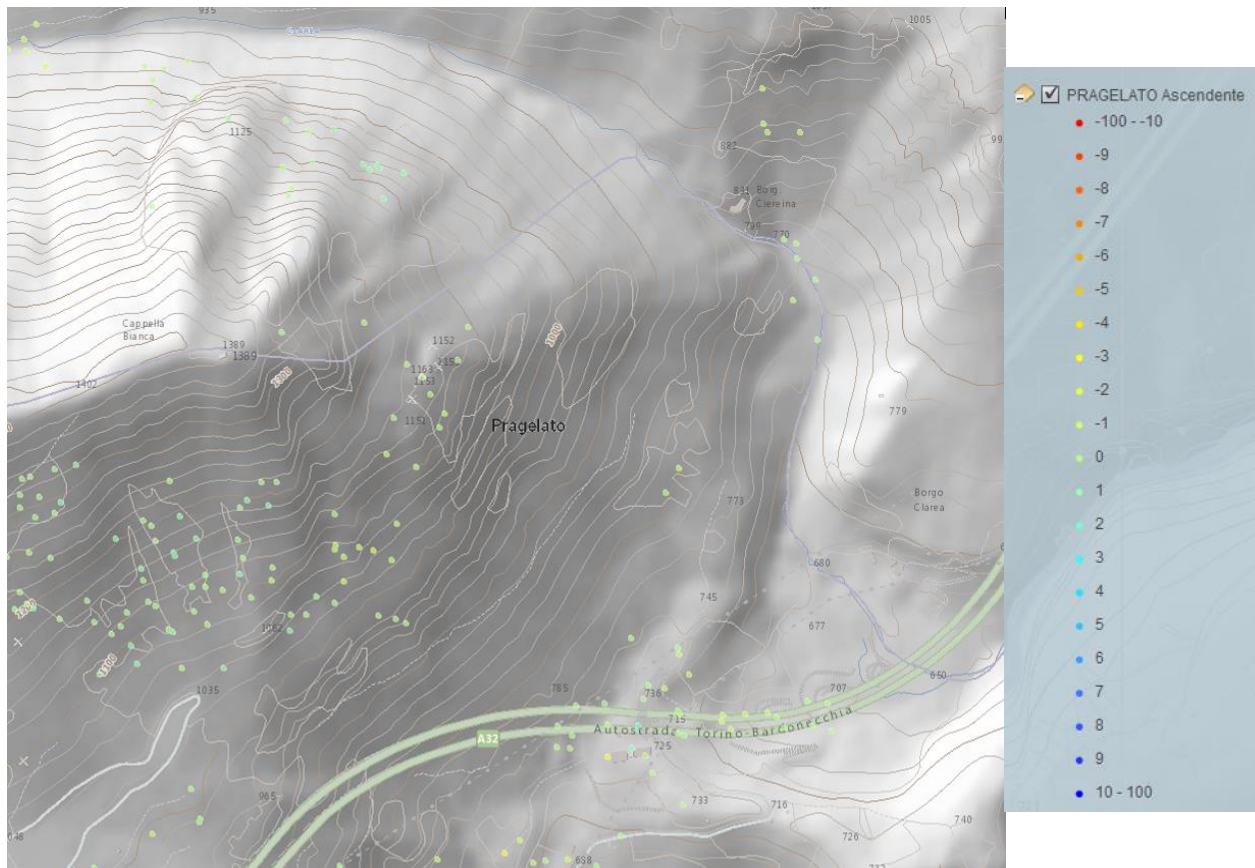


Fig. 3 – Analisi radar-satellitare SqueeSAR™ realizzata da Arpa Piemonte (sito web ARPA Piemonte).
“Pragelato” si riferisce al nome del data set e non è un toponimo. Spostamenti in mm/anno.

Con riferimento alla classificazione proposta da Cruden & Varnes (1995), modificata da Amanti et al., (1996) e ripresa dal progetto IFFI, il fenomeno franoso della Maddalena è caratterizzato da:

- uno stato di attività “attivo”, almeno nella zona del trench, e quiescente nelle rimanenti parti;
- una distribuzione costante, ossia il materiale spostato continua a muoversi e la superficie di rottura non mostra variazioni apprezzabili;
- uno stile di attività complesso, ossia il fenomeno caratterizzato dalla combinazione di due tipi di movimento in sequenza temporale.

I fenomeni di crollo più recenti sono stati ampiamente e dettagliatamente descritti da Carraro (1987) e i principali massi potenzialmente interferenti con le opere autostradali (viadotti Clarea e gallerie Ramat) sono monitorati da Musinet Engineering dal 1997 circa. La zona di arresto principale dei massi e dei blocchi comprende soprattutto la superficie terrazzata. Solo alcuni massi hanno superato il ciglio della scarpata e si sono arrestati lungo il fondo della val Clarea. Per tale motivo sono state realizzate opere passive (rilevati paramassi) per la protezione dell’imbocco della galleria Ramat e delle pile dei due viadotti Clarea.

3. Sistema di monitoraggio esistente

Gli obiettivi del monitoraggio della Musinet sono di tenere sotto controllo nel tempo eventuali situazioni di riconosciuta o potenziale instabilità e di prevenire con sufficiente margine di sicurezza, sia in termini di tempo sia per quanto riguarda la scelta dei mezzi più idonei di intervento, le condizioni di rischio in modo da garantire il corretto esercizio del tracciato autostradale dell'A32.

Nel complesso l'impianto monitorato dalla Musinet interessa il controllo della stabilità di circa 40 blocchi ciclopici e di 5 affioramenti rocciosi; le reti strumentali di superficie sono composte da apparecchiature di tipo elettrico e da centraline di rilevamento dati dotate di sistema autonomo di alimentazione e trasmissione automatica dei dati.

Lo scopo delle installazioni è di fornire informazioni sulle eventuali variazioni di alcune grandezze (inclinazione di blocchi, apertura di giunti e spostamenti relativi tra elementi instabili) che possano essere considerate rappresentative dell'equilibrio delle zone monitorate e consentano di individuare con sufficiente margine situazioni di particolare rischio.

Attraverso tale rete di strumenti sono monitorati massi ciclopici movimentabili per:

- crollo da ammassi rocciosi disarticolati e fratturati
- movimenti relativi dei blocchi rimobilizzabili come ad esempio scalzamento al piede di massi appoggiati

Nello specifico la strumentazione Musinet è così composta:

- 40 misuratori di giunti per il controllo della variazione lineare della distanza tra due punti incernierati al trasduttore di spostamento (Fig. 5);
- 30 clinometri atti alla verifica della deviazione angolare di elementi solidali al sensore (Fig. 7);
- 5 estensimetri a basi il cui impiego permette il controllo dei fenomeni di detensionamento che può interessare le porzioni superficiali di placche lapidee strapiombanti parzialmente collegate al substrato (Fig. 8);
- 10 termometri (Fig. 6).

Per un maggior dettaglio si rimanda anche all'Allegato 1.

Stando alle informazioni di Musinet non risultano attualmente in corso movimenti, in particolare i dati del monitoraggio hanno confermato quanto già indicato in passato circa l'assenza di fenomenologie disestive in atto in grado di coinvolgere i massi e le porzioni rocciose oggetto di controllo.



Fig. 4 – Esempio di massa ciclopica monitorato potenzialmente rimobilizzabile.

Relazione piano monitoraggio versante Maddalena



Fig. 5 – Misuratore di giunti (rete monitoraggio della Musinet).



Fig. 6 – Termometro (rete monitoraggio della Musinet).

Relazione piano monitoraggio versante Maddalena



Fig. 7 – Clinometro (rete monitoraggio della Musinet).



Fig. 8 – Estensimetro a basi (rete monitoraggio della Musinet).

4. Descrizione e risultanze dei sopralluoghi eseguiti

I sopralluoghi effettuati hanno interessato sia la parte alta del versante nel settore in cui sono riconoscibili le nicchie di distacco del fenomeno gravitativo, sia la parte bassa del versante, meno acclive della precedente, ove sono anche presenti un serie di barriere paramassi.

Più in dettaglio, in riferimento alle tipologie di movimentazione dei massi (per crollo e per scalzamento al piede) il sopralluogo ha permesso di evidenziare che:

1) lungo la nicchia superiore non si notano particolari situazioni disestive eccetto una nicchia di crollo con probabile tendenza retrogressiva;

2) tra la prima e la seconda nicchia si osserva la presenza di un accumulo detritico a megablocchi che appare stabile;

3) massi e blocchi ciclopici potenzialmente movimentabili per fenomeni di crollo sono localizzati in corrispondenza della seconda nicchia. I massi a maggiore criticità sono già monitorati con una serie di strumenti cablati a centraline di registrazione (Allegato 1). In tale zona sono stati osservati alcuni settori con massi instabili in quanto visibilmente ruotati e dislocati dalla loro posizione originaria (Fig. 14) e tracce di passaggio di massi.

4) a valle della seconda nicchia i massi ciclopici sono appoggiati su depositi detritici a pezzatura più fine e quindi potenzialmente movimentabili per scalzamento al piede.

5) ancora più a valle all'incirca in corrispondenza di reti paramassi non sono state osservate particolari situazioni critiche. Tali reti paramassi, poste in più ordini disposti a quinconce, sono state posizionate negli anni '90 a protezione del sito archeologico della Maddalena. Il sopralluogo ha evidenziato la presenza di almeno 8 ordini di barriere paramassi. Si tratta di barriere con pannelli di rete in fune di acciaio (maglia 20x20 cm) sostenute da montanti (profilati a "doppia T", 240x240 mm), con interasse di circa 8 m ed altezza di circa 6-7 m ancorati al terreno con quattro barre ($\phi = 32$ mm), funi di trattenuta munite di freni, funi di controvento e ancoraggi di fondazione. Tali barriere sono posizionate lungo il versante tra circa 800 e 900 m di quota. Non è stato possibile reperire le schede tecniche delle barriere riportanti la loro capacità di assorbimento di energia; sulla base delle caratteristiche osservate durante i rilievi di terreno quest'ultima potrebbe essere stimata tra 2000 e 3000 kJ.

6) a monte dell'imbocco delle gallerie "Ramats" dell'Autostrada A32 è presente un vallo paramassi in terre rinforzate (altezza di circa 4-6) sul quale è stata posizionata una barriera in rete paramassi con un'altezza di circa 3 m. I massi ciclopici presenti nel ripiano retrostante il vallo hanno le volumetrie comprese tra circa 8 e 2619 m³ (Carraro, 1987) con le classi seguenti di frequenza:

- volumi inferiori ai 100 m³: circa il 40%;
- volumi tra 100 e 200 m³: circa il 17%;
- volumi tra 200 e 300 m³: circa il 17%;
- volumi superiori a 300 m³: circa il 26%;

7) immediatamente a monte dell'imbocco del tunnel della Maddalena, attualmente in fase di scavo, è stata realizzata una barriera paramassi.

5. Conclusioni

Quanto descritto nei capitoli precedenti permette di giungere alle considerazioni seguenti:

1) I risultati delle simulazioni effettuate dalla Musinet (elaborato PD2-C3A-MUS-0909_A_Studio relativo alla pericolosità per caduta massi) dimostrano, in accordo con gli indizi raccolti sul terreno, che pochi massi raggiungono il ripiano a monte delle aree di cantiere e retrostante il terrapieno paramassi esistente a protezione dell'autostrada.

2) Il sistema di monitoraggio esistente della Musinet è, sulla base delle verifiche di terreno, adeguatamente dimensionato e di buon livello, nonché sufficiente a monitorare gli attuali blocchi già strumentati.

3) Fenomeni di rimobilizzazione dei blocchi ciclopici sembrerebbero allo stato attuale poco probabili, anche in accordo con i risultati del monitoraggio della Musinet che non segnala movimenti in atto. Ciò nonostante sono stati comunque individuati ulteriori blocchi di dimensioni ciclopiche (n. 22), attualmente non monitorati, che si è deciso di inserire in una nuova rete di monitoraggio simile per tipologia a quella già realizzata e in capo alla Musinet.

4) Dovrà essere redatto uno specifico Protocollo di Sicurezza per minimizzare i rischi di eventuali processi di caduta massi.

6. Nuovi settori da monitorare

Dalle evidenze di terreno è pertanto possibile affermare che i settori ove sono presenti blocchi potenzialmente instabili e/o rimobilizzabili, per i quali è necessario estendere il sistema di monitoraggio sono quelli in corrispondenza della seconda nicchia di distacco e immediatamente a valle di essa.

Tali settori da monitorare coincidono con le zone di potenziale distacco per le quali è stato eseguito lo studio delle traiettorie di caduta descritto nell'elaborato PD2-C3A-MUS-0909_A_Studio relativo alla pericolosità per caduta massi.

In particolare le aree di potenziale distacco sono state individuate lungo la porzione di versante compresa tra quota 900 m fino a quota 1150 m circa, nel settore in cui affiora il substrato cristallino, costituito da gneiss leucocratici appartenenti al Massiccio d'Ambin. I rilevamenti di terreno hanno evidenziato che i massi ciclopici presenti lungo la seconda nicchia hanno volumetrie comparabili (oltre 2000 m³) con quelle valutate da Carraro (1987) presso il piede. Tale osservazione è congruente con lo scarso grado di fratturazione dei massi e permette di ipotizzare che durante il processo di caduta i blocchi non siano sottoposti a processi di rottura che ne diminuiscano le dimensioni.

Come già accennato i massi rimobilizzabili presenti in questi due settori sono già in gran parte monitorati dal sistema della Musinet, messo in opera ai tempi per il monitoraggio a supporto dell'Autostrada A32. Durante il sopralluogo tale sistema di monitoraggio è stato oggetto di verifica visiva constatandone il buon livello e la buona efficacia.

Partendo da questo presupposto non risulta necessario intensificare ulteriormente il controllo dei blocchi già monitorati; tuttavia in alcuni settori è invece possibile estendere lo stesso, utilizzando le stesse tipologie di strumenti, allo scopo di monitorare altri blocchi potenzialmente movimentabili riconosciuti durante il sopralluogo stesso (Allegato 2 e Elaborato PD2_TS3_C3B_2041_Planimetria piano di monitoraggio_0).

Oltre al monitoraggio di massi isolati in taluni settori sarà necessario monitorare porzioni di affioramenti in posto generalmente disarticolati (Fig. 14 e Fig. 15) in taluni casi costituenti il ciglio di scarpate dalle quali potrebbero potenzialmente staccarsi porzioni rocciose e/o blocchi di notevoli dimensioni. Per tali settori si suggerisce ad esempio l'installazione di misuratori di giunti o estensimetri per tenere sotto controllo il grado di apertura delle fratture.

Come per l'esistente rete di monitoraggio della Musinet, anche la nuova rete dovrà essere progettata con lo scopo di monitorare gli elementi potenzialmente instabili tramite l'utilizzo di strumentazione geotecnica che registri le variazioni nel tempo dei parametri che influiscono sullo stato di equilibrio. In particolare dovranno essere monitorati:

- i movimenti relativi dei blocchi rimobilizzabili;
- gli spostamenti differenziali delle porzioni rocciose strapiombanti.

Il controllo delle grandezze avverrà attraverso sensori in grado di registrare:

- la variazione della distanza tra due punti distinti (misuratori di giunti / estensimetri)
- la variazione di inclinazione dell'elemento al quale sono solidali (clinometri).

La rete dovrà essere completa di sistema di lettura e trasmissione automatica dei dati.

Di seguito sono presentati alcuni esempi di blocchi rocciosi per i quali viene suggerita l'installazione della nuova rete di monitoraggio.

Si rimanda all'Allegato 2 per il catalogo completo dei blocchi.



Fig. 9 –Esempio di masso ciclopico da monitorare attraverso l'installazione di clinometri.



Fig. 10 –Esempio di masso ciclopico da monitorare attraverso l'installazione di clinometri e tiltimetri.



Fig. 11 –Esempio di massa ciclopica da monitorare clinometri.



Fig. 12 –Esempio di massa ciclopica “piantato” nel terreno da monitorare attraverso l’installazione di clinometri e misuratori di giunti.



Fig. 13 – Esempio di masso “appoggiato” da monitorare per mezzo di clinometri.

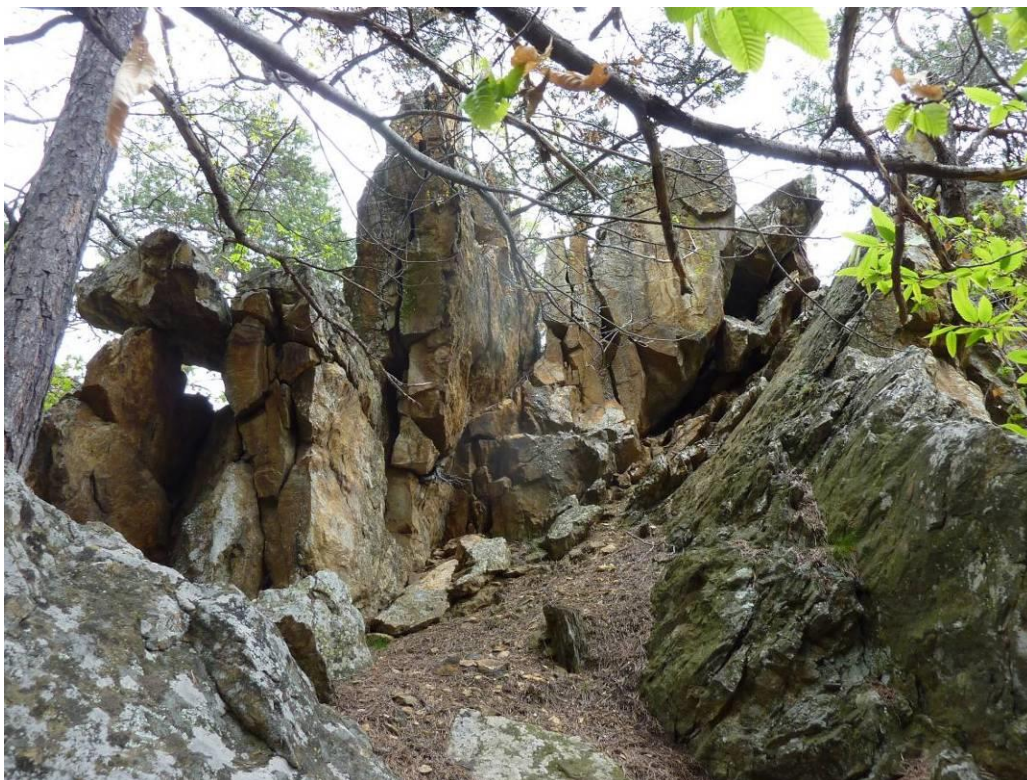


Fig. 14 – Porzione di substrato disarticolato con massi instabili per crollo e ribaltamento, da monitorare attraverso clinometri, fessurimetri e misuratori di giunti.

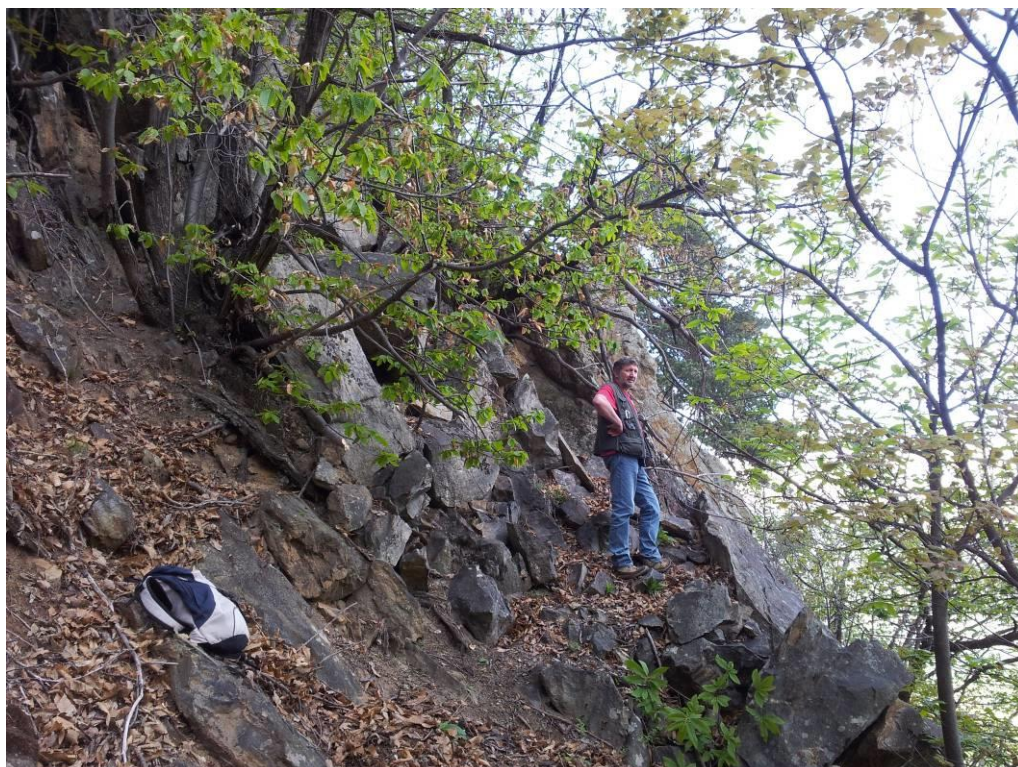


Fig. 15 – Porzione di substrato disarticolato con massi instabili, da monitorare attraverso clinometri, fessurimetri e misuratori di giunti.

7. Protocollo di sicurezza

7.1 Frequenza delle letture

Come già anticipato la rete di monitoraggio dovrà essere completa di sistema di lettura e trasmissione automatica dei dati.

La frequenza di monitoraggio dovrà avvenire ad intervalli regolari, almeno ogni 12 ore nelle condizioni di normalità, con la possibilità di essere variata in qualsiasi momento direttamente dal centro di gestione, in funzione della mutazione delle condizioni di rischio.

7.2 Scenari presumibili

Lo scenario di riferimento considera il distacco e/o mobilitazione di blocchi di dimensioni ciclopiche. Viste le volumetrie in gioco i sistemi di protezione passivi, come le barriere paramassi presenti lungo il versante, non sono in grado di trattenere blocchi di tali dimensioni (anche > 2000 mc).

Pur essendo verosimile che un eventuale caduta di tali elementi rocciosi si arresti lungo l'area pianeggiante al piede del versante, non si può tuttavia completamente escludere che alcuni blocchi possano anche arrivare ad invadere il piazzale dell'imbocco del Tunnel della Maddalena e l'area ove è prevista la centrale di ventilazione.

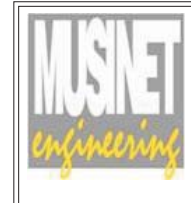
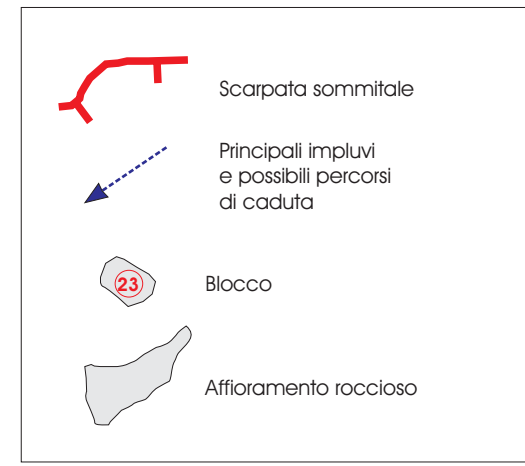
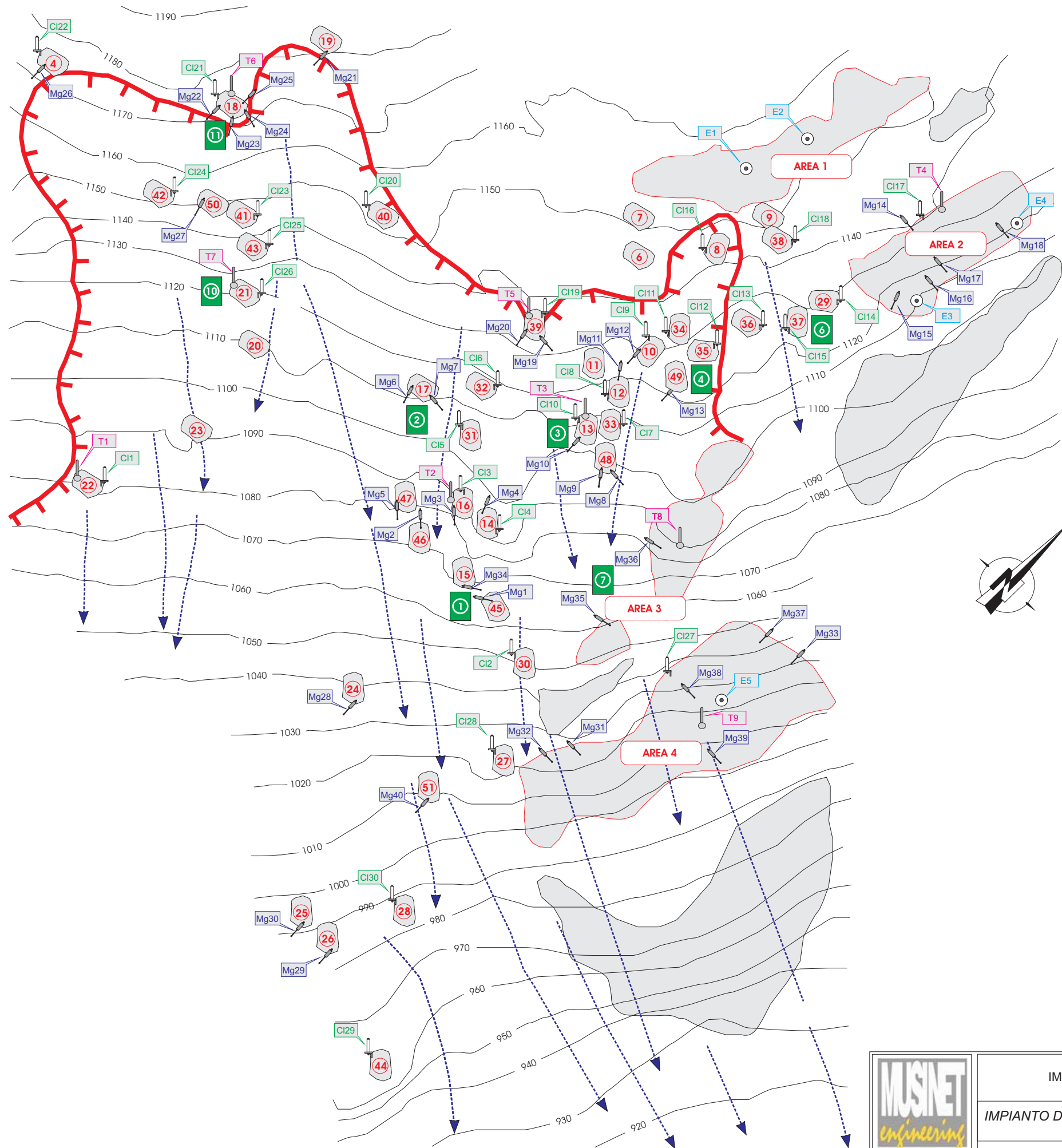
Sulla base di questo scenario non è possibile suddividere la zona del piazzale in aree a diverso grado di criticità.

Per questo motivo sia in fase di cantiere che di esercizio, nel caso di registrazione di movimenti da parte della rete di monitoraggio, sarà emanato specifico allarme per le maestranze durante la fase di cantiere e verso l'ente di gestione della centrale di ventilazione nella fase di esercizio con eventuale evacuazione immediata verso i punti raccolta (posti in posizione sicura). Il rientro dell'emergenza dovrà essere effettuata a seguito di uno specifico sopralluogo sul sito interessato dai movimenti e solo a seguito di questo sarà valutata l'effettiva presenza di pericolo stabilendo pertanto se far rientrare l'allerta.

7.3 Procedure per l'evacuazione e chiusura dell'area

Infine, nello specifico piano di coordinamento della sicurezza devono essere inclusi i rischi di caduta massi e prese tutte le possibili iniziative per far conoscere ai lavoratori presenti nel sito i rischi e le procedure di evacuazione e le relative norme comportamentali per favorire l'evacuazione in sicurezza dell'area di cantiere. Dovranno essere individuati ed evidenziati i punti di raccolta dei lavoratori e le vie di fuga.

8. Allegato 1



A32 - TORINO BARDONECCHIA
 IMPIANTI DI MONITORAGGIO TERRITORIALE, GEOTECNICO
 E SISMICO DELLA VALLE DI SUSÀ
 IMPIANTO DI MONITORAGGIO DEI VERSANTI DELL'AREA DI CHIOMONTE
 TRONCO III
 SITO 1 - UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

TAVOLA:
03
 FILE:
 TAV_03_S1

9. Allegato 2

Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341171.69	4999645.9

Codice massa
M1

Tipologia strumentazione prevista
misuratore di giunti
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341238.87	4999699.04

Codice masso
M2

Tipologia strumentazione prevista
misuratore di giunti
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341254.13	4999783.91

Codice massa
M3

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341246.85	4999760.08

Codice masso
M4

Tipologia strumentazione prevista
clinometro

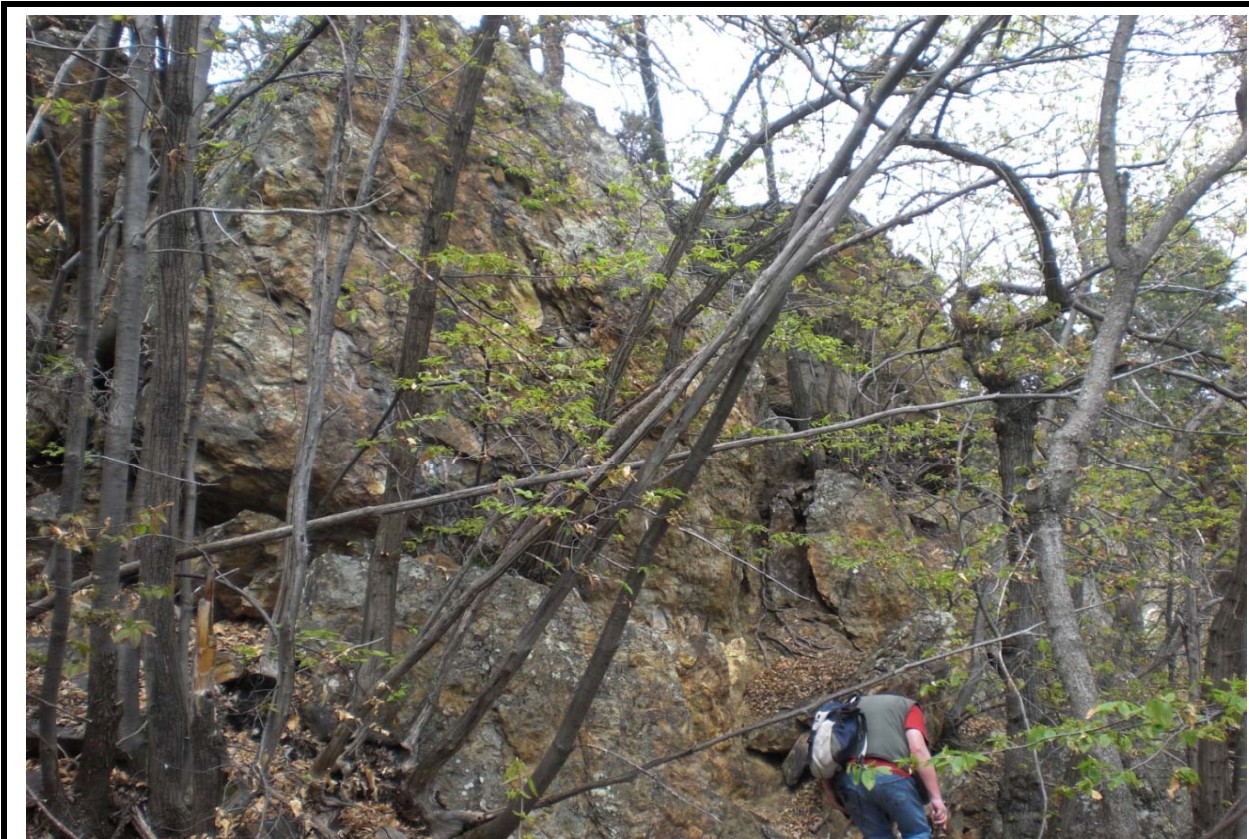


Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341282.93	4999796.31

Codice masso
M5

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti
estensimetro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341293.68	4999805.04

Codice massa
M6

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341325.65	4999831.04

Codice masso
M7

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341356.35	4999781.24

Codice masso
M8

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti
estensimetro

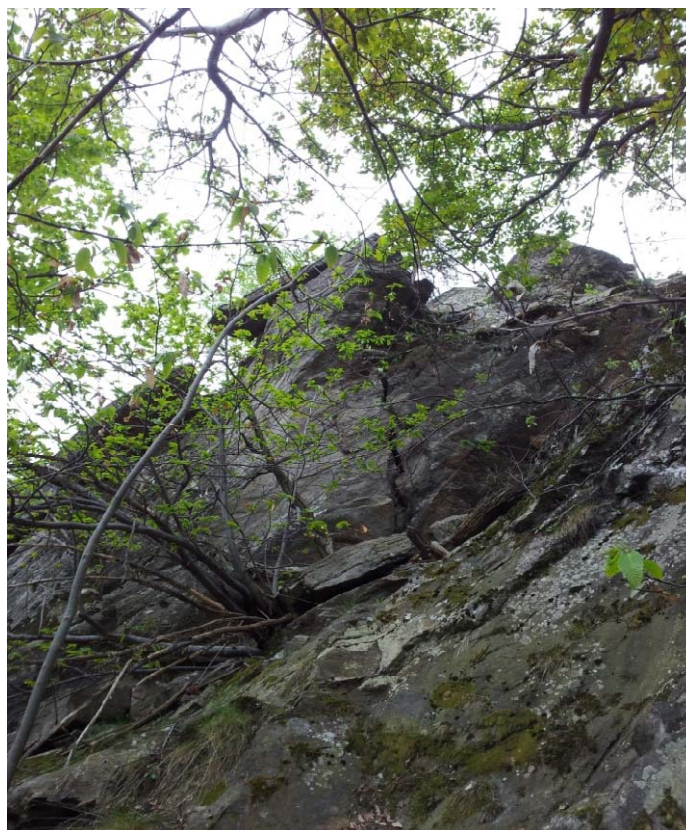


Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341386.32	4999765.16

Codice masso
M9

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341156.32	4999569.48

Codice masso
M10

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341256.44	4999636.90

Codice masso
M11

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341189.93	4999604.54

Codice masso
M12

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti
estensimetro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341178.18	4999597.28

Codice masso
M13

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341156.00	4999569.00

Codice masso
M14

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341166.37	4999559.11

Codice masso
M15

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti

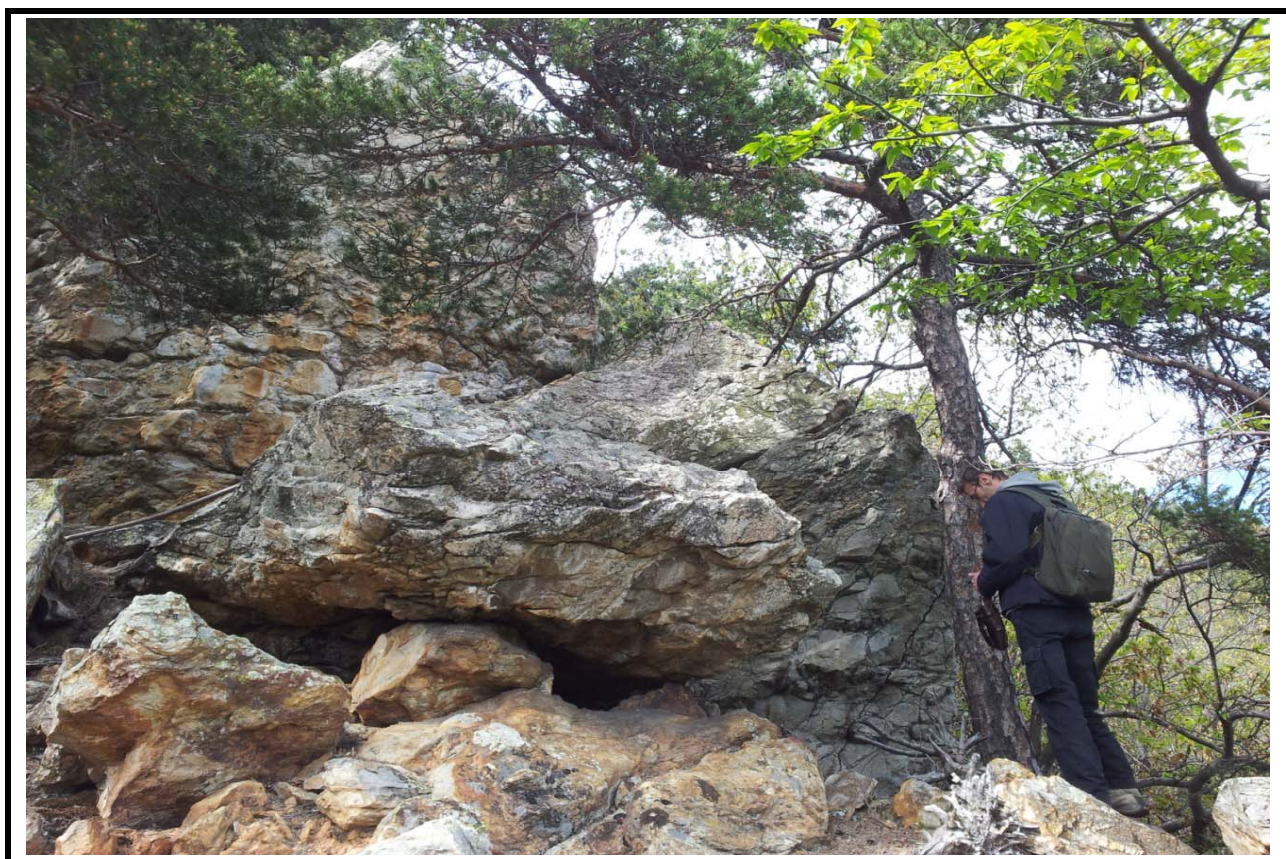


Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341194.87	4999512.61

Codice masso
M16

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341193.26	4999498.42

Codice masso
M17

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341193.27	4999473.51

Codice masso
M18

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341248.16	4999535.40

Codice masso
M19

Tipologia strumentazione prevista
clinometro



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341383.68	4999659.51

Codice masso
M20

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341423.25	4999709.32

Codice masso
M21

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti



Scheda monografica dei massi da monitorare

Coordinate (UTM WGS84)	
E	N
341408.73	4999739.58

Codice masso
M22

Tipologia strumentazione prevista
clinometro
misuratore di giunti
estensimetro

