

Centro di Monitoraggio Geologico: le attività in Lombardia e nel Tiranese



ARPA Lombardia
Settore RISCUS
U.O. Centro di Monitoraggio Geologico



06.12.2022 - UNITRE Tirano

Francesco Giudes
Bruno Quadrio

PARTE PRIMA

Attività del Centro Monitoraggio Geologico

Storia del CMG

Attività di monitoraggio geologico a seguito dell'alluvione della Valtellina (luglio 1987): reti di controllo sulle frane di Val Pola, Val Torreggio e nell'area di Campo Frasca.

Centro Monitoraggio Geologico (CMG) istituito da Regione Lombardia e in seguito trasferito presso ARPA Lombardia (aprile 2003).

Il CMG è struttura specialistica di ARPA Lombardia, ha sede a Sondrio ed ha il compito di controllare predefinite aree instabili, segnalando le eventuali situazioni di rischio idrogeologico alla Sala Operativa di Protezione Civile della Regione Lombardia.

Ad oggi i dissesti monitorati dal CMG sono 45.



Storia del CMG



27 Luglio 1987

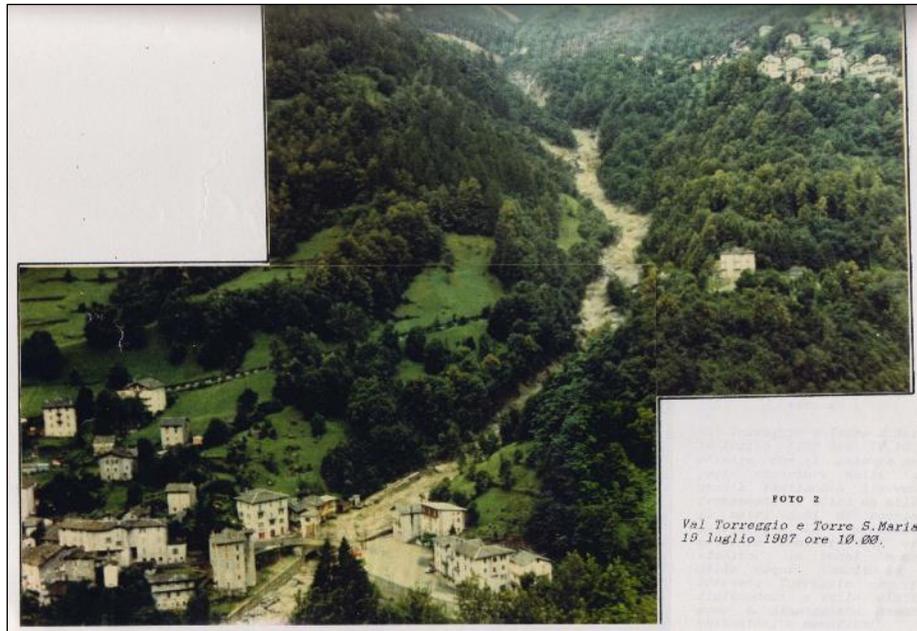


28 Luglio 1987

Finalità del Monitoraggio Geologico

Implementare la conoscenza di un dissesto relativamente alle sue caratteristiche principali: tipologia, delimitazione superficiale, profondità, materiali, entità dei movimenti, rapporto con precipitazioni, piezometria, ecc..

In relazione alle finalità di Protezione Civile, il Monitoraggio Geologico segnala alla Sala Operativa eventuali situazioni potenzialmente critiche dovessero manifestarsi, al fine di attivare procedure di intervento previste all'interno di appositi piani di emergenza



Attività del Centro Monitoraggio Geologico

Il CMG svolge i seguenti compiti

- a) Progetta nuove reti di monitoraggio ed adegua le esistenti
- b) Acquisisce ed elabora i dati registrati dalle reti di controllo
- c) Invia segnalazioni al Centro Funzionale di Regione Lombardia
- d) Supporta gli Enti che si trovano a gestire situazioni di dissesto
- e) Fornisce i dati raccolti a tecnici, enti di ricerca ecc.. che lavorano nelle aree monitorate

Organizzazione del CMG

Attività ordinaria:

Personale:

1 Dirigente
8 Geologi
2 Geometri
1 Segretaria

Controllo dati real time

Misure manuali in sito Stesura relazioni tecniche

Gestione fornitori servizi Relazioni di fattibilità per nuovi monitoraggi

Elaborazione dati Supporto alla Direzione Lavori

Aggiornamento studi di modellazione

**OPERATIVITA'
ORDINARIA**

In SEDE in orario di ufficio nei giorni feriali da LUN a VEN.
In REPERIBILITÀ, al di fuori delle precedenti fasce orarie, 365 giorni l'anno.

Organizzazione del CMG

Attività in presidio delle criticità

Comunicazione a Protezione Civile del superamento soglie di criticità

Verifica andamento del dissesto sulla base dei dati di monitoraggio

Acquisizione informazioni su previsioni meteo sitospecifiche

Supporto agli enti per la gestione delle criticità

Stesura Report giornalieri sull'andamento del dissesto (in fase di criticità elevata)

Esecuzione sopralluoghi tecnici nell'area con incremento frequenza di misure manuali di controllo

Criticità Moderata
Criticità Elevata

Operatività estesa di norma fra le ore 6:00 e le 20:00, 7 giorni su 7.
In REPERIBILITÀ al di fuori da detta fascia oraria.

Le aree monitorate dal CMG

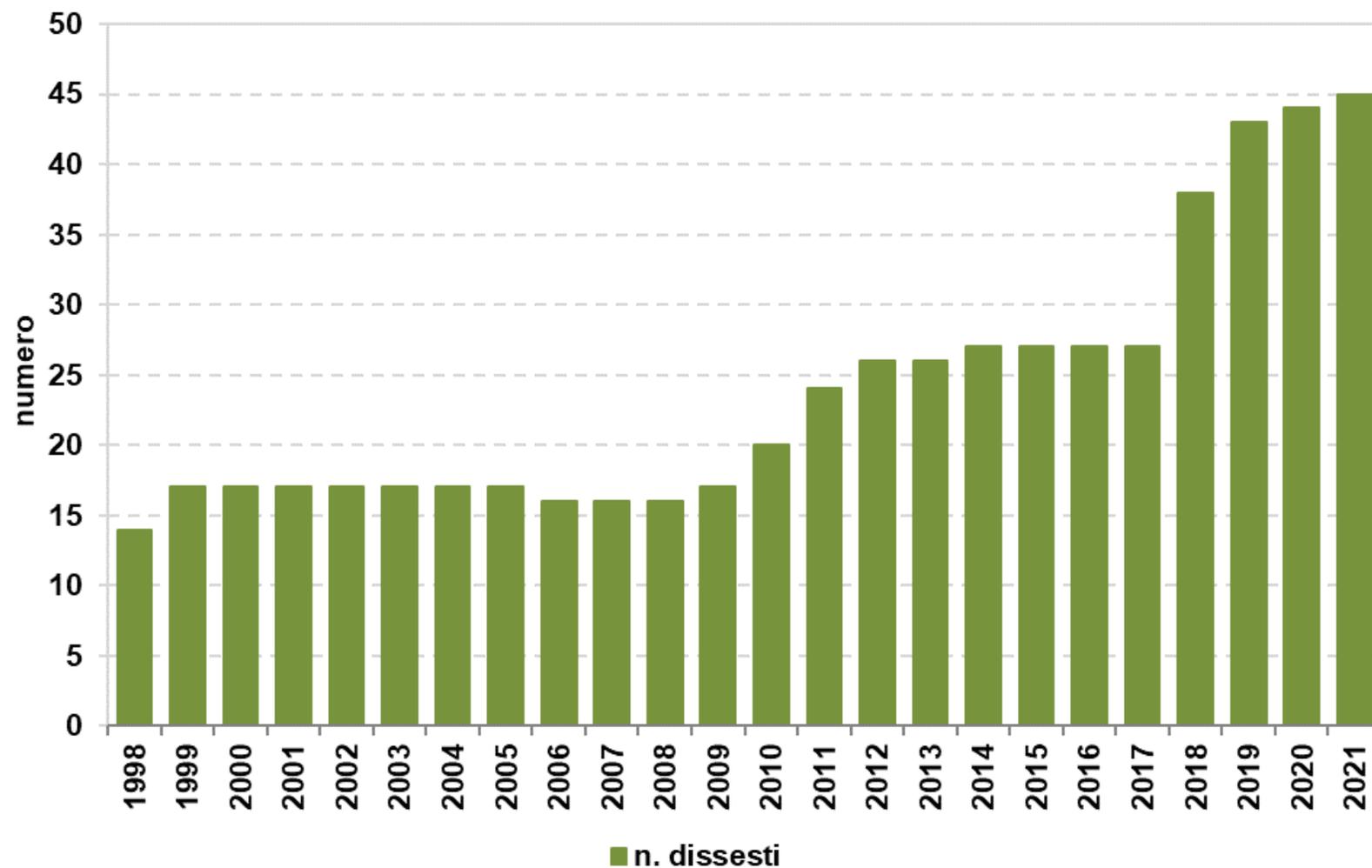
Come Regione Lombardia individua le frane da monitorare?

L'attuale configurazione delle aree monitorate dal CMG è frutto di un processo durato quasi 35 anni, le principali fasi sono state le seguenti:

- fino al trasferimento in ARPA Lombardia (2003) le aree erano 17
- Tra il 2003 ed il 2013 le aree sono salite a 27 (Progetto Valchiavenna, Frana Pal, ecc..)
- Tra il 2013 ed il 2018 con il progetto Armogeo ulteriori 16 frane sono state aggiunte alle attività CMG
- Nel corso del 2019 Regione ha attribuito al CMG anche la frana dello Scaiun, Valmasino (SO)
- Nel 2021 si è aggiunta l'area di Tavernola (BG)

Attualmente Regione Lombardia ha emanato apposita normativa che regola l'individuazione dei monitoraggi di interesse regionale e che quindi devono essere monitorati dal CMG.

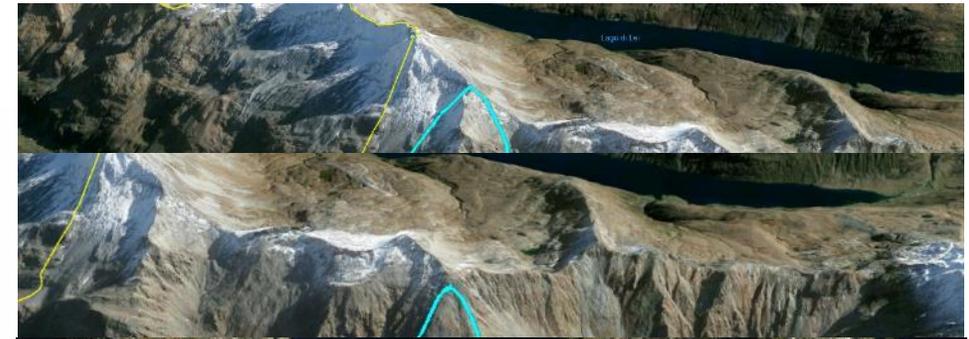
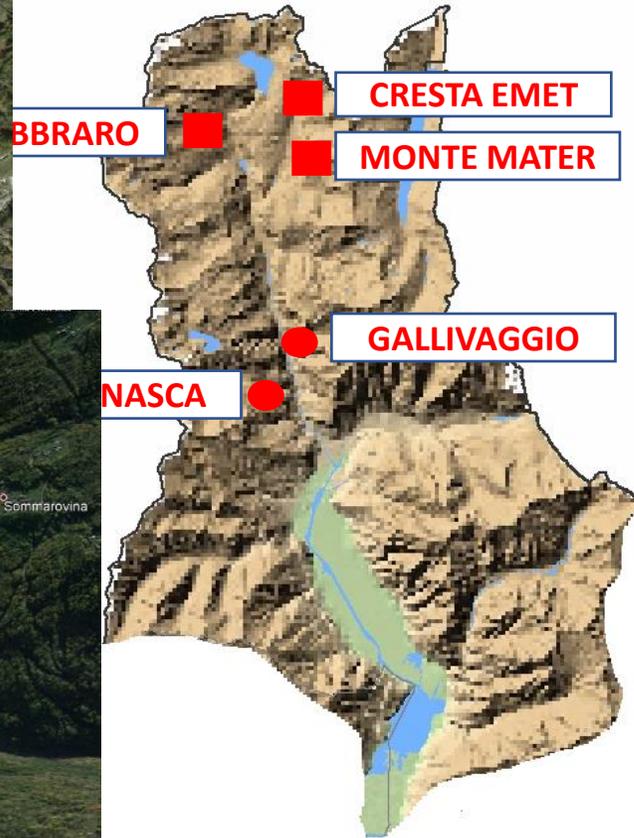
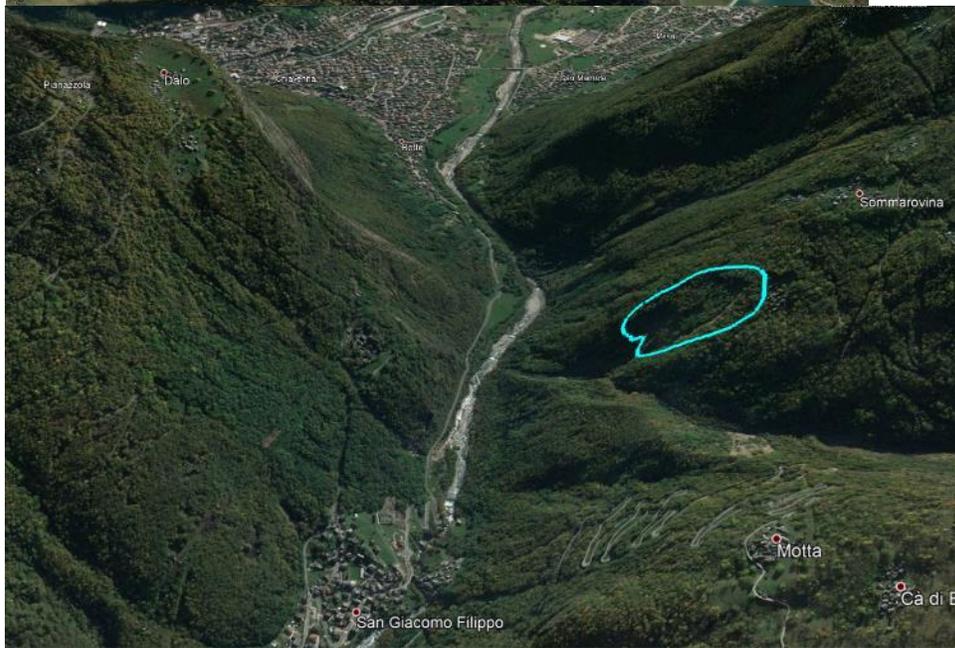
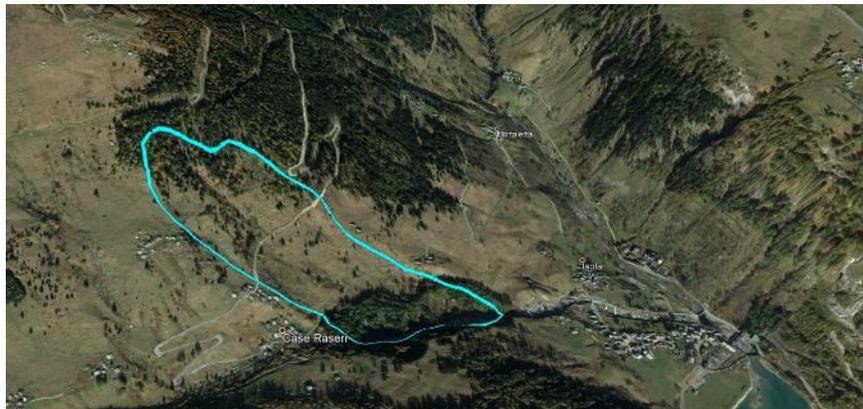
Le aree monitorate dal CMG



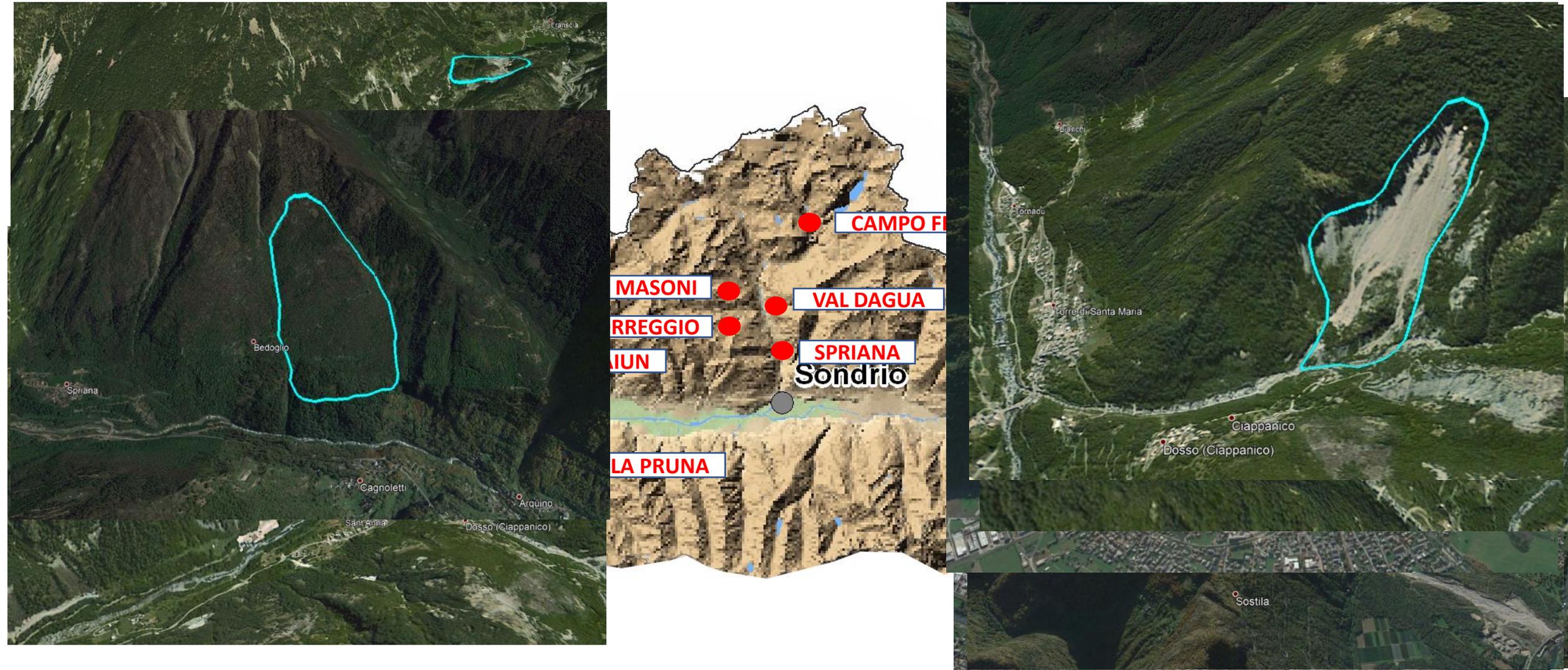
Le frane monitorate dal CMG



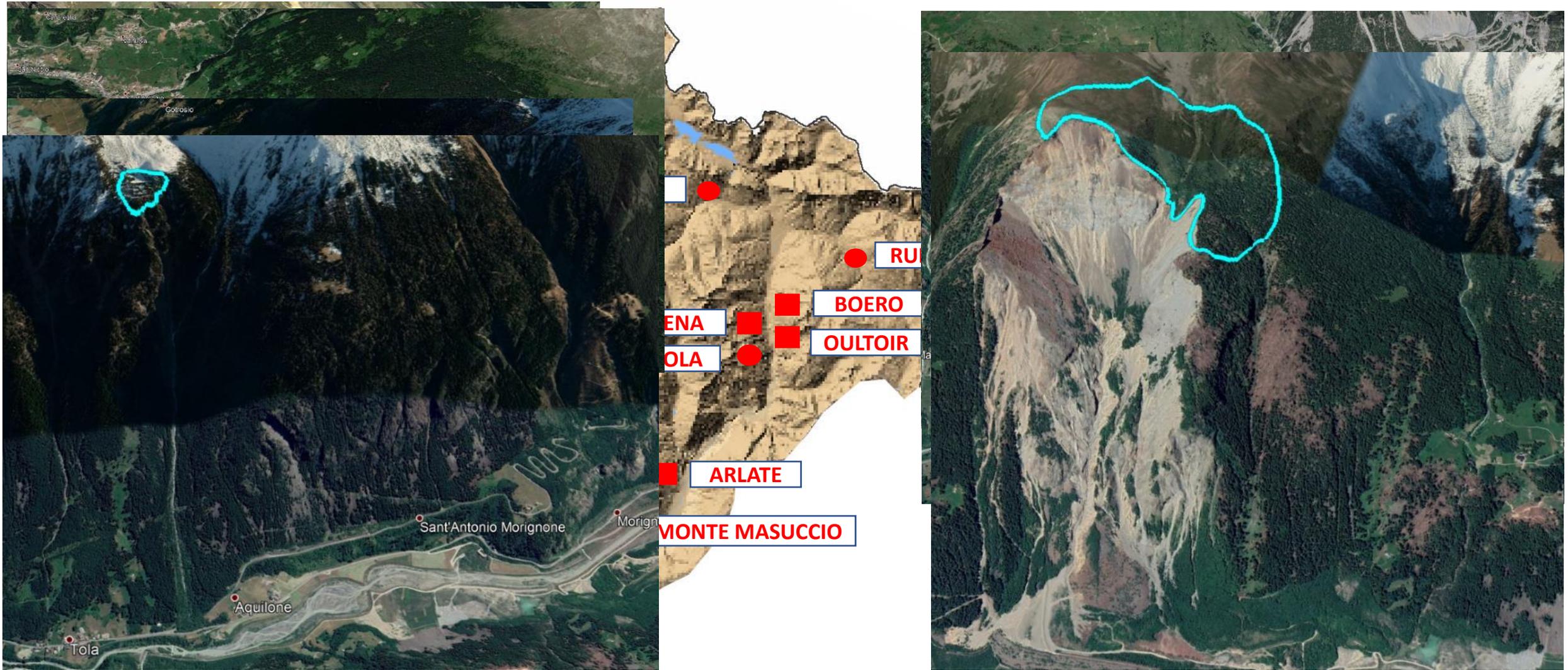
Le frane monitorate dal CMG: Valchiavenna



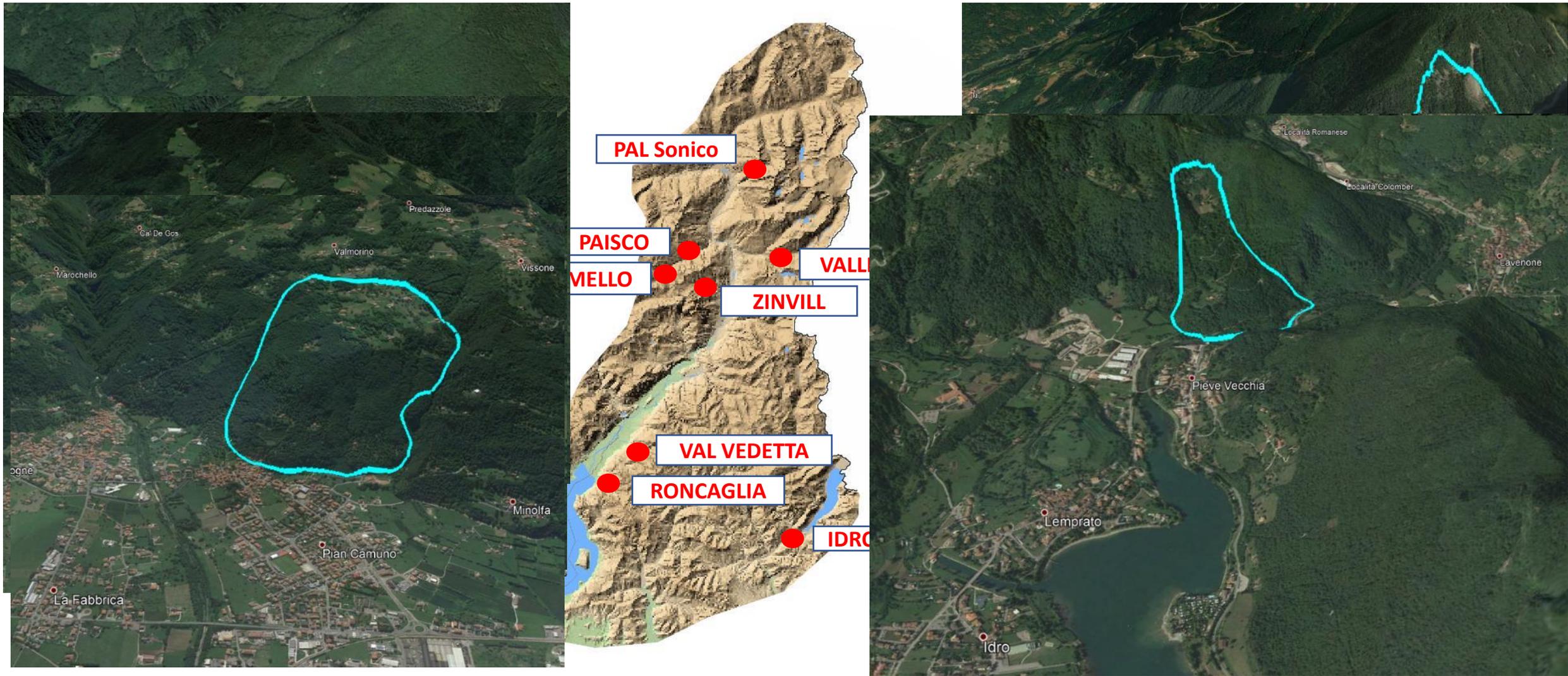
Le frane monitorate dal CMG: Media Valtellina



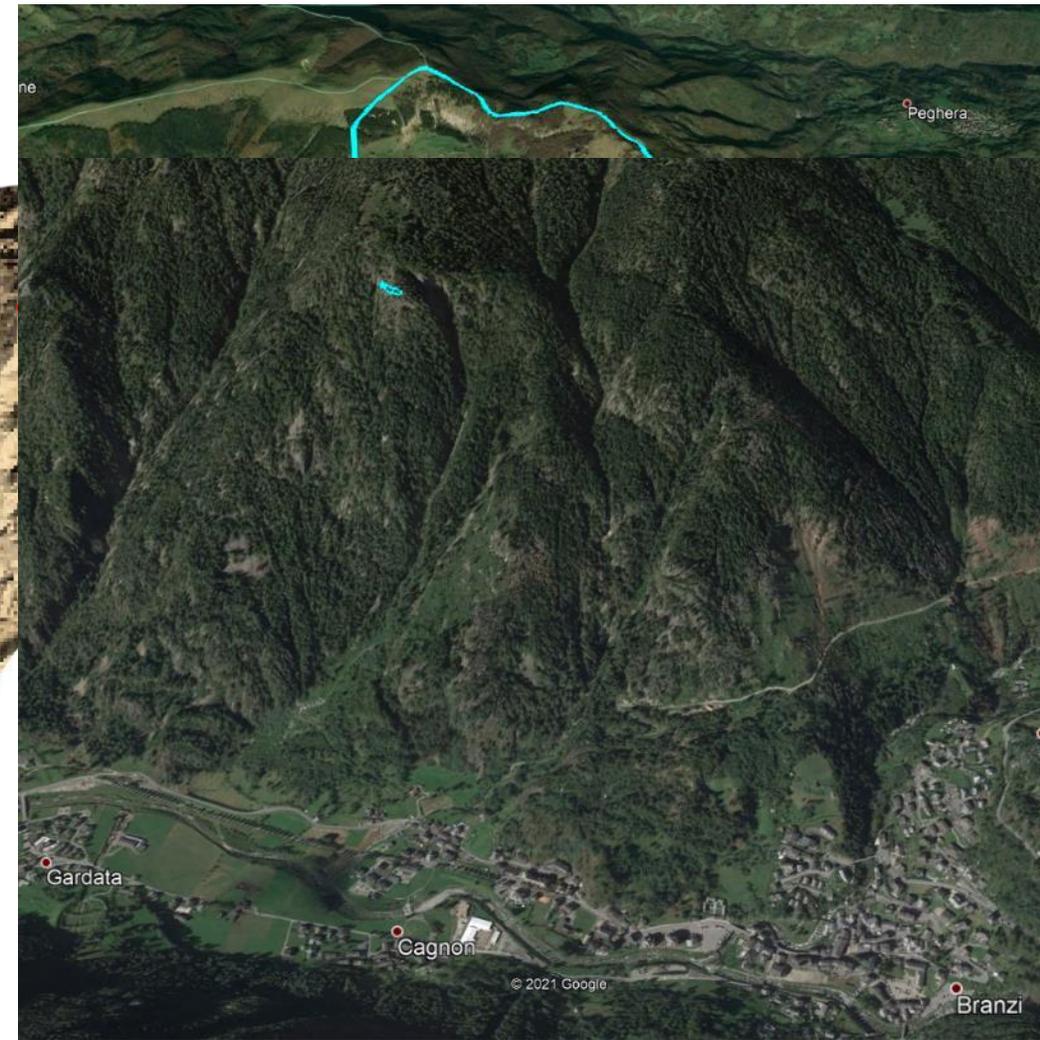
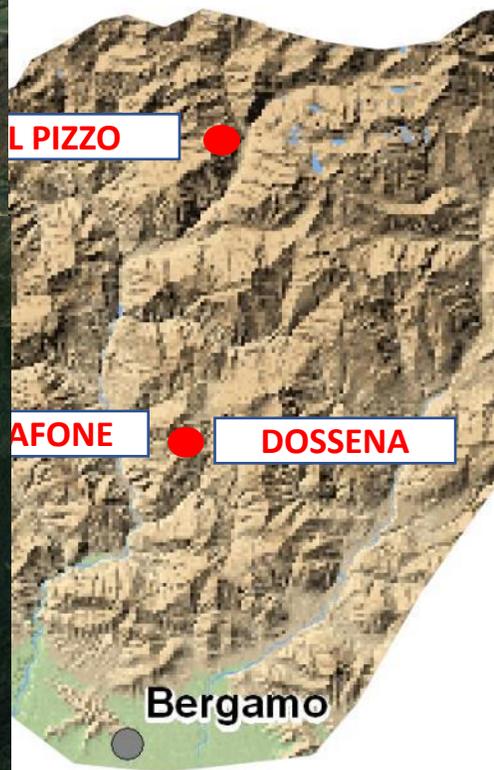
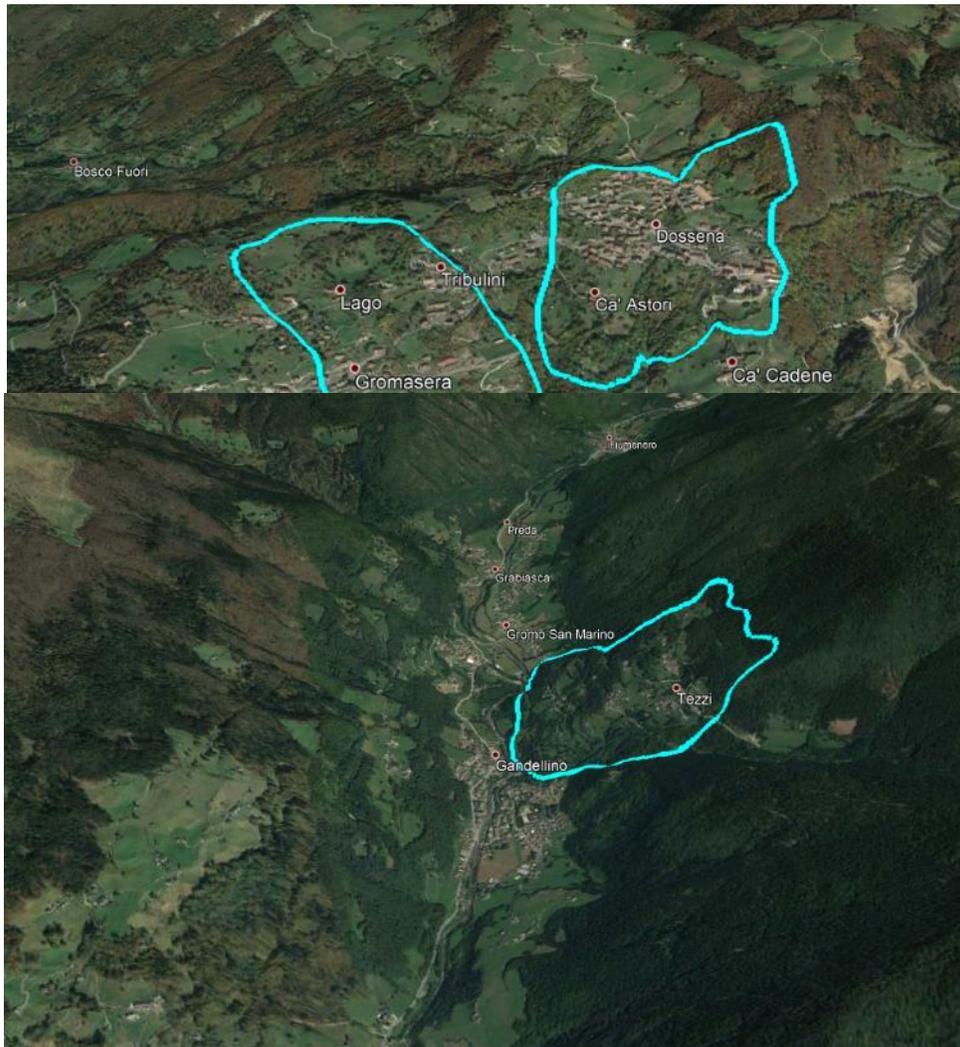
Le frane monitorate dal CMG: Alta Valtellina



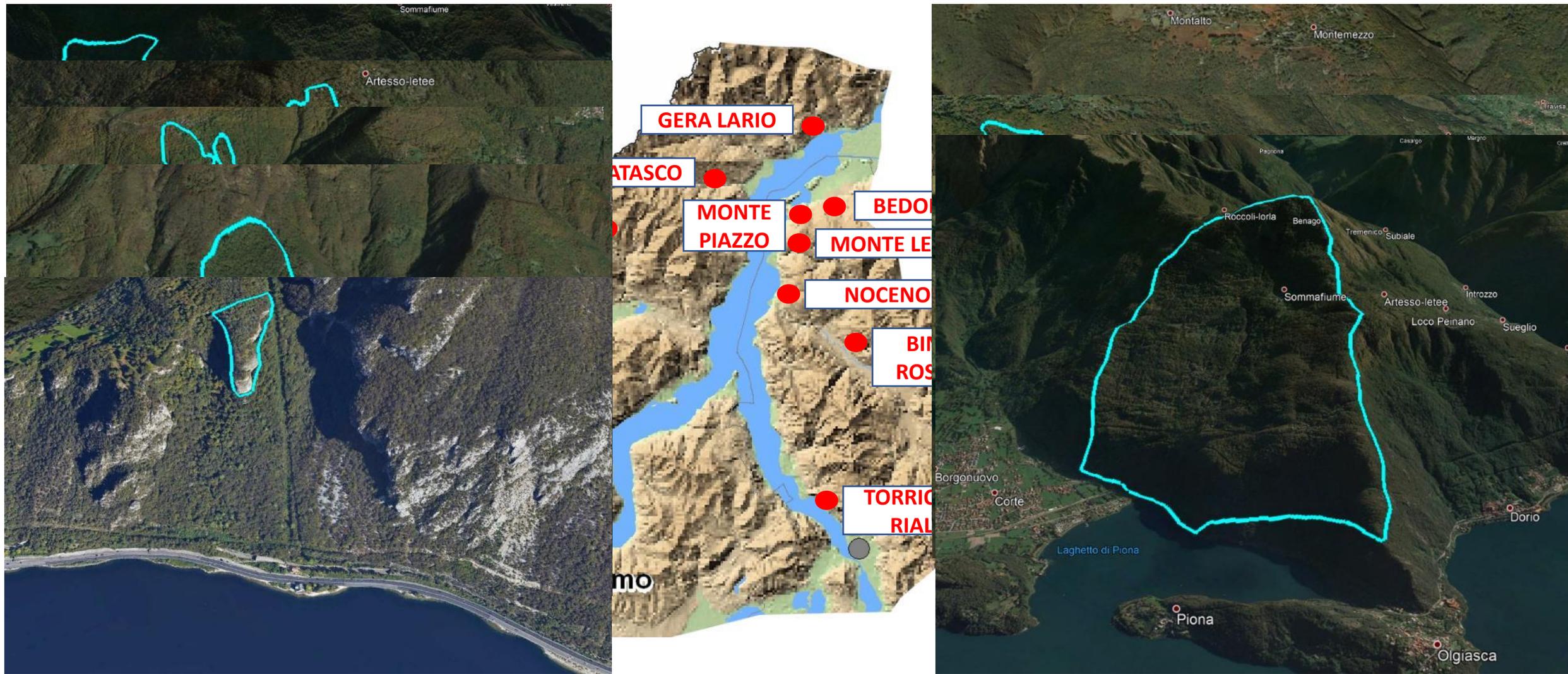
Le frane monitorate dal CMG: Val Camonica e Idro



Le frane monitorate dal CMG: Valli Bergamasche



Le frane monitorate dal CMG: Lecchese e Comasco



Le frane monitorate dal CMG: Pavese



Gli strumenti di Monitoraggio Geologico

STRUMENTI

Geotecnici

Estensimetri
Fessurimetri
Inclinometri profondi
Clinometri superficiali
Piezometri



Topografici

Stazione totale
Ricevitori GPS



Radar

Satellitare
Da Terra



Idrometeorologici

Pluviometri
Termometri
Nivometri
Idrometri



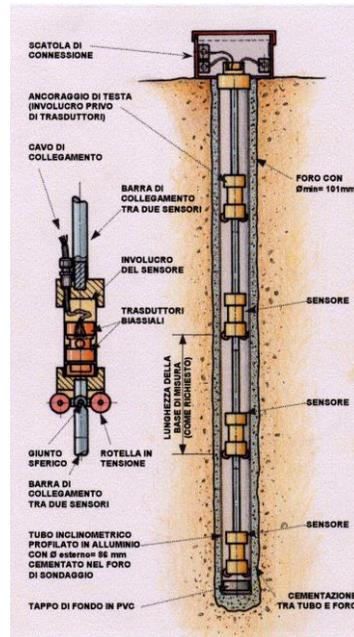
Gli strumenti di Monitoraggio Geologico

Strumenti Geotecnici Automatici

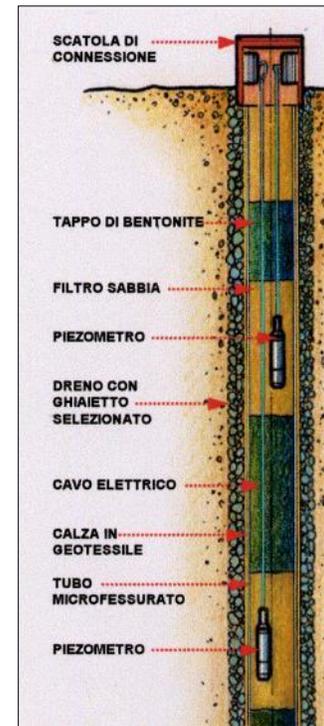
Estensimetri



Inclinometri profondi



Piezometri



Fessurimetri



Gli strumenti di Monitoraggio Geologico

Strumenti Geotecnici Manuali

Basi Distometriche



Inclinometri manuali



Fessurimetri



Gli strumenti di Monitoraggio Geologico

Strumenti Topografici Automatici e Manuali

GPS



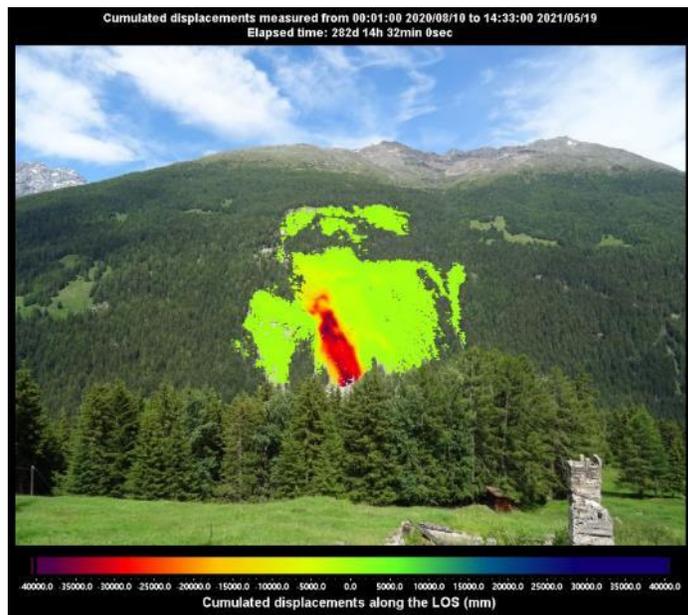
Stazione Totale



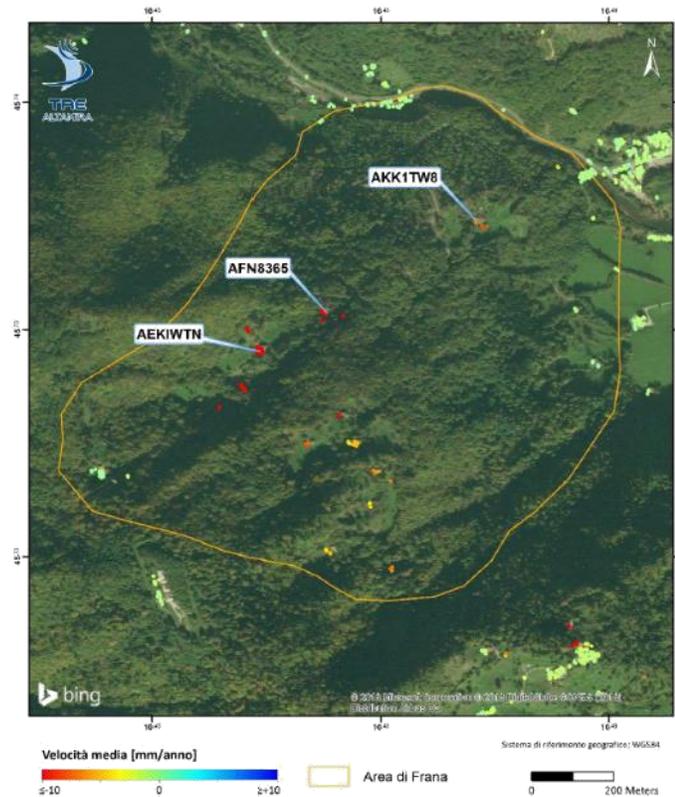
Gli strumenti di Monitoraggio Geologico

Strumenti Radar

Radar da terra



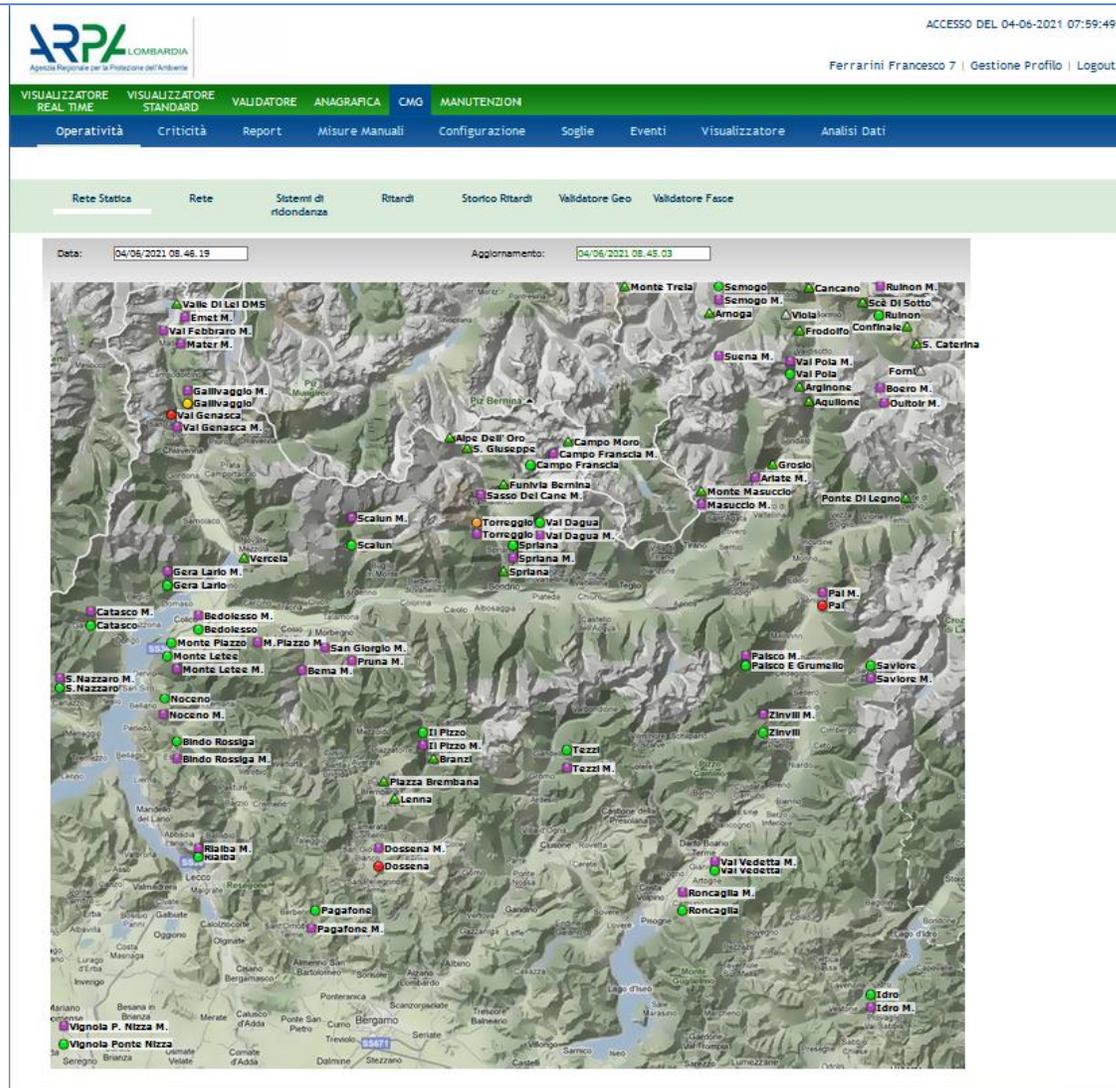
Radar Satellitare



Prodotti del Centro Monitoraggio Geologico

- Dati di Monitoraggio Geologico
- Schede riassuntive annuali dei movimenti del dissesto
- Relazioni geologiche descrittive per ogni area
- Studi tecnici di modellazione dei versanti, relazioni di Università o enti terzi relative alle varie frane.

I dati di Monitoraggio Geologico



PIATTAFORMA DI GESTIONE DATI REM

<https://rem.arpalombardia.it>

- Permette di visualizzare i dati trasmessi da sensori in tempo reale e i dati manuali raccolti dai tecnici a campo.
- Contiene la cartografia dei sistemi di monitoraggio.
- Consente di generare rapporti riassuntivi dei movimenti dei dissesti e produrre i grafici dei dati raccolti per valutarne l'andamento.
- Per alcune tipologie di dato consente un'analisi più approfondita.
- Analizza i dati e comunica al tecnico reperibile i superamenti di determinate soglie di criticità.

I dati di Monitoraggio Geologico



Legenda:

- dissesto contenente dati automatici
- dissesto contenente dati manuali
- △ stazione meteo

- ☁ (green) acquisizione regolare
- ☁ (grey) mancanza dati da stazione
- ☁ (yellow) attenzione
- ☁ (orange) moderata criticità
- ☁ (red) elevata criticità

I dati di Monitoraggio Geologico

VISUALIZZATORE REAL TIME VISUALIZZATORE STANDARD VALIDATORE ANAGRAFICA CMG MANUTENZIONI

Operatività Criticità Report Misure Manuali Configurazione Soglie Eventi Visualizzatore Analisi Dati

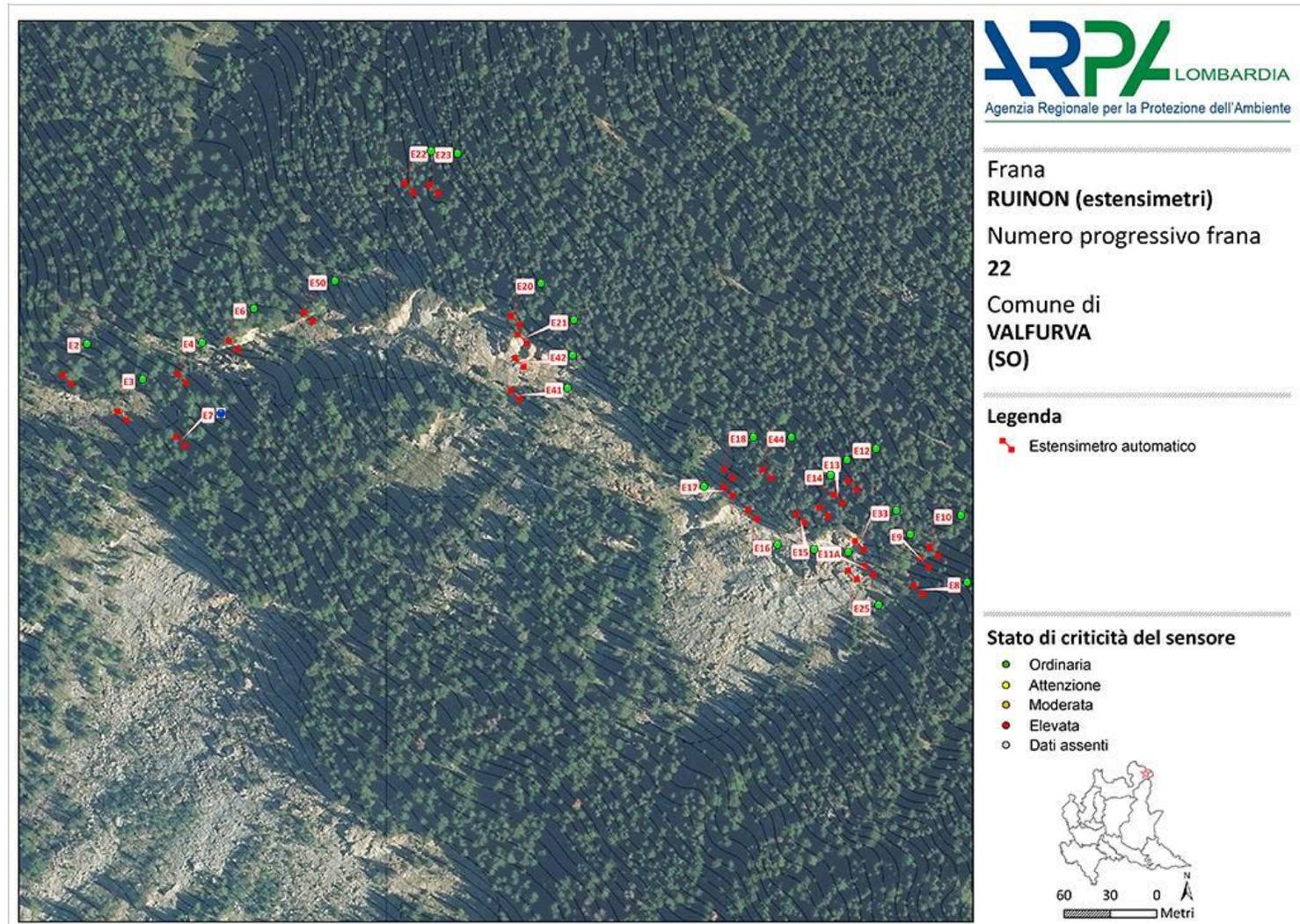
Rete Statica Rete Sistemi di ridondanza Ritardi Storico Ritardi Validatore Geo Validatore Fasce

Ruinon Cartografia Lisalab 2020 Lisalab

Stazione	Prov	Località	Quota (m)	Agg. Gprs (min)	Batteria (V)	Temp. (°C)	Data Agg.	Freq. Invio	Stato	
Ruinon RTU 206	SO	Valfurva	2140	 04/06/2021 08:30:00	 13,30	 8,68	04/06/2021 08:59:02	30		Sensori
Ruinon RTU 207	SO	Valfurva	2073	 04/06/2021 08:35:00	 14,32	 9,30	04/06/2021 08:59:02	30		Sensori
Ruinon Radar	SO	Valfurva		 04/06/2021 08:05:15	 	 	04/06/2021 08:05:15	480		Sensori
Ruinon Radar 2020	SO	Valfurva		 04/06/2021 07:55:06	 	 	04/06/2021 07:55:06	480		Sensori

Sensore	Tipologia	Ultima misurazione	Valore Rilevato	Differenza 24h	Frequenza Acq.	Quota / Prof.	Stato	
Batteria DL	Batteria	04/06/2021 08:30:00	13,2899	0,2877	10	2140		
E10	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	2,7579	-0,2252	30	2130		
E11A	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	220,2678	-0,0020	30	2110		
E12	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	229,9142	0,0167	30	2130		
E13	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	166,7840	0,1760	30	2125		
E14	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	251,0236	-0,0006	30	2123		
E15	Estensimetro	04/06/2021 08:30:00	83,1278	0,1152	30	2118		

I dati di Monitoraggio Geologico



I dati di Monitoraggio Geologico

VISUALIZZATORE REAL TIME VISUALIZZATORE STANDARD VALIDATORE ANAGRAFICA CMG MANUTENZIONI

Operatività Criticità Report Misure Manuali Configurazione Soglie Eventi Visualizzatore Analisi Dati

Rete: Cmg Dissesti: Ruinon Stazioni: Ruinon RTU 206 [Aggiungi](#) Elenco Gruppi: Seleziona...

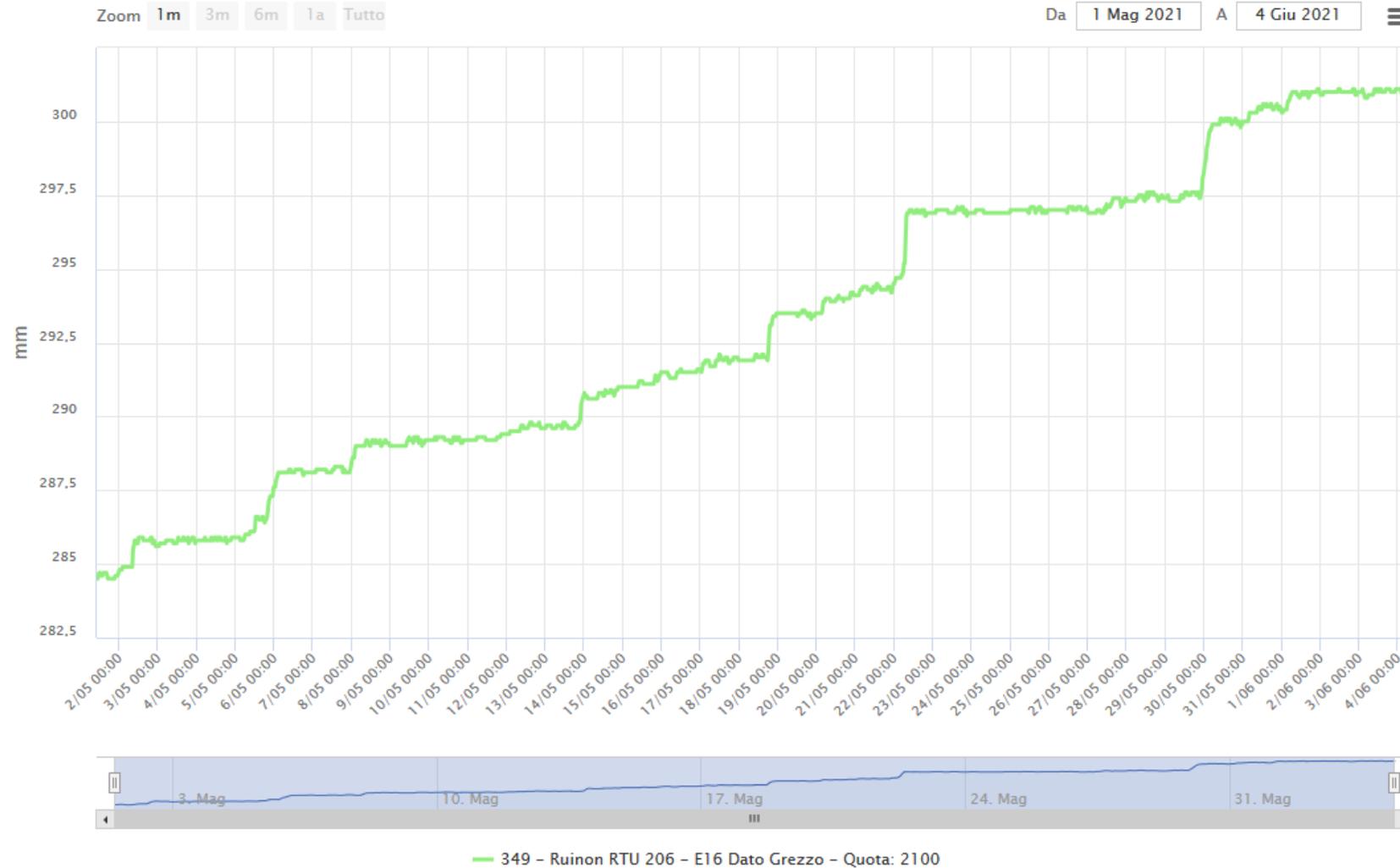
Aggregazione: Dato Grezzo Sensori: E16 Funzione: Dato Grezzo Elenco Eventi: Seleziona...

Dati Radar a 1 ora Solo attivi Solo storici Entrambi

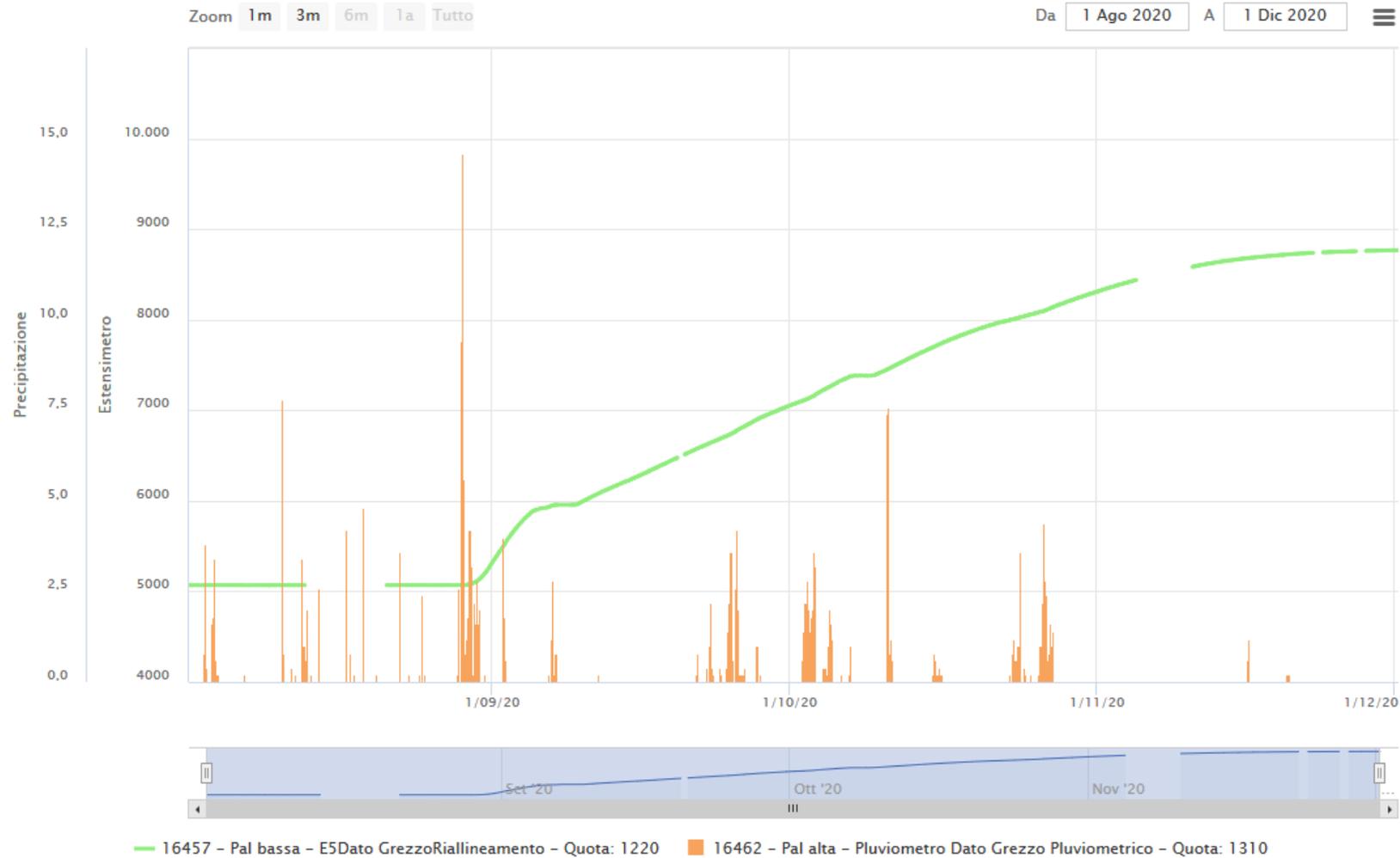
Dal: 01-05-2021 09 : 40 Al: 04-06-2021 09 : 40 [Visualizza](#)   Opzioni

[Gestisci gruppo](#) [Gestisci Evento](#)

I dati di Monitoraggio Geologico



I dati di Monitoraggio Geologico



PARTE SECONDA

Attività nel Tiranese

Monte Masuccio

Il Versante meridionale del Monte Masuccio si caratterizza per la presenza di un importante fenomeno franoso di rilevanza regionale noto in letteratura come Frana del Monte Masuccio. Si tratta di una grande paleofrana di epoca post-glaciale interessata da locali rimobilizzazioni ed erosioni lungo gli impluvi che solcano il pendio (valli Canale - Visc - Fontanino). Altri fenomeni di minore importanza interessano il piede del versante, favoriti dall'attività erosiva del Fiume Adda

Dal punto di vista morfologico e dei processi morfodinamici, appare chiara la distinzione tra la zona di monte, ubicata a quote superiori ai 2000 m s.l.m., dove predominano dissesti e fenomeni di crollo legati all'azione della gravità, delle precipitazioni e del crioclastismo e la zona sottostante, dove, ai fenomeni gravitativi, si accompagnano quelli di accumulo ed evidenze di rilasci tensionali associati a contropendenze e fratture

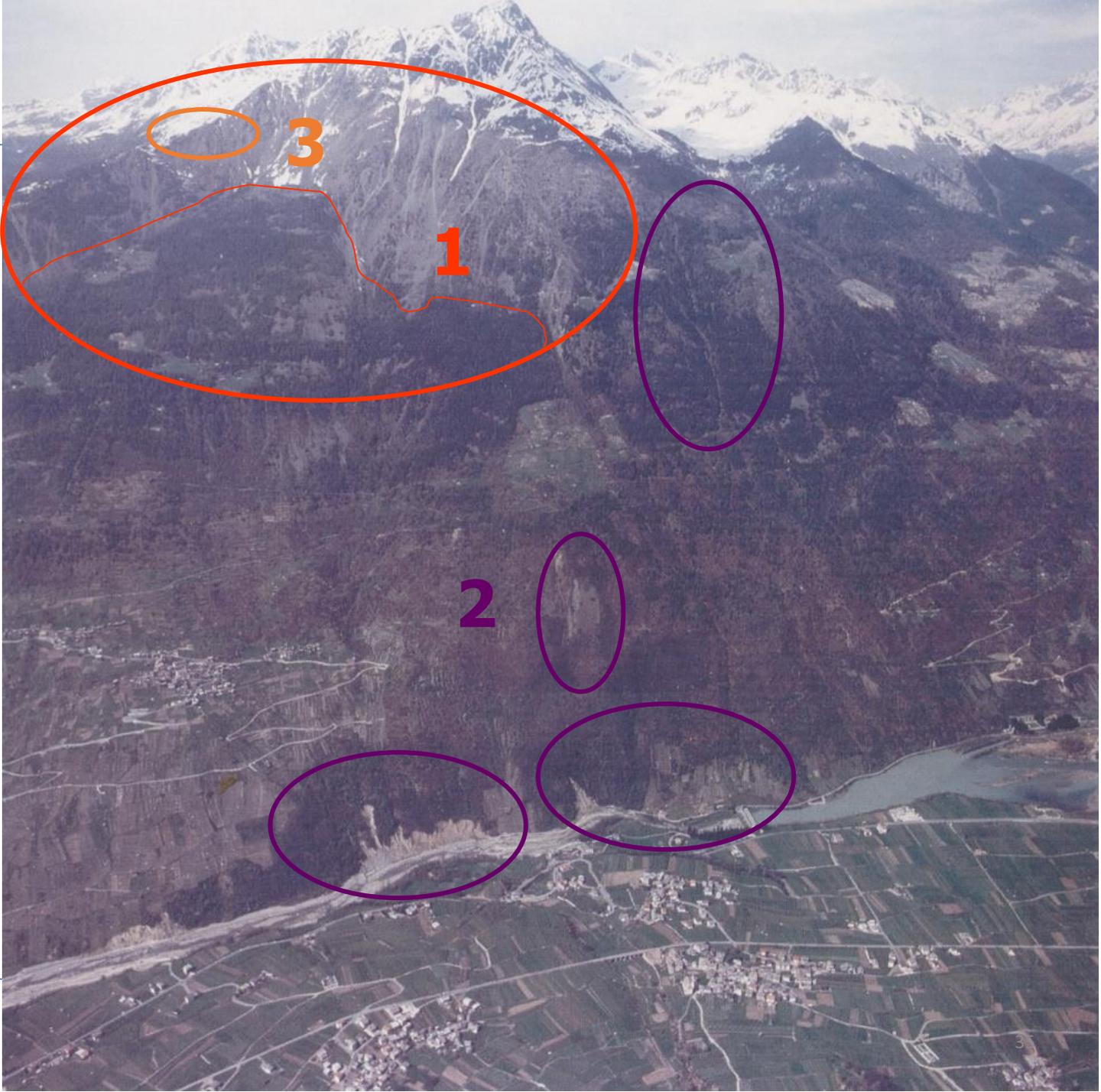
La paleofrana del Monte Masuccio presenta un'area di ca 500 ha con lunghezza di 2900 m e fronte variabile da 600 a 2500 m

Schematicamente il versante meridionale del Monte Masuccio è stato interessato da tre successive fasi di attività:

1) Scollamento antico: si tratta del fenomeno principale, più evidente nel settore occidentale, che ha comportato lo spostamento verso valle di un grosso corpo di paleofrana in roccia. Il movimento, massimo nella zona centrale, è dell'ordine delle centinaia di metri

2) Movimenti franosi interessanti il corpo di paleofrana: si tratta di movimenti gravitativi piuttosto recenti, legati principalmente all'elevato stato di alterazione/fratturazione del materiale lapideo e all'azione da parte delle acque superficiali e profonde (Frane Canale e Fontanino)

3) Dissesti localizzati impostatisi al coronamento degli eventi franosi precedenti: si tratta di processi morfodinamici recenti ed attuali, in numerosi casi in fase di evoluzione (frane in roccia)



Dissesti recenti (movimenti franosi interessanti il corpo di paleofrana)

- 1807 Frana di Sernio: franamento al piede del versante con creazione di uno sbarramento sul fiume Adda e conseguente origine ad un bacino artificiale che sommerse parzialmente le case di Lovero e raggiunse la frazione di Nova

- 1951 Dissesti del Canale e settore al piede del versante: riattivazione dei depositi di paleofrana ad opera delle acque superficiali e profonde. Sulla base di tali situazioni di dissesto l'ambito di conoide immediatamente a monte dell'abitato di Tirano risulta sottoposto a vincolo di inedificabilità

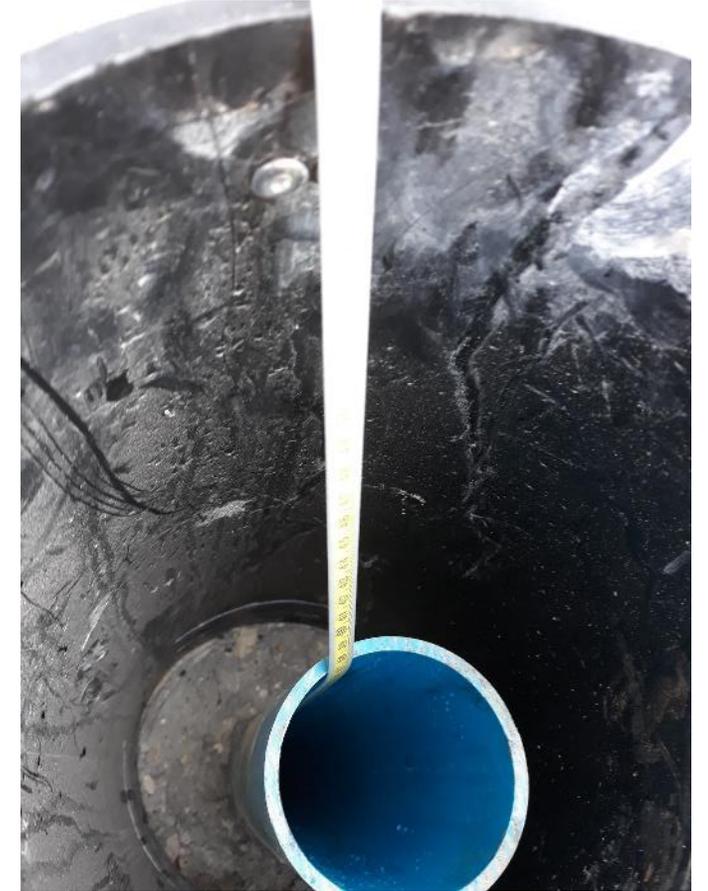
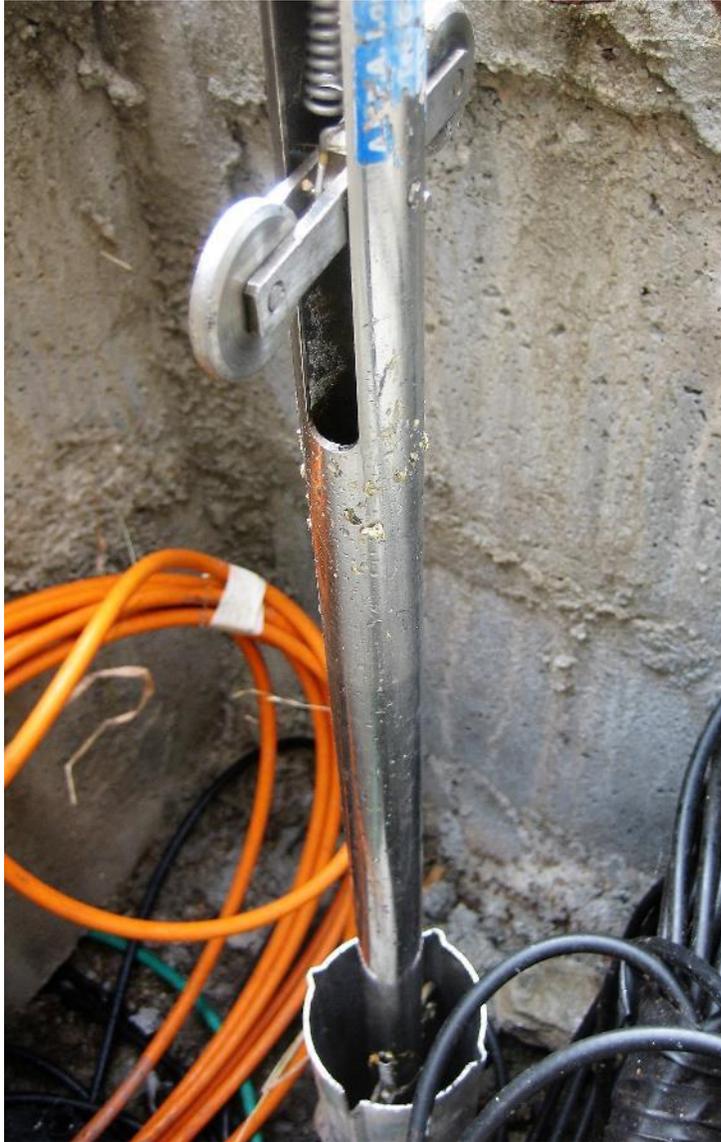
Interventi conoscitivi e monitoraggio passato

- 1988: indagini geognostiche e geosismiche lungo l'asse della frana Canale (16 sondaggi fra i 20 e i 25 m e 12 stendimenti sismici a rifrazione)

n° sondaggio	Quota m. s.l.m.	Località	Profondità ml	Note
1	590	strada Baruffini	25	Falda a - 11,5 m
2	750	strada Roncaiola	25	
3	750	strada Roncaiola	25	
4	750	strada Roncaiola	25	
5	920	strada Piazza	20	Substrato a - 10,3 m
6	920	strada Piazza	20	Substrato a - 17,6 m
7	920	strada Piazza	20	Falda a - 11,6 m
8	920	strada Piazza	20	Substrato a - 15,2 m
9	920	strada Piazza	20	Substrato a - 7,5 m
10	920	strada Piazza	20	Substrato a - 5,3 m
11	1230	strada Prà Campo	20	Falda a - 11,3 m Substrato a - 17,8 m
12	1420	Pràdentia	25	
13	1420	Pràdentia	25	Substrato a - 15,8 m
14	1420	Pràdentia	25	Substrato a - 19,2 m
15	1420	Pràdentia	25	
16	1420	Pràdentia	20	Substrato a - 10,3 m

n° sondaggio	Quota	Località	Lunghezza ml	Strumentazione installata
1	533	Fontanino	30	Inclinometro
2	555	Fontanino	30	Inclinometro
3	675	Baruffini	30	Piezometro (l.s. - 25,3 dal p.c.)
4	775	Baruffini	31	Piezometro
5	680	Baruffini	35	Piezometro (l.s. - 15,3 dal p.c.)

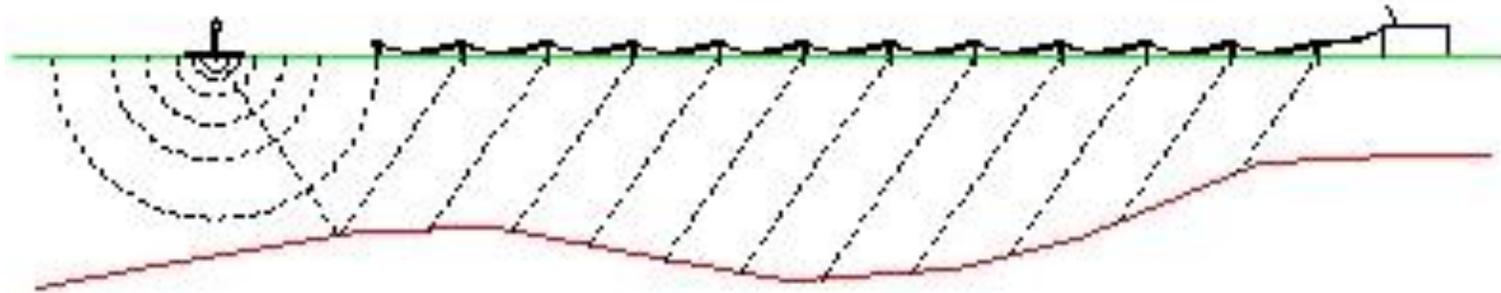
- 1994: indagine geognostica in località Fontanino e Baruffini (5 sondaggi attrezzati con due colonne inclinometriche e di tre tubazioni piezometriche)



Interventi conoscitivi e monitoraggio passato

- 1994 - 1999: la Comunità Montana Valtellina di Tirano redige un progetto riguardante un sistema di monitoraggio consistente in:

- 15 capisaldi distometrici (misure ogni 30 giorni)
- 7 capisaldi per controlli GPS
- 5 stramazzi per misure di portata sulle sorgenti
- 2 sondaggi sismici a rifrazione (per complessivi 1380 ml)



Coltre detritica con spessore variabile tra i 10 e 30 m soprastante un livello intermedio con velocità con spessori variabili da 30 a 80 m



Interventi conoscitivi e monitoraggio passato



Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali – Sezione di Milano

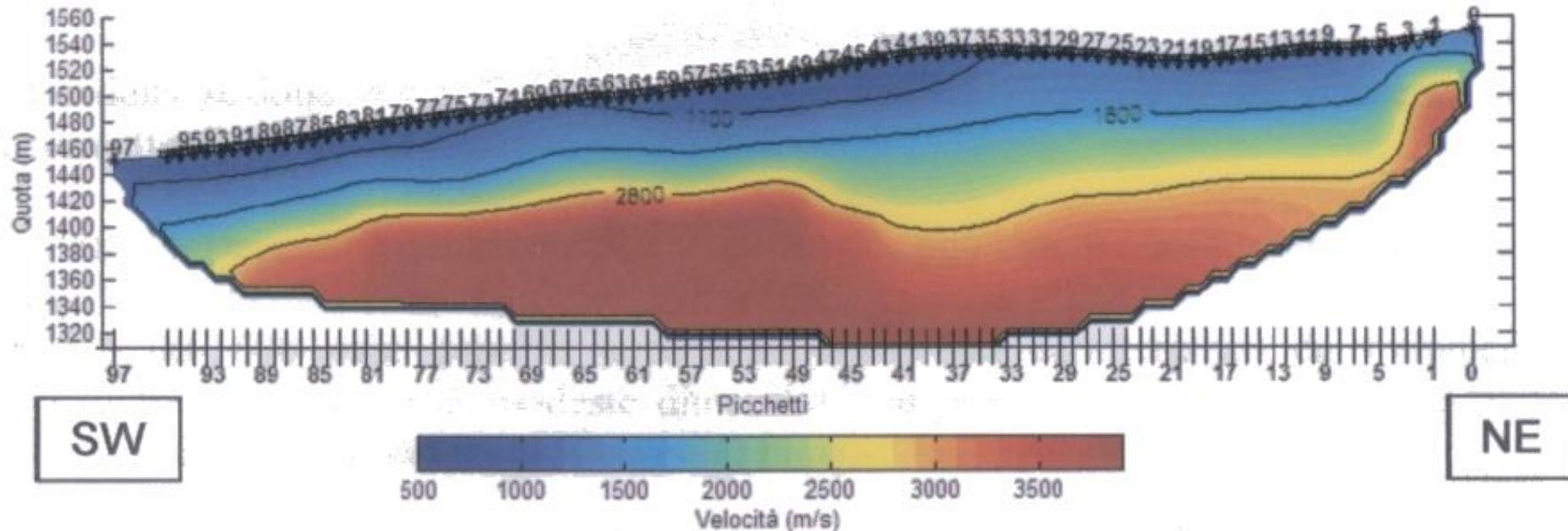
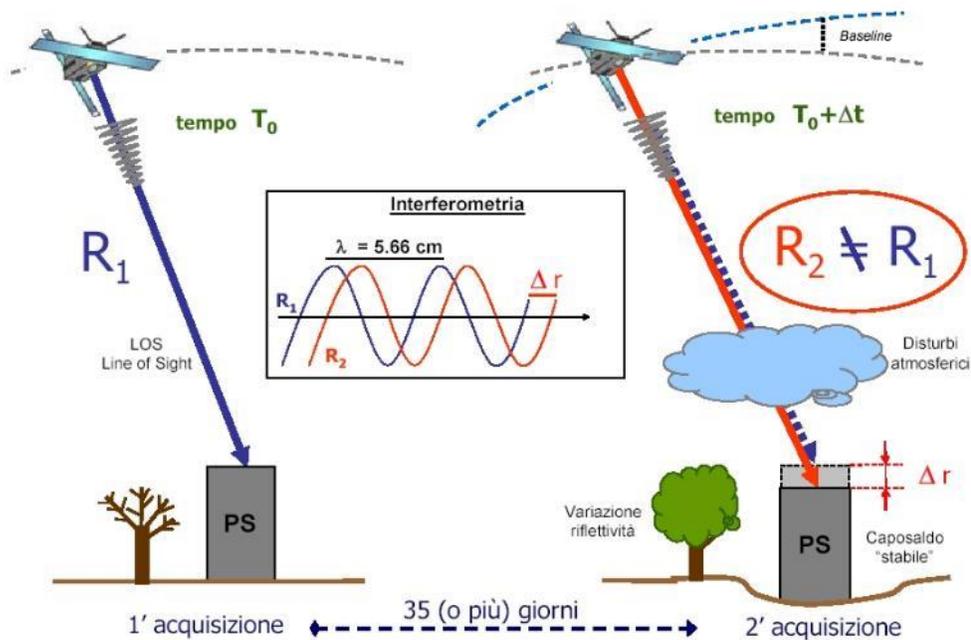


Fig. 7. Sezione tomografica della linea indagata. In allegato se ne riporta una tavola in scala 1:2000 e la tavola corrispondente riportante i valori numerici di velocità del modello tomografico finale.

Interventi conoscitivi e monitoraggio passato

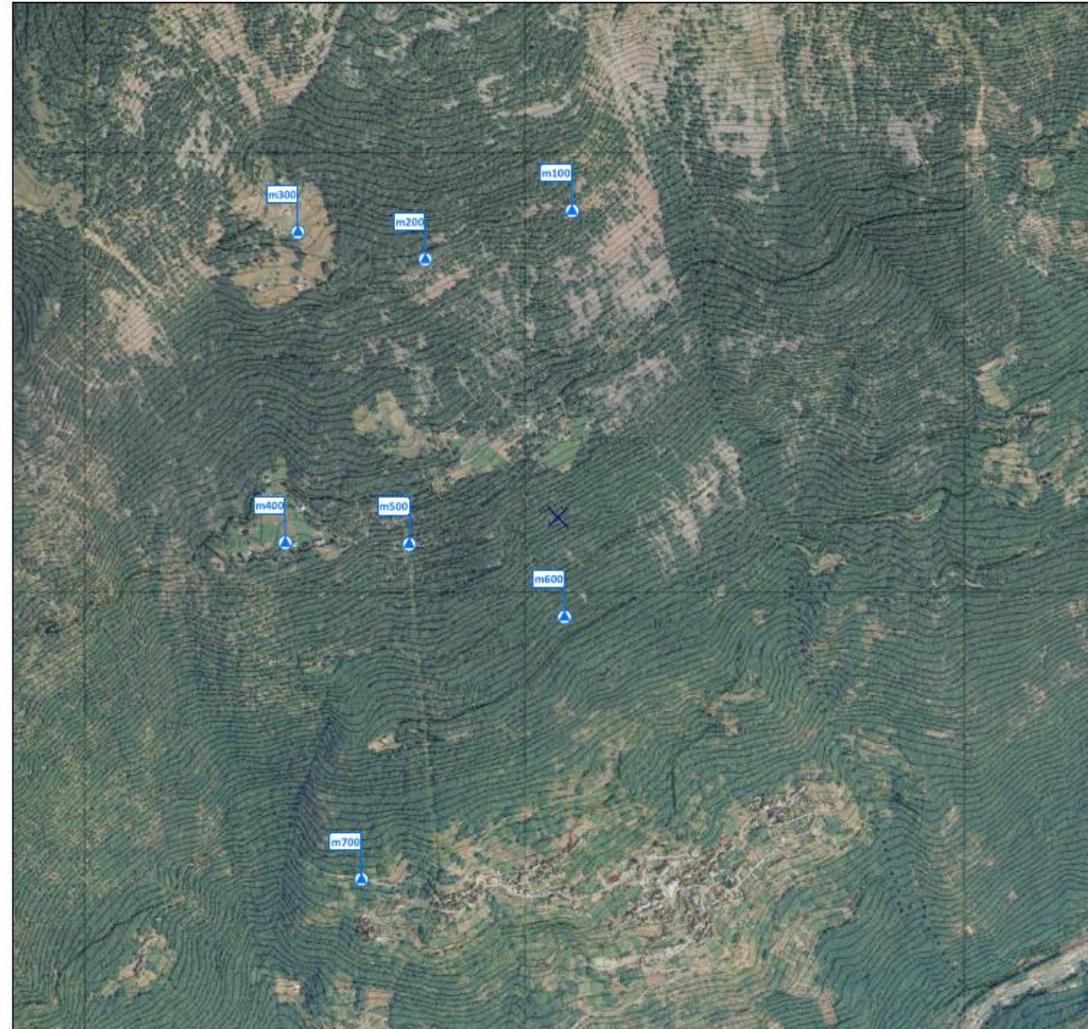
- 2002: conclusione del monitoraggio: dalle misure GPS emergono gli spostamenti cumulati che, seppur complessivamente piccoli, inferiori ai 10 cm, evidenziano un preciso trend deformativo. Tutti i capisaldi registrano, infatti, uno spostamento planimetrico verso Sud, ovvero lungo la direzione di scivolamento gravitativo del versante.
- 2002 - 2004: monitoraggio da satellite mediante l'interferometria radar differenziale (dati 1992 - 2004)



I risultati del monitoraggio suggeriscono di implementare a rete GPS e continuare il monitoraggio GPS

Monitoraggio attuale

Attualmente, il CMG monitora l'area di frana mediante 7 caposaldi GPS con letture semestrali e raffronto con dati radar da satellite.

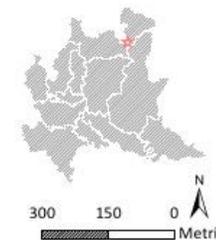


ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
STRUMENTAZIONE A CONTROLLO MANUALE

Frana
MONTE MASUCCIO
Numero progressivo frana
15
Comune di
TIRANO
(SO)

Legenda

▲ GPS periodico



Monitoraggio attuale



Monitoraggio attuale



Monitoraggio attuale



Monitoraggio attuale



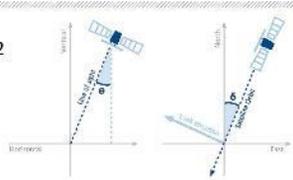
Monitoraggio attuale

DATI INTERFEROMETRICI DA SATELLITE

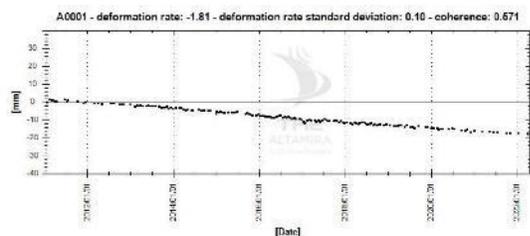
Frana **Masuccio** ID CMG 15
Comune di **Tirano**



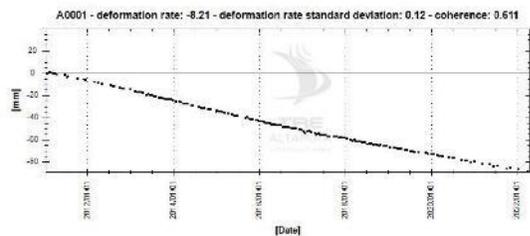
Dataset rappresentato: Ascending
Copertura temporale: 28/01/2011 - 31/03/2022
Line of sight angle θ : 27.55°
Satellite orbit angle δ : 12.35°
Densità punti (n/ha): 110
Orientazione media del versante: N-S
Pendenza media del versante: 22.6°



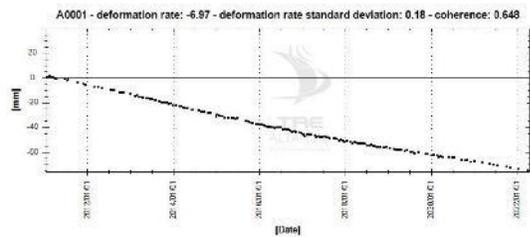
Tasso di deformazione (mm) medio calcolato sull'area A



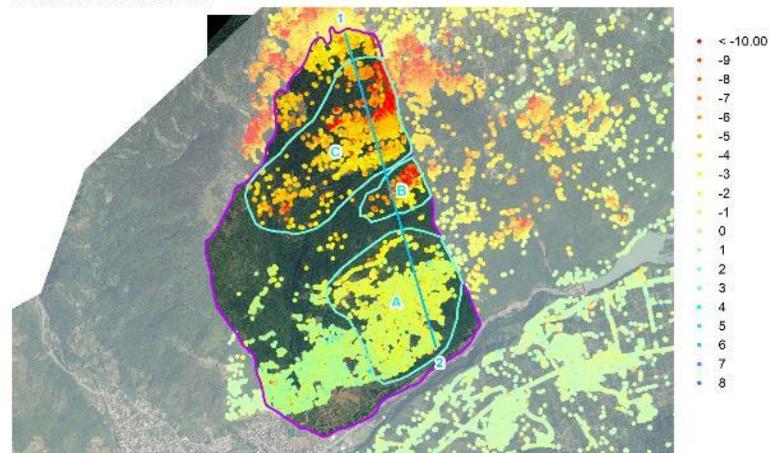
Tasso di deformazione (mm) medio calcolato sull'area B



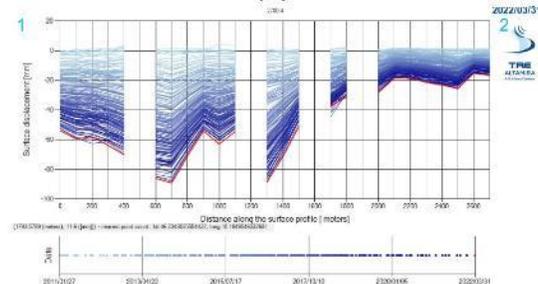
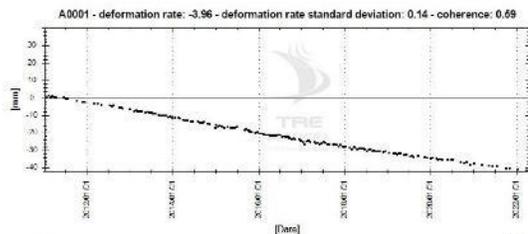
Tasso di deformazione (mm) medio calcolato sull'area C



Velocità media annua

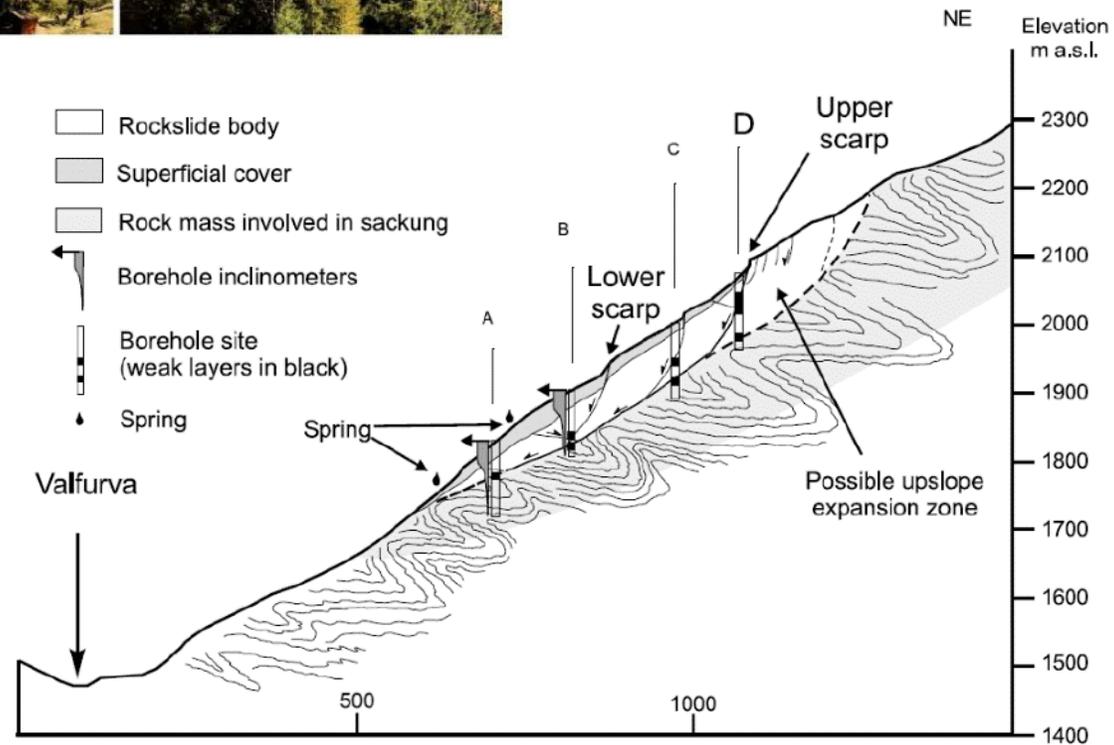
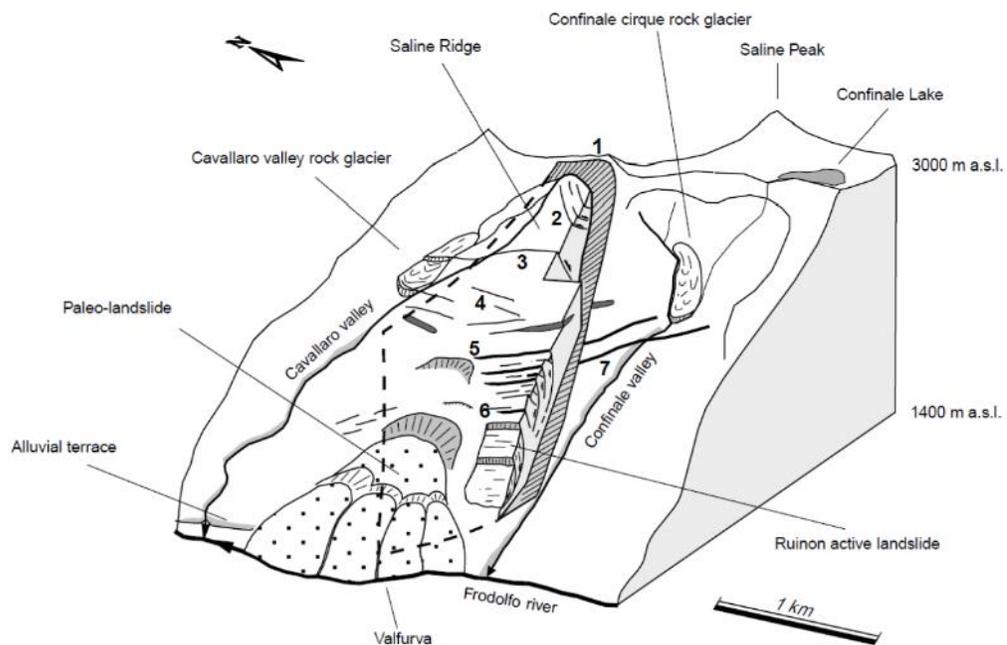
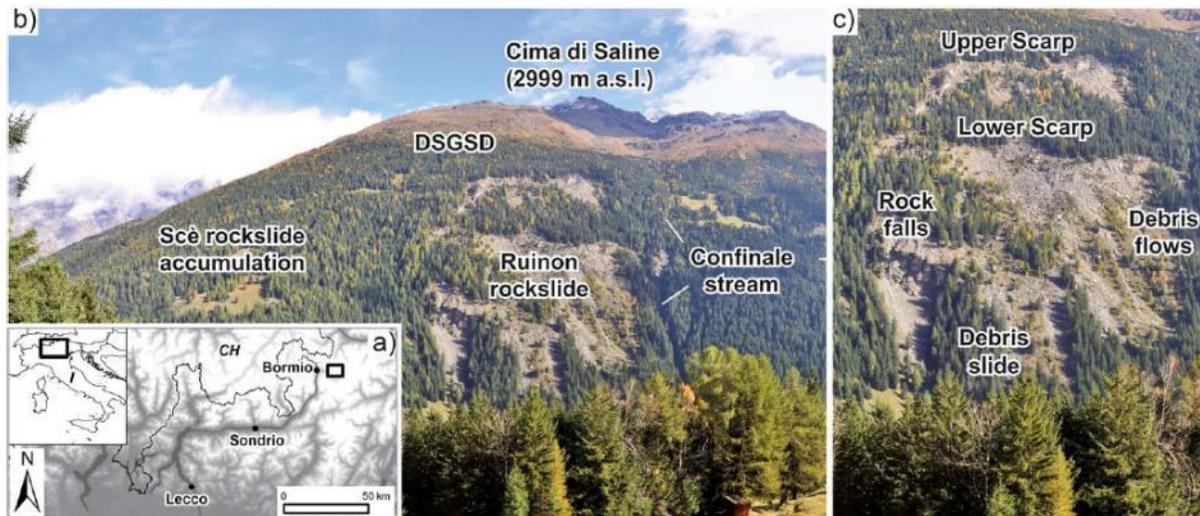


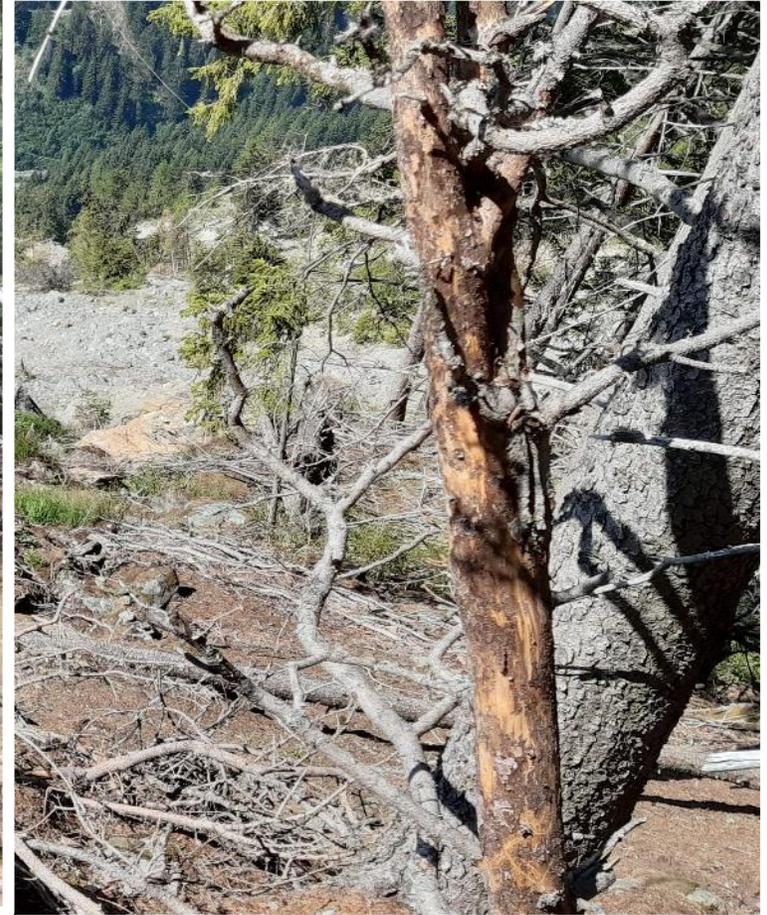
Spostamenti nel tempo lungo la sezione in carta



Frana del Ruinon

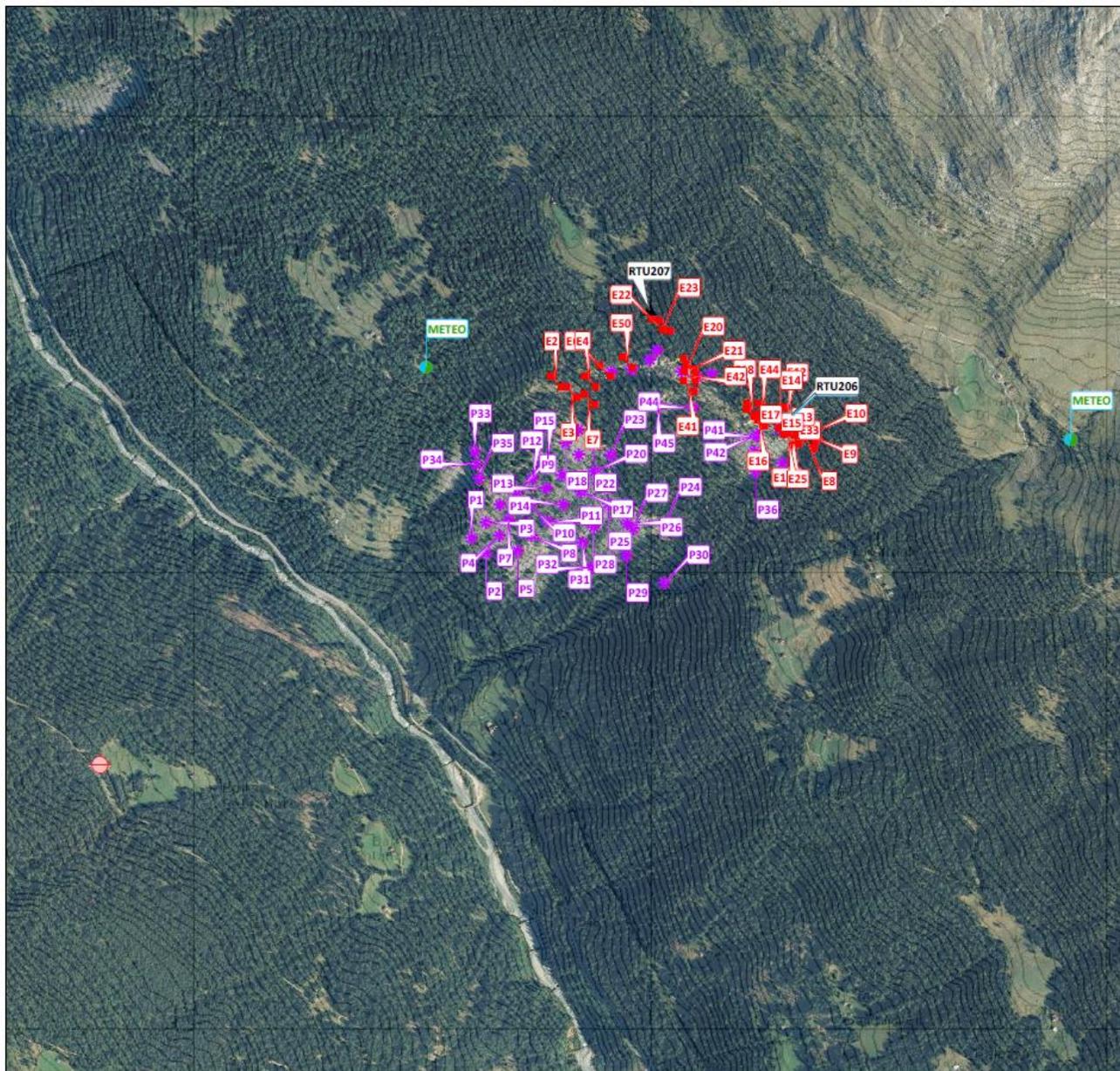






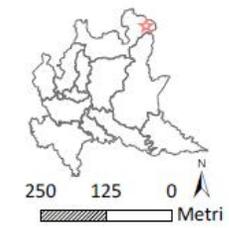
Rete di monitoraggio attuale

26 estensimetri
52 punti radar
2 stazioni meteo



Frana
RUINON (inquadramento)
Numero progressivo frana
22
Comune di
VALFURVA (SO)

- Legenda**
- Estensimetro automatico
 - punto radar
 - postazione radar
 - Stazione meteo
 - Apparato di trasmissione



Storia recente

1960 si innesca una **colata di detrito** in sinistra idrografica del torrente Confinale che arriva al fondovalle ed **ostruisce temporaneamente il torrente Frodolfo**;

1987 - alluvione della Valtellina- la frana subisce una **notevole riattivazione** sotto forma di numerose colate di detrito e cadute massi che provocano la **chiusura della strada di fondovalle**;

1997 avvengono **molteplici crolli** di entità rilevante in corrispondenza della nicchia alta;

2014-agosto, a seguito di intense precipitazioni, si registrano **spostamenti di ordine metrico** che portano alla dichiarazione dello stato di criticità elevata per più di uno scenario di evento;

2016 **accelerazione** simile a quella del 2014 - si osserva anche la **mobilizzazione di nuovi settori** fino a quel momento rimasti relativamente stabili.

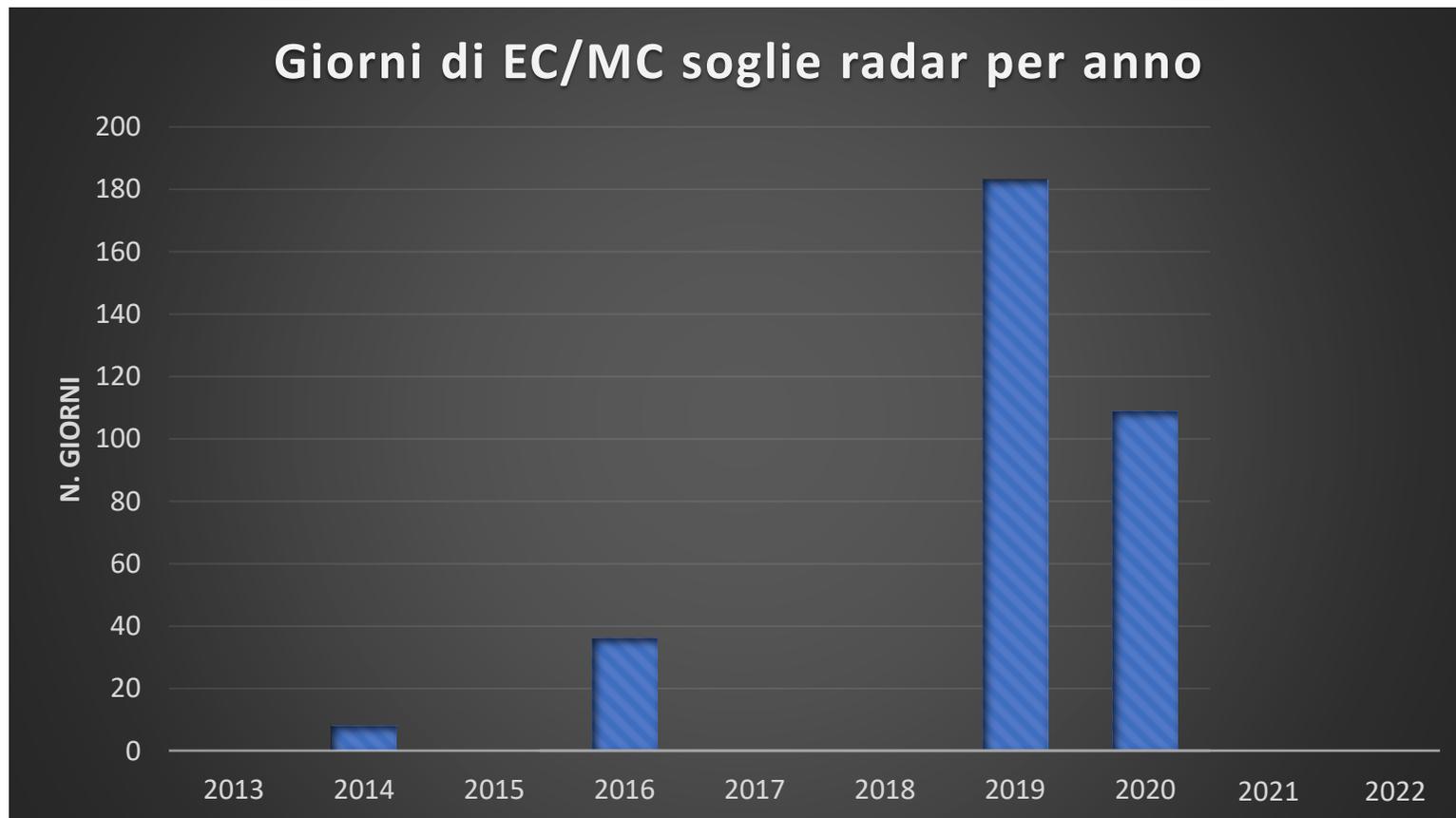
2019, giugno: **un rapido scioglimento della copertura nevosa**, accompagnato da precipitazioni di entità non eccezionale, determina un **repentino aumento dell'apporto idrico al versante** ed un altrettanto **repentina riattivazione della frana**. La SP 29 viene chiusa, vengono registrate **velocità ben superiori a quanto mai successo in precedenza, con valori che molto spesso eccedono il metro al giorno**

La chiusura prolungata della SP 29 genera enormi disagi alla frazione di Santa Caterina

la quale diventa raggiungibile dalla bassa Valfurva soltanto percorrendo una vecchia pista agro-silvo-pastorale non idonea al transito regolare di mezzi e veicoli; la situazione si aggrava ancor di più nel caso in cui il transito al Passo di Gavia — l'unica altra via di accesso asfaltata al paese — sia interdetto dalla neve.

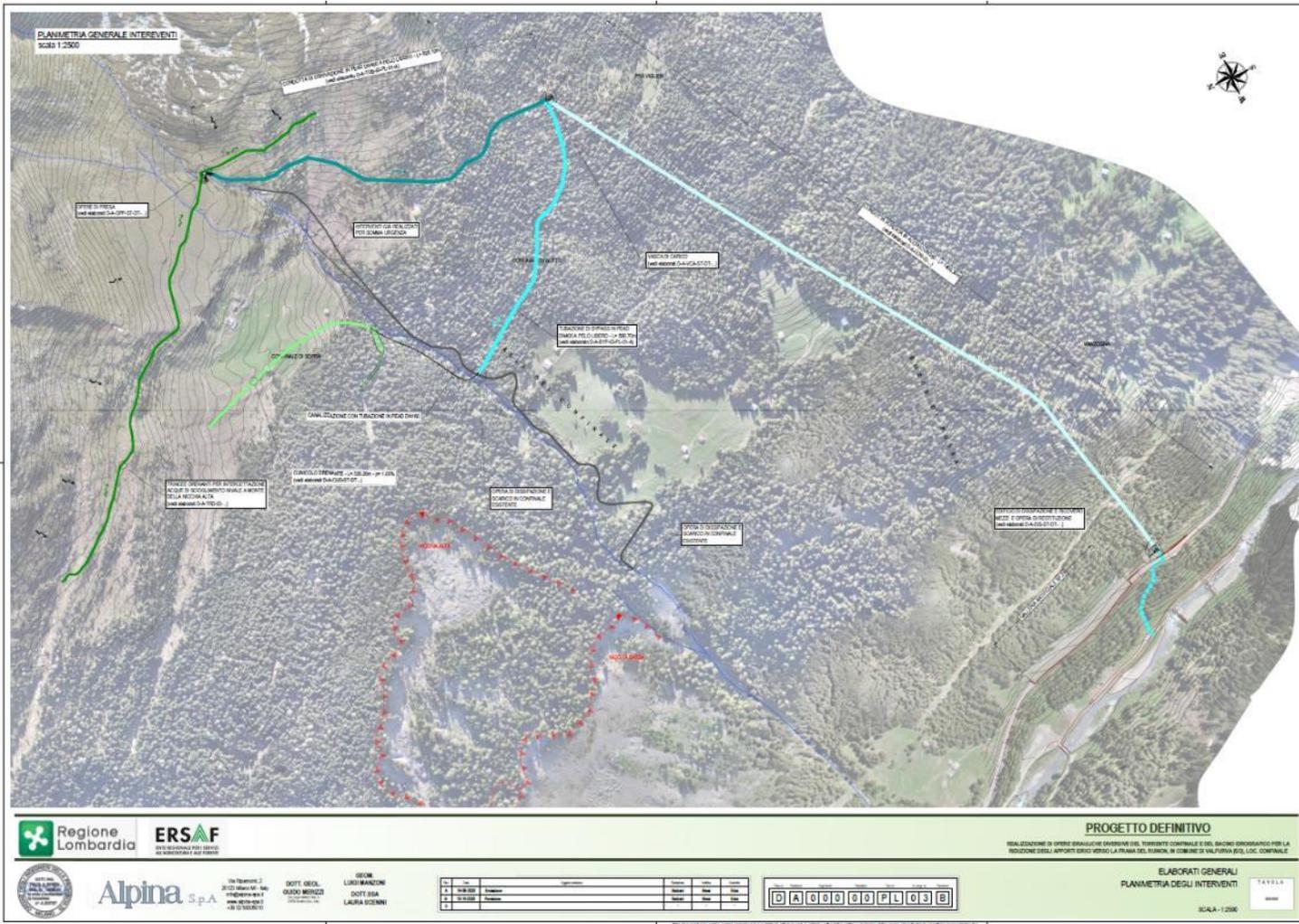


Criticità negli anni



2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	05/11-13/11		17/06-10/07			28/05-31/05	10/06-08/08
			13/07-20/07			18/06-12/12	13/08-19/08
			06/08-08/08			20/12-24/12	28/08-08/10
			10/08-12/08				
0	8	0	36	0	0	183	109
	nov		giu-ago			mag-dic	giu-ott

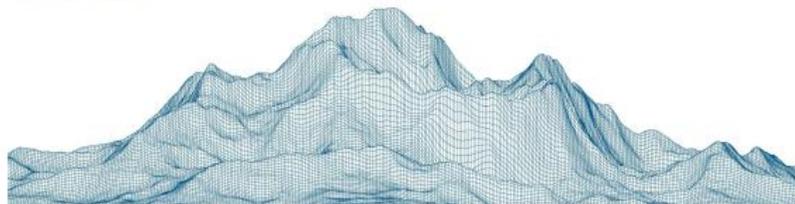
Opere di mitigazione e di difesa





BY-PASS IDRAULICO DEL TORRENTE FRODOLOFO NEL TRATTO SOTTESO DALLA FRANA DEL RUINON, VALFURVA (SO)

Ordinanza del Capo della Protezione Civile
n°558 del 15/11/2018



RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI



PROF.ING. SILVIO FRANZETTI

PROGETTO DEFINITIVO

GEOLOGIA

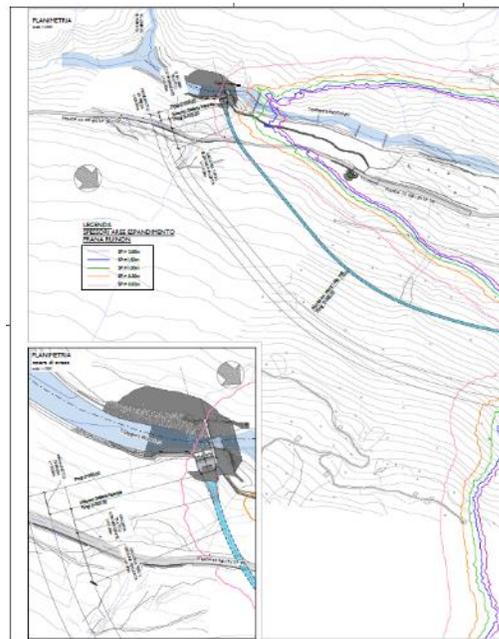
Relazione sulle indagini geologiche e geotecniche

Id	Progetto	Fase	Lotto	Zona	Opera	Tratto	Ambito	Tipo elaborati	Progressivo	Revisione
-	F05220A	D	X	X00	GE000	0	GG	RH	011	A
Cup	Redatto	Controllato	Approvato	Scala	Data					
HI5J20000060001	G. Nigro	L. Griffini	L. Griffini	-	05/05/2021					

 ARIA ASSOCIAZIONE REGIONALE PER L'AMBIENTE via Taraselli, 26 - 20124 Milano	IL DIRETTORE GENERALE ARIA S.p.A.	IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
	Ing. L. Gubian	Ing. L. Bottigelli
RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE ALPINA S.p.A.	PROGETTAZIONE GEOLOGIA STUDIO GRIFFINI	
Ing. Paola Erba	Geol. Lamberto Griffini	

REV.	DATA	OGGETTO REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
B	04-06-2021	Recupero rilievi documento di validazione e richieste del RUP	G. Nigro	L. Griffini	L. Griffini
C	-	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-

2023-2026



DELIBERAZIONE N° XI / 5931

Seduta del 07/02/2022

Presidente	ATTILIO FONTANA	
Assessori regionali	LETIZIA MORATTI <i>Vice Presidente</i> STEFANO BOLOGNINI DAVIDE CARLO CAPARINI RAFFAELE CATTANEO RICCARDO DE CORATO MELANIA DE NICHILLO RIZZOLI PIETRO FORONI STEFANO BRUNO GALLI	GUIDO GUIDESI ALESSANDRA LOCATELLI LARA MAGONI ALESSANDRO MATTINZOLI FABIO ROLFI FABRIZIO SALA MASSIMO SERTORI CLAUDIA MARIA TERZI

Con l'assistenza del Segretario Enrico Gasparini

Su proposta dell'Assessore Claudia Maria Terzi di concerto con l'Assessore Massimo Sertori

Oggetto
APPROVAZIONE DELLO SCHEMA DI CONVENZIONE TRA REGIONE LOMBARDIA, ANAS E CAL PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO E RELATIVA VERIFICA/VALIDAZIONE DEL BY-PASS STRADALE DELLA FRANA DEL RUINON LUNGO LA S.S. N° 300 DEL PASSO DI GAVIA, NEL COMUNE DI VALFURVA (SO), INTERVENTO FUNZIONALE ALLO SVOLGIMENTO DELLE OLIMPIADI INVERNALI MILANO-CORTINA 2026 - (DI CONCERTO CON L'ASSESSORE SERTORI)

Bypass stradale

Si esprime parere di regolarità amministrativa ai sensi dell'art.4, comma 1, l.r. n.17/2014:

I Direttori Generali Aldo Colombo Alessandro Nardo

L'atto si compone di 19 pagine
di cui 13 pagine di allegati
parte integrante

2025-2029

Grazie per
l'attenzione.