



REGIONE LOMBARDIA

STAZIONE APPALTANTE



COMUNITA' MONTANA VALLE SERIANA
Servizio Lavori Pubblici e Gestione del Territorio



COMUNE DI GANDELLINO (BG)

CONVEGNO

DISSESTO IDROGEOLOGICO NELL'ARCO ALPINO E PREALPINO:

PREVISIONE, PREVENZIONE E GESTIONE DELL'EMERGENZA

Esperienze a confronto e buone prassi per lo sviluppo condiviso

Opere di drenaggio profondo per la stabilizzazione di un versante in frana nel Comune di Gandellino (BG)

Progetto e D.L.: Alessandro Berdini, Professionista privato, Breno (I)

Relatore: Ing. Alessandro Berdini



INQUADRAMENTO DELLA FRANA

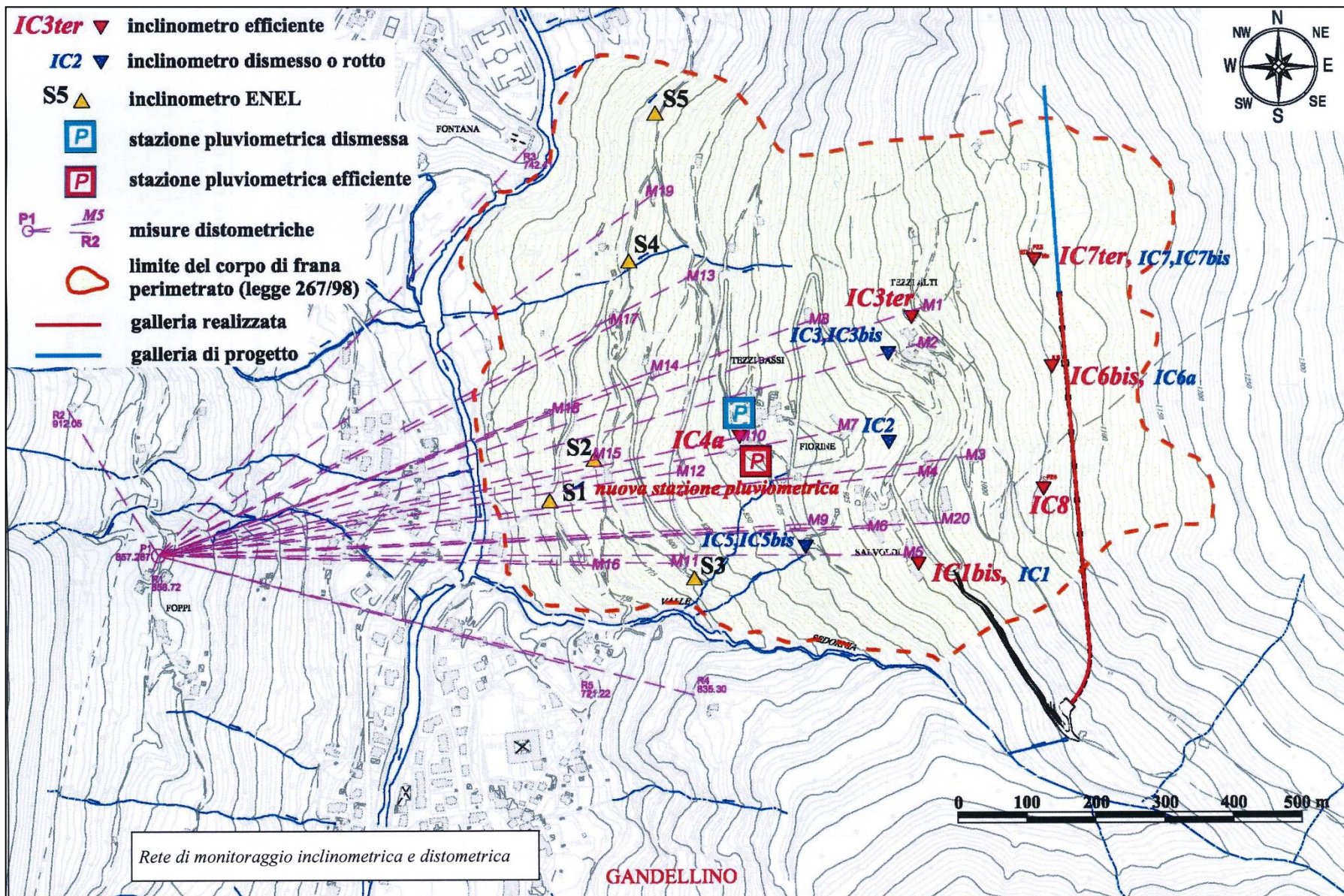
- Il fronte franoso, è situato nel Comune di Gandellino (BG), frazione di Tezzi, tra i 680 e 1.200 m di quota.



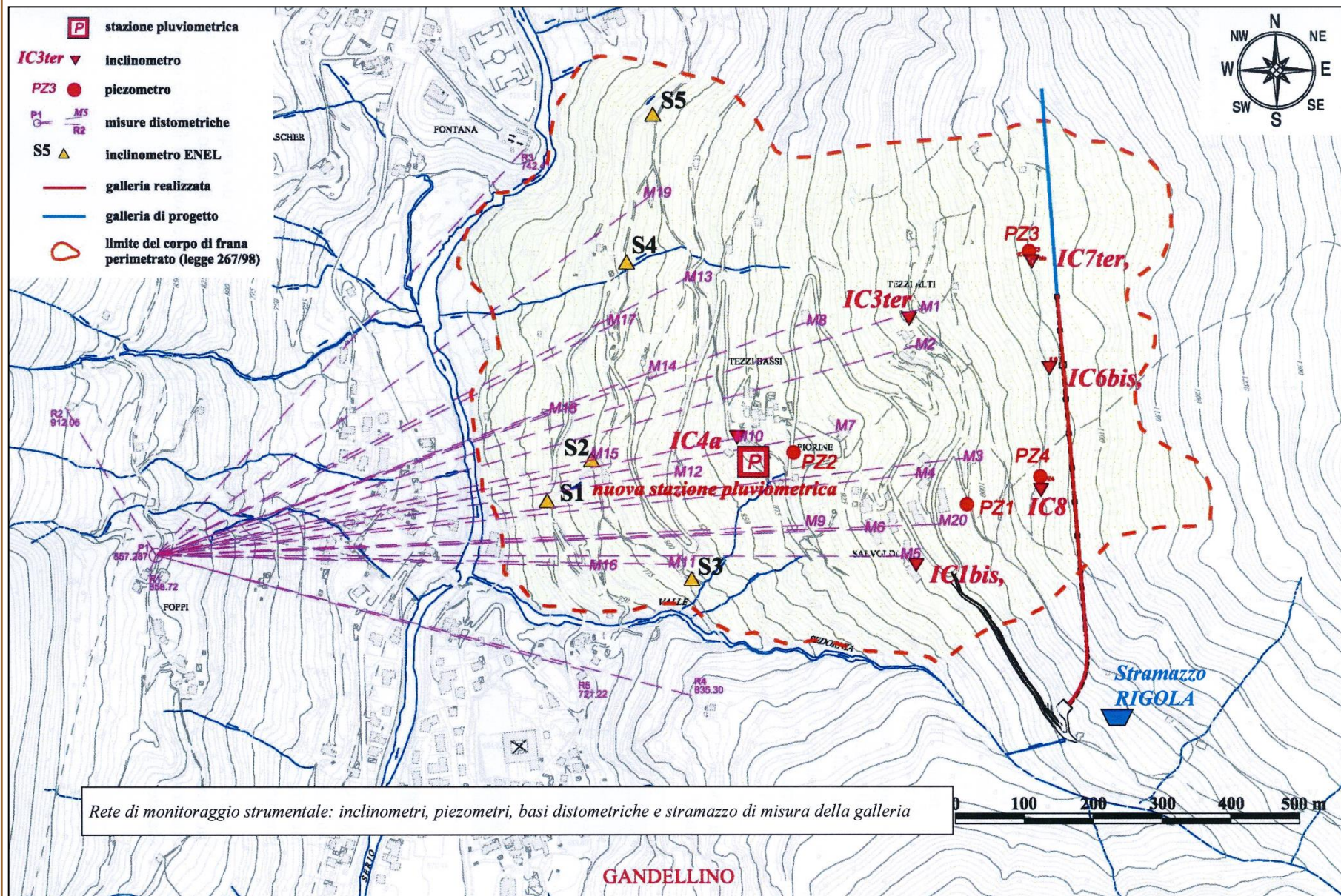
Indagini specialistiche a partire dal 1997 (fino ad oggi):

- STUDI E MONITORAGGI DISTOMETRICI
- STUDI E MONITORAGGI INCLINOMETRICI
- STUDI E MONITORAGGI PIEZOMETRICI

Rete di monitoraggio inclinometrico e distometrico



Rete di monitoraggio piezometrico

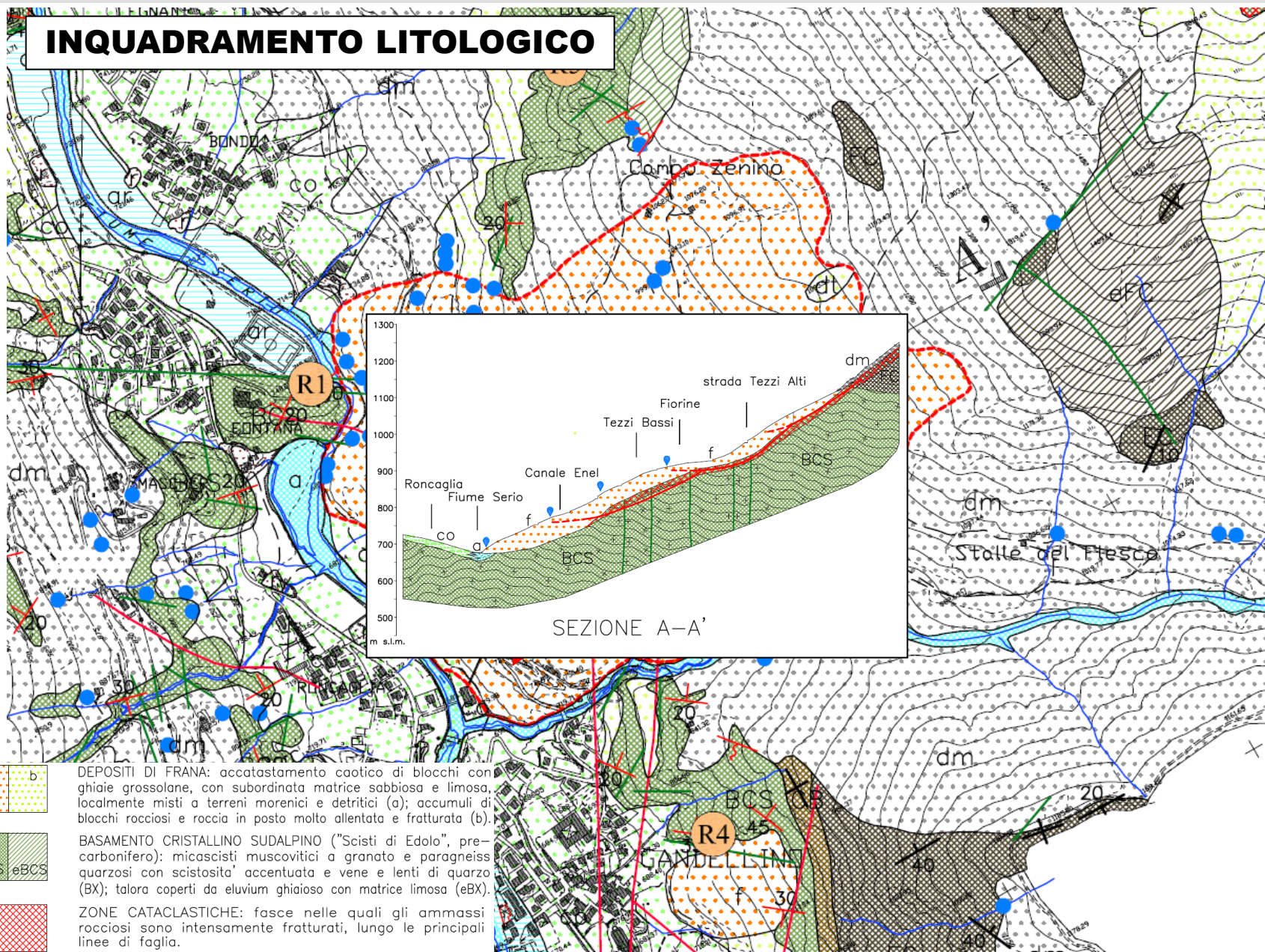


I MOVIMENTI FRANOSI RISCONTRATI:

- EVIDENTI MOVIMENTI, SMOTTAMENTI
- LESIONI VISIBILI SUGLI EDIFICI DELL'ABITATO DI TEZZI
- LESIONI SUGLI IMPIANTI IDROELETTRICI ENEL

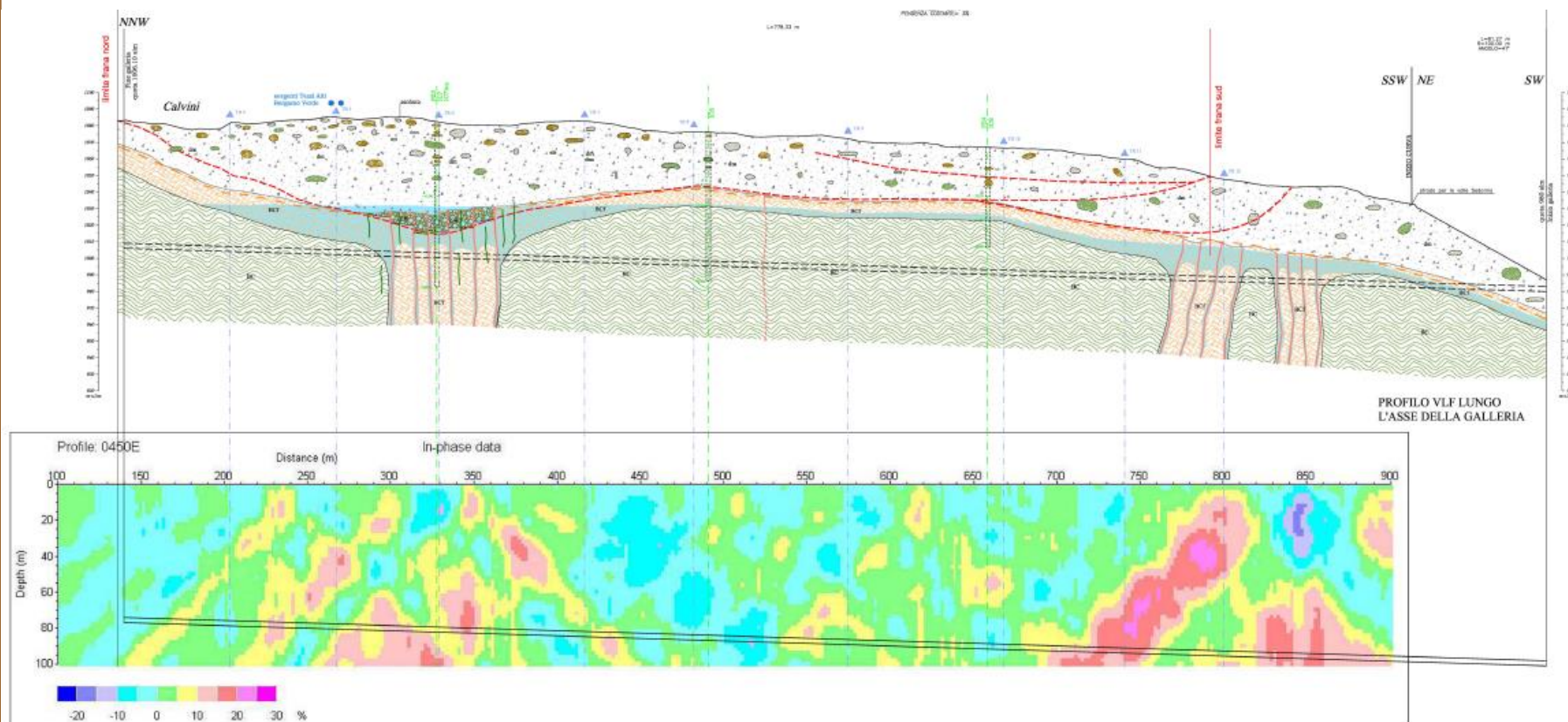


INQUADRAMENTO LITOLOGICO



INDAGINE GEOFISICA SUL TRACCIATO DELLA GALLERIA

Dalle sovrapposizioni dei dati dei sondaggi a carotaggio, dei dati di superficie e delle prospezioni geofisiche, è stato possibile definire il profilo litologico che rappresenta l'andamento degli strati lungo la traiettoria della galleria drenante realizzata





GALLERIA DRENANTE – DATI TECNICI DI PROGETTO

Ingresso della galleria in prossimità della zona Stalle del Flesso a quota 980 m s.l.m.

Obiettivo della galleria era l'eliminazione della causa principale dello scivolamento per mezzo di:

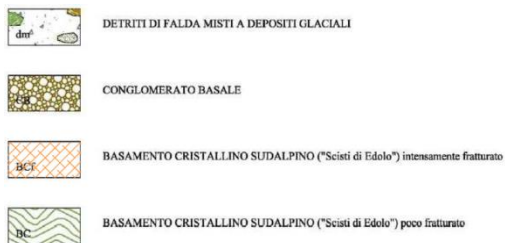
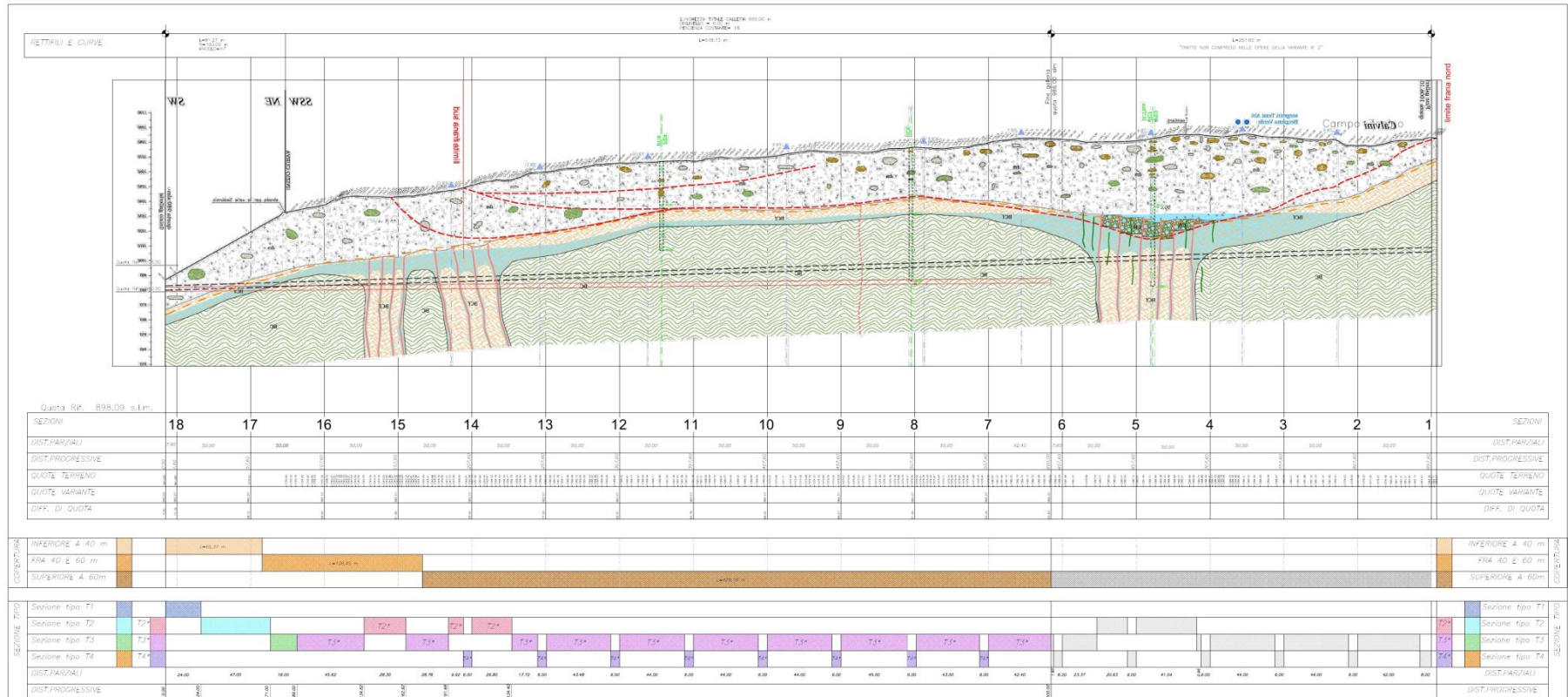
- CAPTAZIONE DELLE ACQUE DI SCORRIMENTO PROFONDE;
- ELIMINAZIONE DELLE INFILTRAZIONI DI ACQUE METEORICHE A MONTE DEL CORPO DI FRANA.

- ☐ LUNGHEZZA GALLERIA REALIZZATA: 600 metri
- ☐ LARGHEZZA GALLERIA: 3 metri
- ☐ PENDENZA: 1%

FORI DRENANTI

- ☐ LUNGHEZZA TUBAZIONI DI DRENAGGIO: 40 - 70 metri
- ☐ DIAMETRO DRENAGGI: 110 mm
- ☐ NUMERO DI TUBI PERFORATI: 3 per ogni piazzola
- ☐ NUMERO PIAZZOLE: 9 a interasse di 50 m
- ☐ NUMERO TOTALE DI DRENAGGI: 29

Opere di drenaggio profondo per la stabilizzazione di un versante in frana nel Comune di Gandellino (BG)

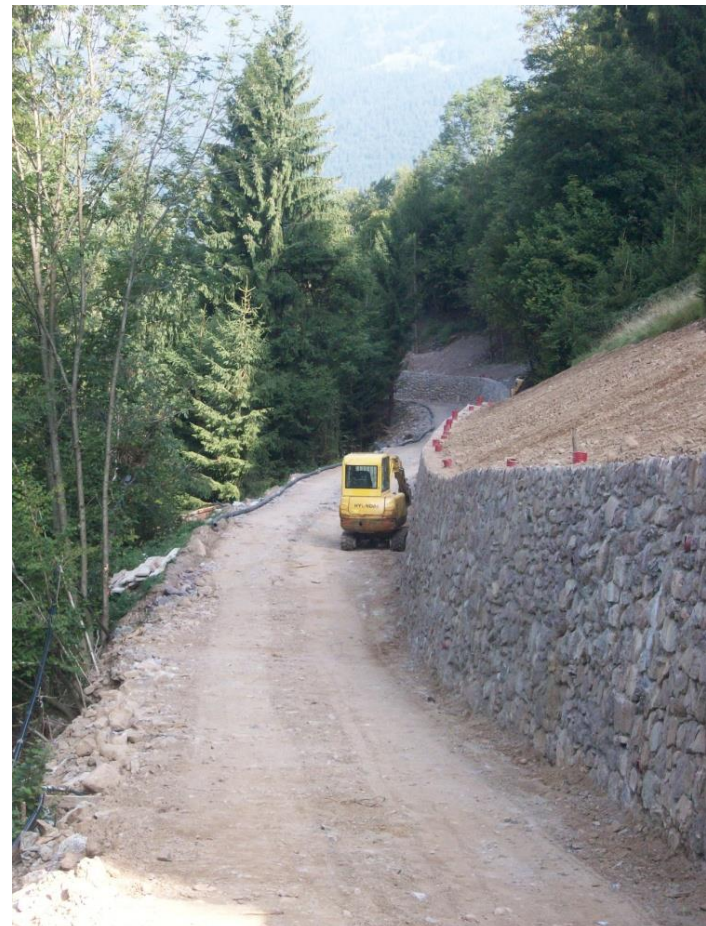


TIPOLOGIE DI SEZIONE

- Tipo T1: Galleria in terra (tratto iniziale 24m)
- Tipo T2*: Galleria in roccia fratturata (secondo tratto 47m sviluppo)
- Tipo T3 e T3*: Galleria in roccia sana (primo tratto scavo fresa, tratti successivi esplosivo)
- Tipo T4.a *: Piazzole in roccia sana
- Tipo T4.c *: Piazzole in roccia fratturata

REALIZZAZIONE STRADA DI ACCESSO ALL'IMBOCCO DELLA GALLERIA

Viste dei muri di sostegno in calcestruzzo e pietrame della strada di accesso
all'imbocco della galleria, durante i lavori



LAVORI DI REALIZZAZIONE PIAZZALE ALL'IMBOCCO DELLA GALLERIA

1. Fase di realizzazione terre armate necessarie per il sostegno del terreno
(Agosto 2010)

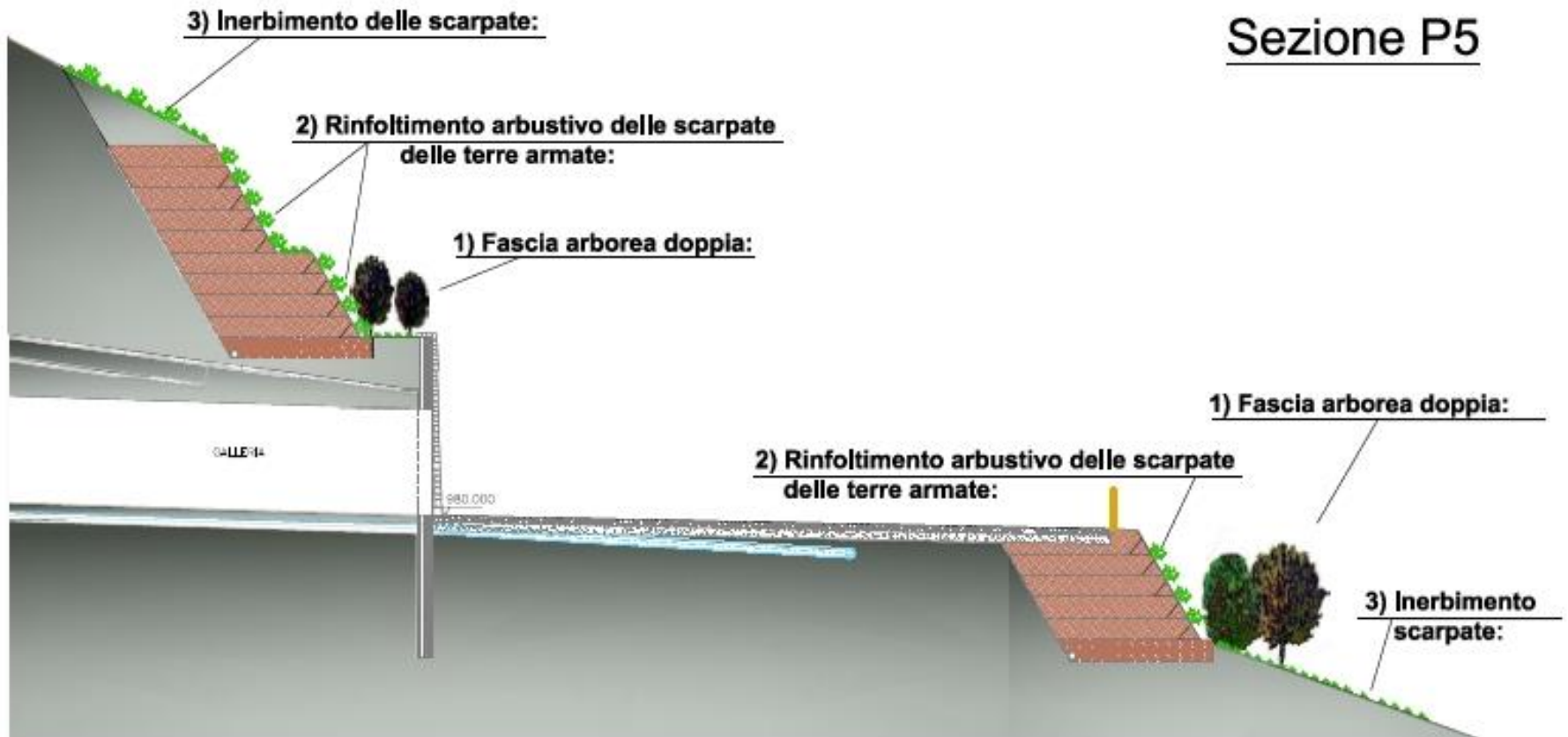


2. Fase di realizzazione micropali e tiranti per formazione imbocco galleria
(Settembre 2010)



PIAZZALE DI INGRESSO IN GALLERIA: Sezione tipo

Sezione P5



[illegible]

LAVORI DI REALIZZAZIONE IMBOCCO DELLA GALLERIA

Particolare delle opere di sostegno per la realizzazione dell'imbocco galleria

Fase di realizzazione infilaggi metallici
e protezione imbocco
(Novembre 2010)



Fase di scavo della
Galleria in Terra – Sezione tipo «T1»
(Gennaio 2011)



SEZIONE TIPO "T1"
GALLERIA IN TERRA

Scala 1:50

CALCESTRUZZO PROIETTATO $S=0.15m$, $Rck30N/mm^2$ CON FIBRE
IN ACCIAIO NELLA QUANTITÀ DI $30Kg/m^3$

N.31 INFILAGGI METALLICI CON TUBI VALVOLATI 1V/m
 $\phi=114mm$ $SP=10mm$ $L=12m$ $i=0.35m$ — OGNI 6 m DI
AVANZAMENTO PERFORAZIONE $\phi>160mm$ — INCLINAZIONE 6°

CALCESTRUZZO PROIETTATO DI FINITURA
 $S=0.05m$, $Rck30N/mm^2$

CENTINA HEB 140/1,00m

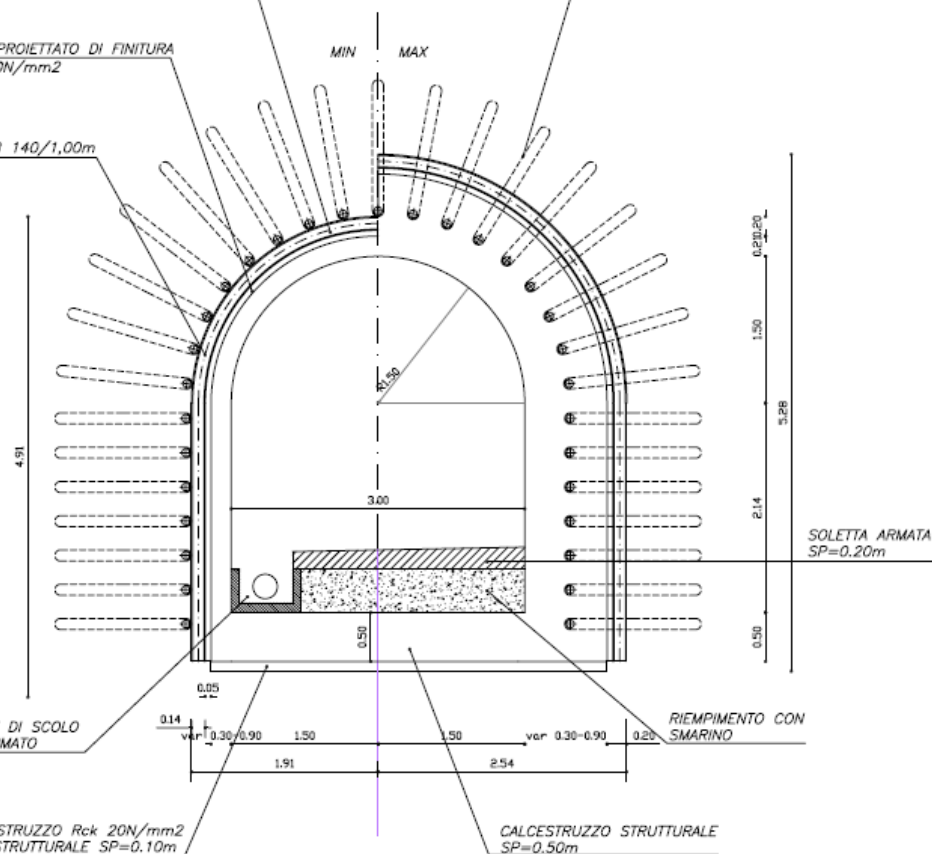
CANALE DI SCOLO
CLS ARMATO

CALCESTRUZZO $Rck 20N/mm^2$
NON STRUTTURALE $SP=0.10m$

CALCESTRUZZO STRUTTURALE
 $SP=0.50m$

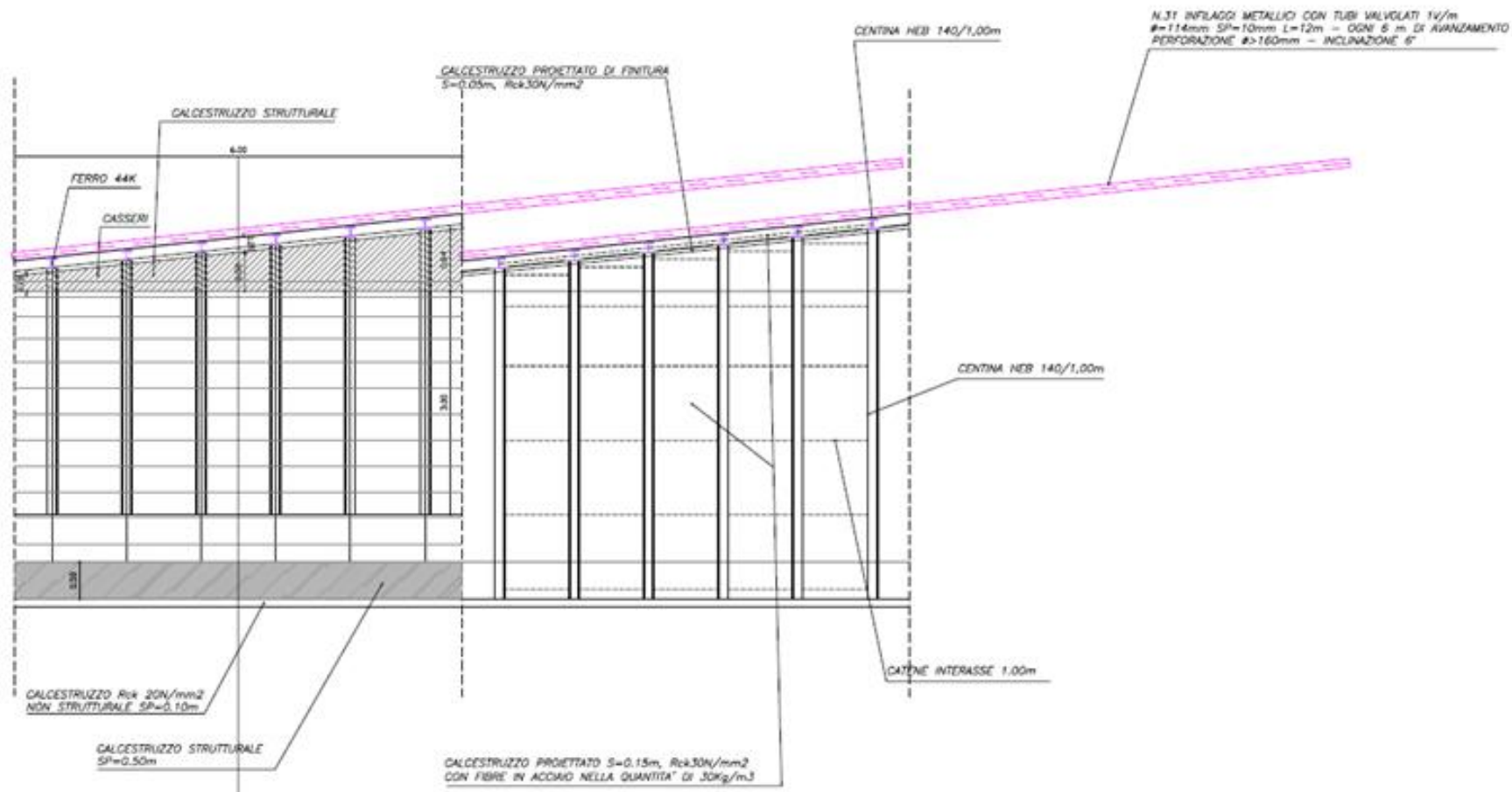
SOLETTA ARMATA
 $SP=0.20m$

RIEMPIMENTO CON
SMARINO



PROFILO LONGITUDINALE IN ASSE GALLERIA

Scale 1:50



LAVORI DI REALIZZAZIONE GALLERIA DRENANTE AVANZAMENTO IN SOTTERRANEO

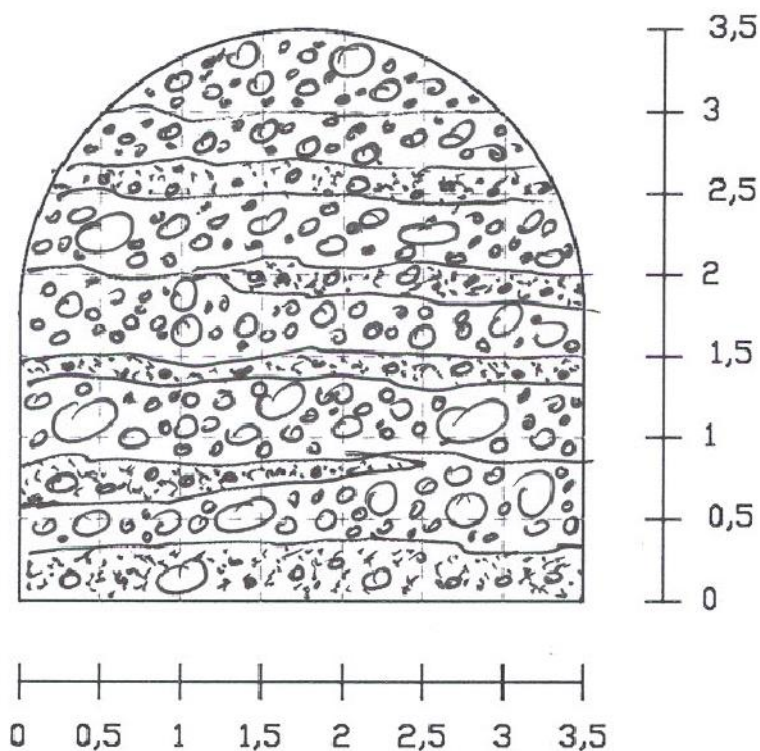
GALLERIA IN TERRA – SEZIONE TIPO «T1»

DATA: 21/03/2011

PROGRESSIVA m 11,0

GEOLOGIA: Alternanze di livelli ghiaioso ciottolosi con matrice sabbiosa-ghiaiosa di colore grigio e livelli ghiaiosi con matrice sabbiosa-argillosa di colore bruno.

Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



AVANZAMENTO IN GALLERIA

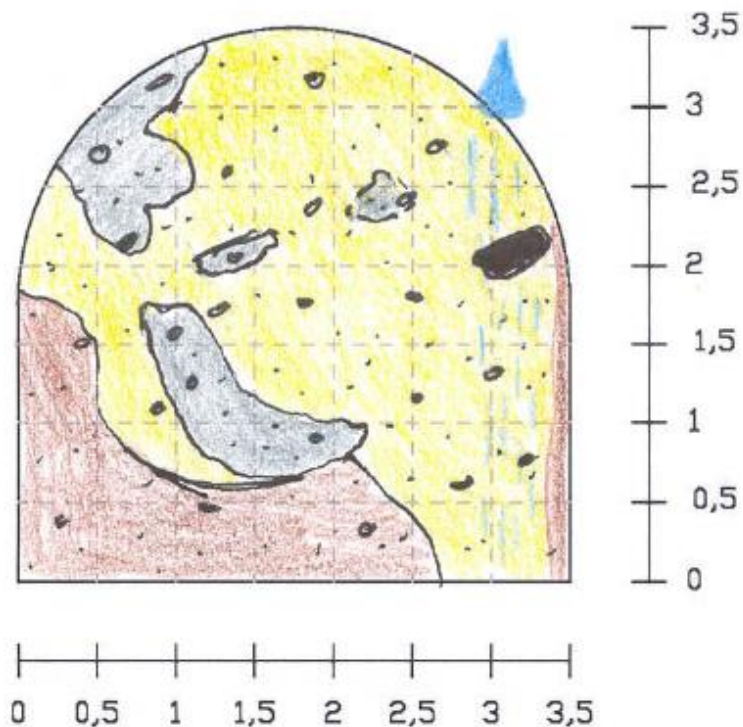
GALLERIA IN TERRA – SEZIONE TIPO «T1»

DATA: 11/05/2011

PROGRESSIVA m 21,5

GEOLOGIA: Ghiaia, blocchi e ciottoli subarrotondati in matrice limosa-sabbiosa.

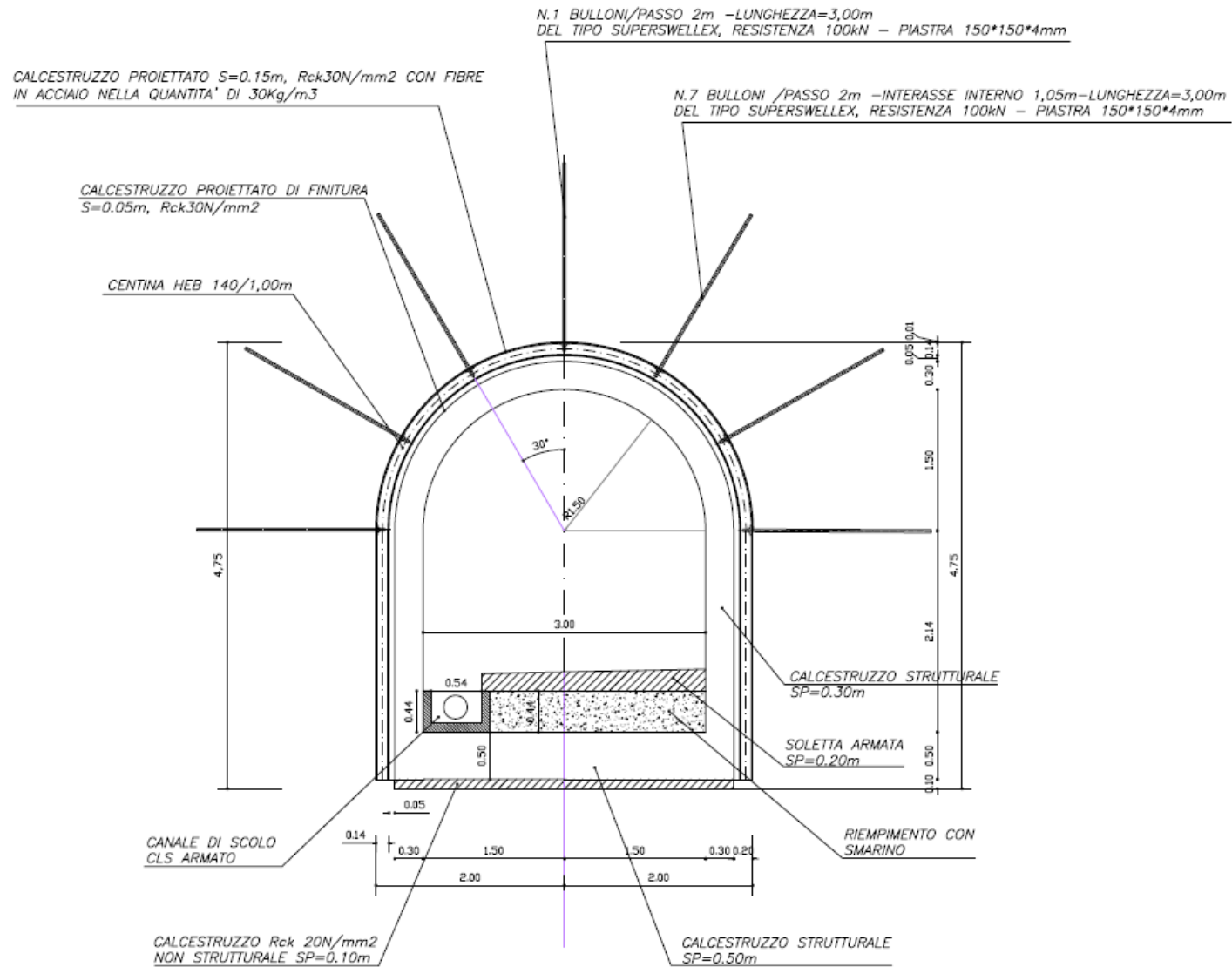
Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



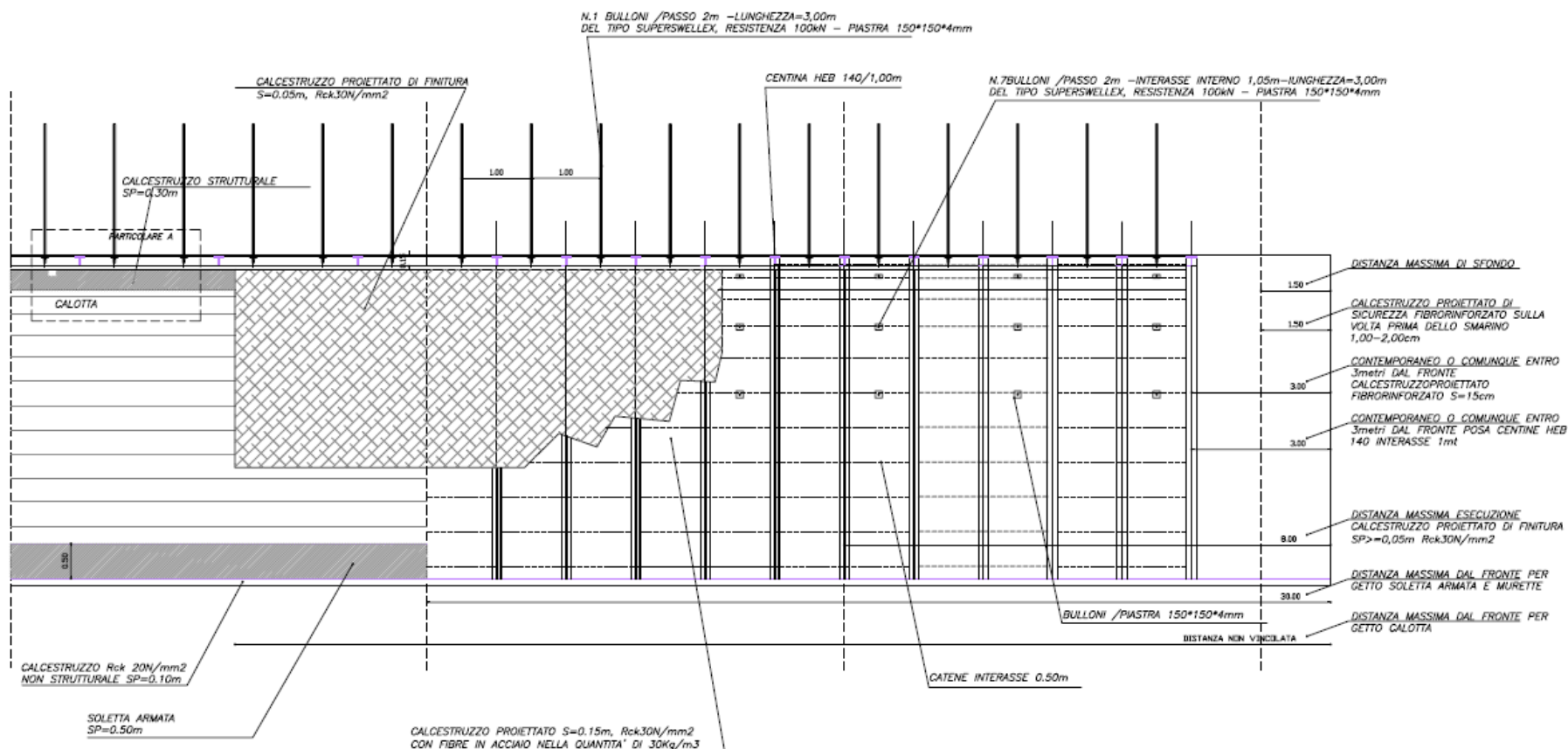
SEZIONE TIPO "T2" Scala 1:50
GALLERIA IN ROCCIA FRATTURATA



Opere di drenaggio profondo per la stabilizzazione di un versante in frana nel Comune di Gandellino (BG)

PROFILO LONGITUDINALE IN ASSE GALLERIA

Scala 1:50



AVANZAMENTO IN GALLERIA

GALLERIA IN ROCCIA FRATTURATA – SEZIONE TIPO «T2»

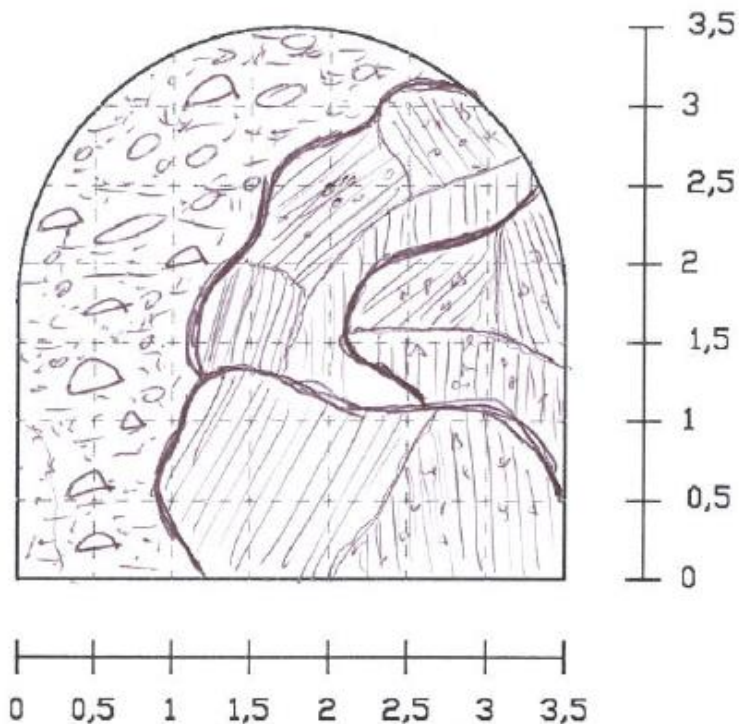
DATA: 16/05/2011

PROGRESSIVA m 25,0

GEOLOGIA: Paramento destro: roccia scomposta formata da grossi blocchi di conglomerato quarzosomicaceo grigio-nerastro (Conglomerato Basale); a tratti ha più l'aspetto di una breccia di micascisto.

Sopra la roccia si trova del materiale glaciale sabbioso-limoso con ciottoli (Tillite).

Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



AVANZAMENTO IN GALLERIA

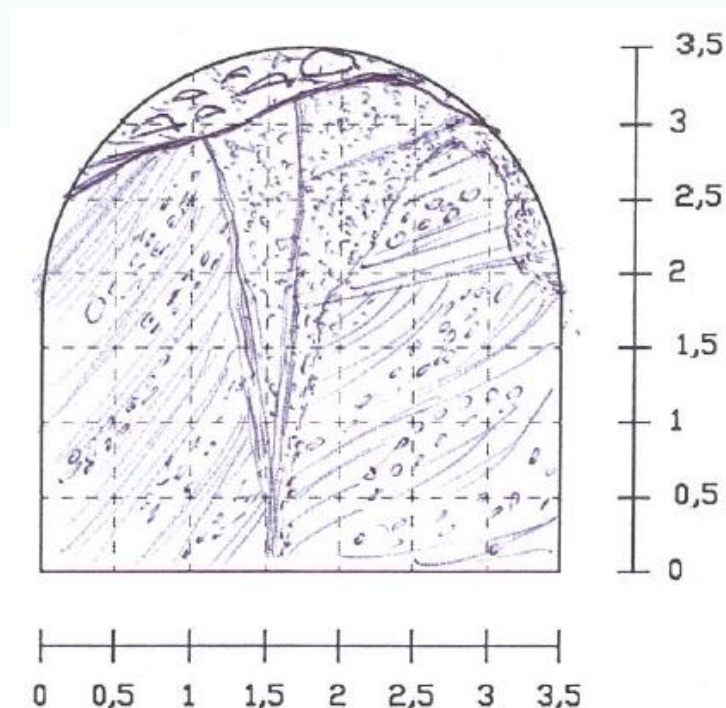
GALLERIA IN ROCCIA FRATTURATA – SEZIONE TIPO «T2/T3»

DATA: 31/05/2011

PROGRESSIVA m 29,5

GEOLOGIA: Roccia quarzoso-micacea (Conglomerato Basale), Roccia alterata, Terreno glaciale.

Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



roccia quarzoso-micacea ("Conglomerato Basale")



"roccia" alterata



terreno glaciale

VARIANTE IN CORSO D'OPERA per **IMPREVISTO GEOLOGICO**:

Presenza di roccia con caratteristiche meccaniche superiori rispetto a quanto previsto.

Necessità di utilizzo di **MICROCARICHE** per l'avanzamento dello scavo della galleria (da 24 a 57 metri di avanzamento)

AVANZAMENTO IN GALLERIA

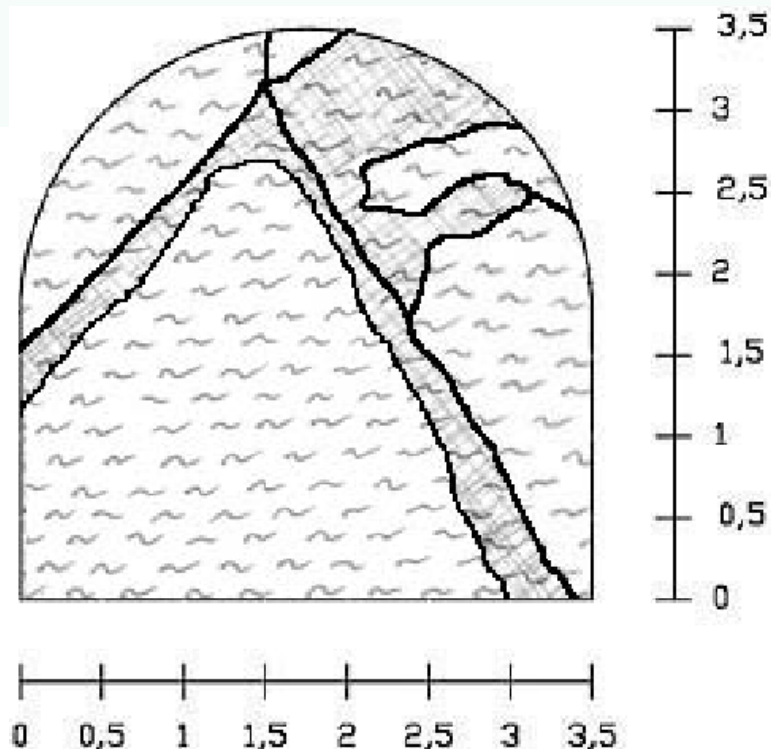
GALLERIA IN ROCCIA – SEZIONE TIPO «T2»

DATA: 30/11/2011

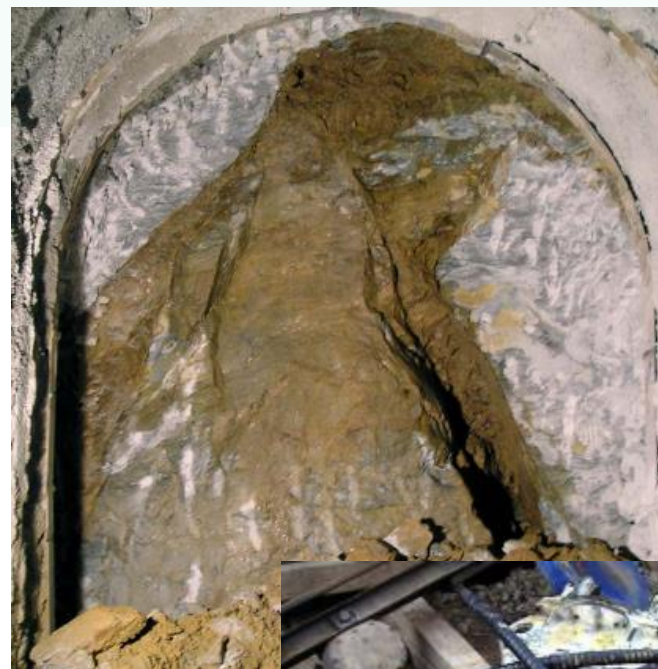
PROGRESSIVA m 74,5

GEOLOGIA: Fronte in micascisto muscovitico grigio-argenteo con faglie.

Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



Scavo del cunicolo mediante FRESA PUNTUALE

AVANZAMENTO IN GALLERIA

GALLERIA IN ROCCIA – SEZIONE TIPO «T2»

DATA: 09/03/2012

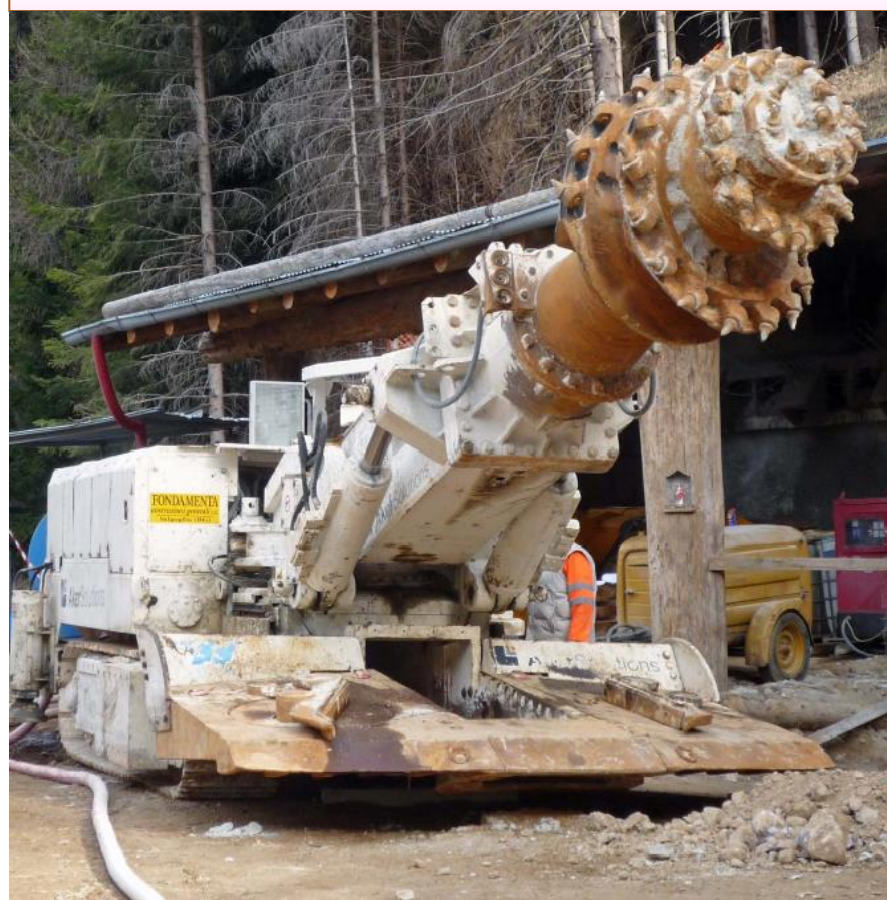
PROGRESSIVA m **76,5**

GEOLOGIA: Micascisti con lenti di quarzo e presenza di faglia con limo sabbioso

Fase di assemblaggio FRESA WIRTH



Fase di collaudo FRESA WIRTH



AVANZAMENTO IN GALLERIA

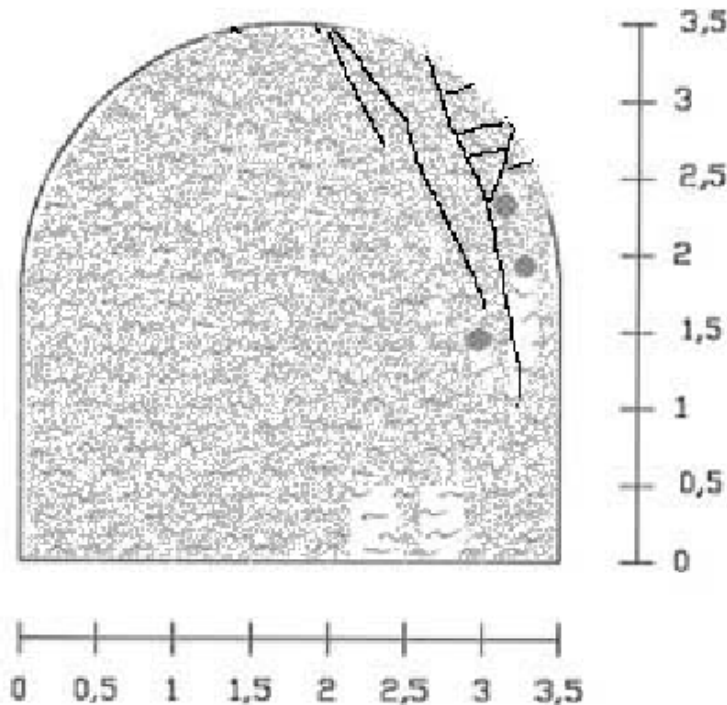
GALLERIA IN ROCCIA – SEZIONE TIPO «T2»

DATA: 17/04/2012

PROGRESSIVA m **86,0**

GEOLOGIA: Fronte in micascisto compatto con scistosità sottile fitta.

Sezione descrittiva galleria



Rilievo fotografico



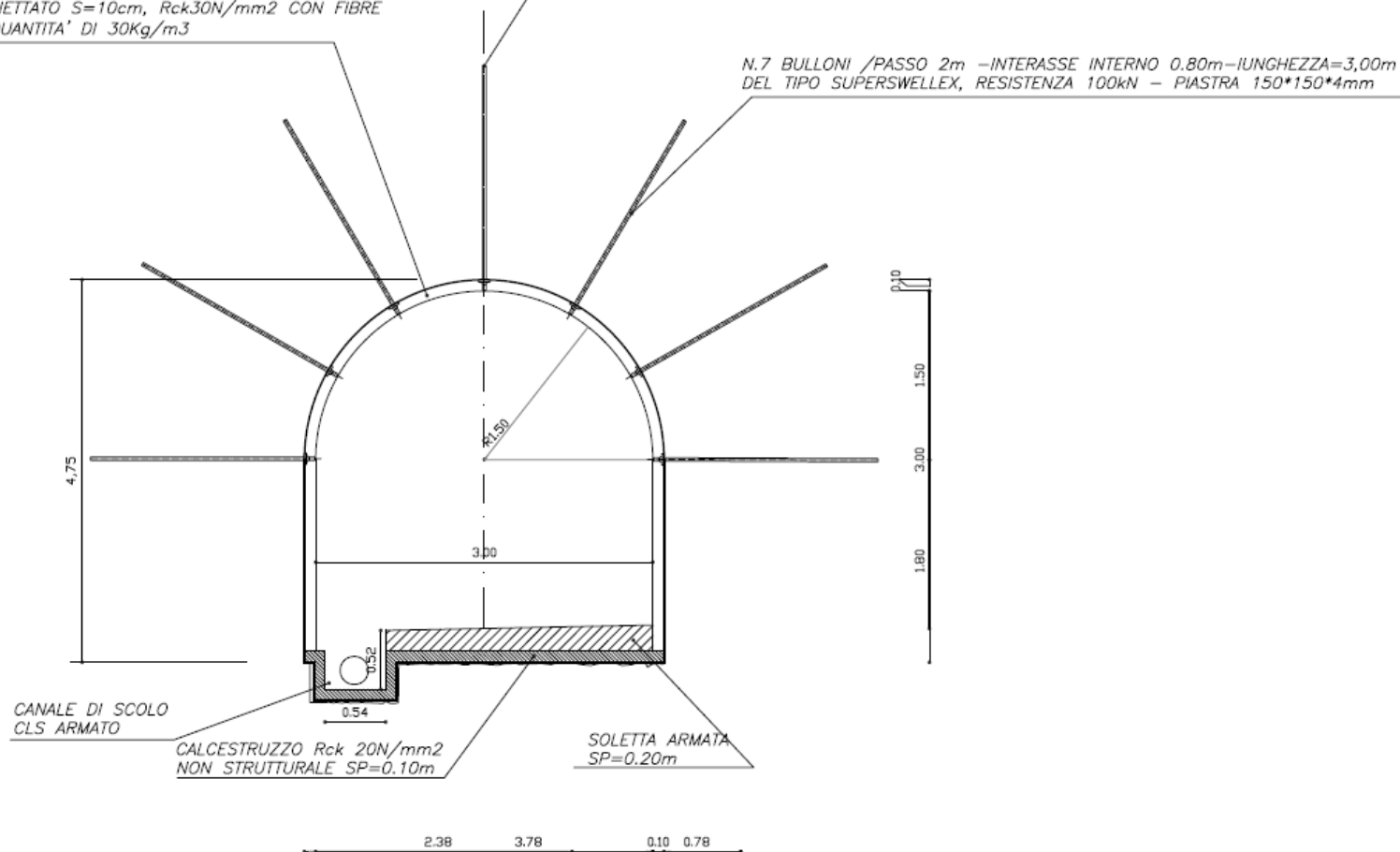
Avanzamento dello scavo del cunicolo mediante FRESA WIRT

SEZIONE TIPO "T3" *Scala 1:50*
GALLERIA IN ROCCIA SANA

CALCESTRUZZO PROIETTATO $S=10\text{cm}$, $R_{ck}30\text{N/mm}^2$ CON FIBRE
IN ACCIAIO NELLA QUANTITA' DI 30Kg/m^3

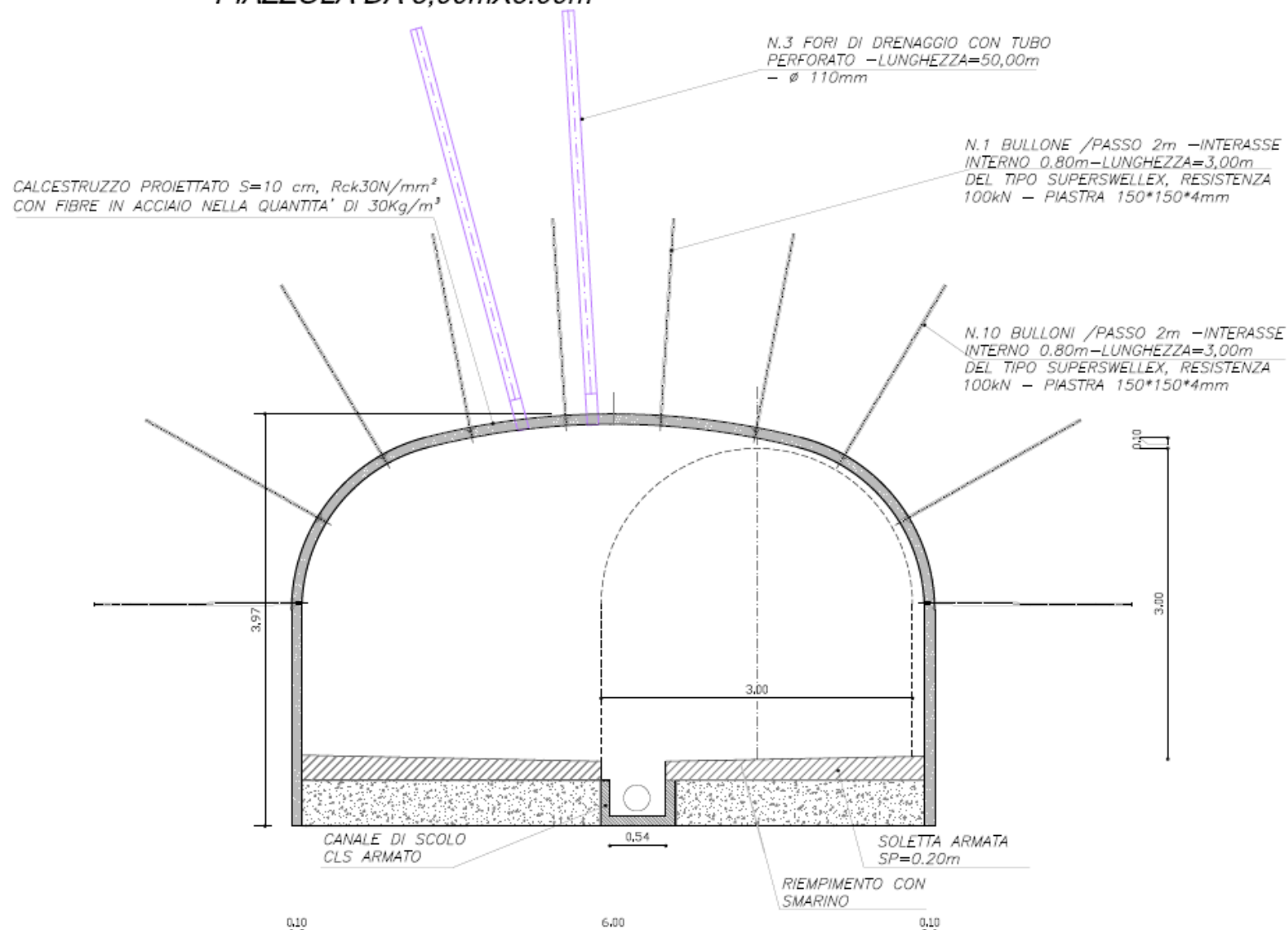
N.1 BULLONI /PASSO 2m -LUNGHEZZA=3,00m
DEL TIPO SUPERSWELLEX, RESISTENZA 100kN - PIASTRA $150*150*4\text{mm}$

N.7 BULLONI /PASSO 2m -INTERASSE INTERNO 0.80m-LUNGHEZZA=3,00m
DEL TIPO SUPERSWELLEX, RESISTENZA 100kN - PIASTRA $150*150*4\text{mm}$

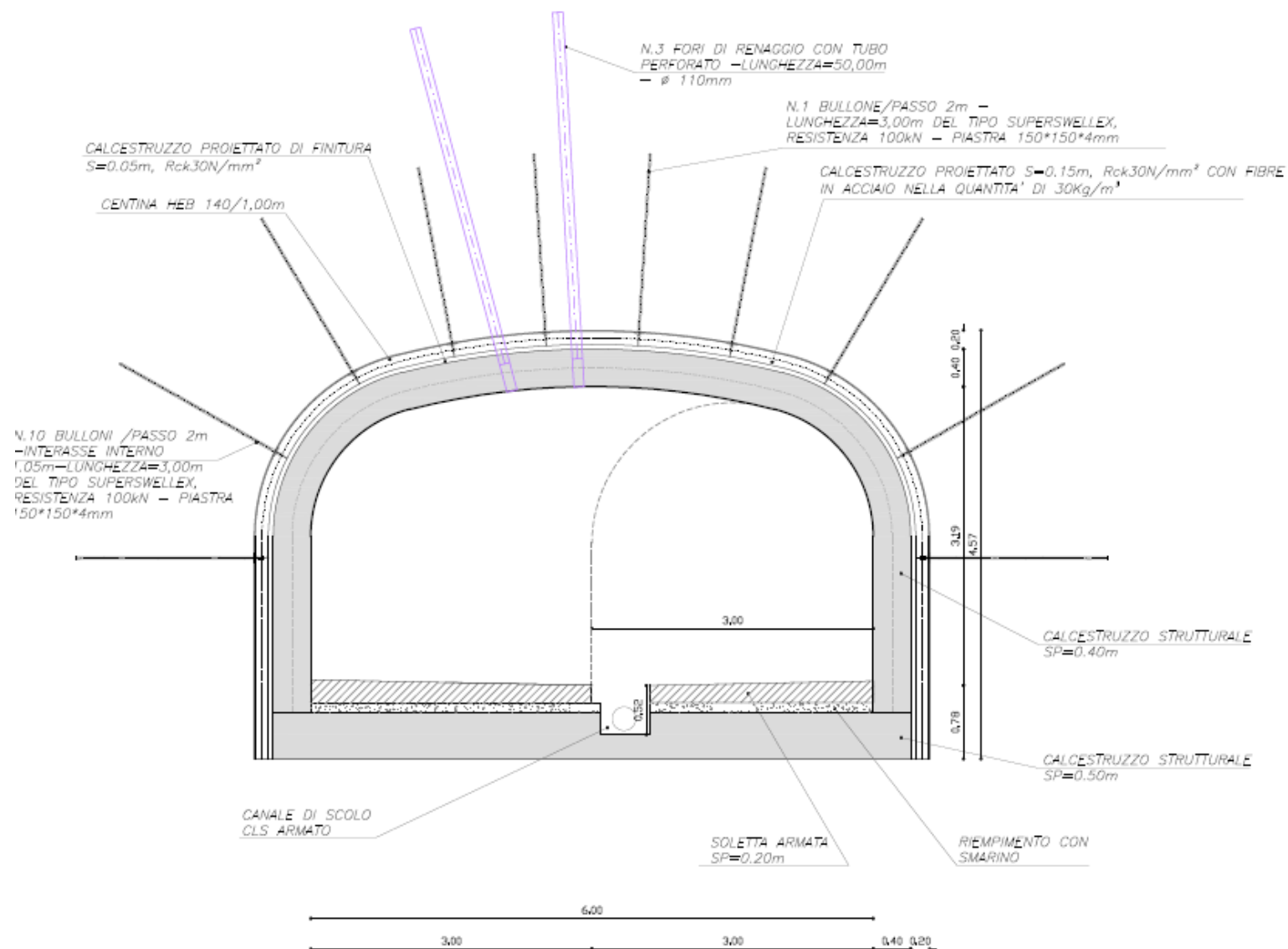




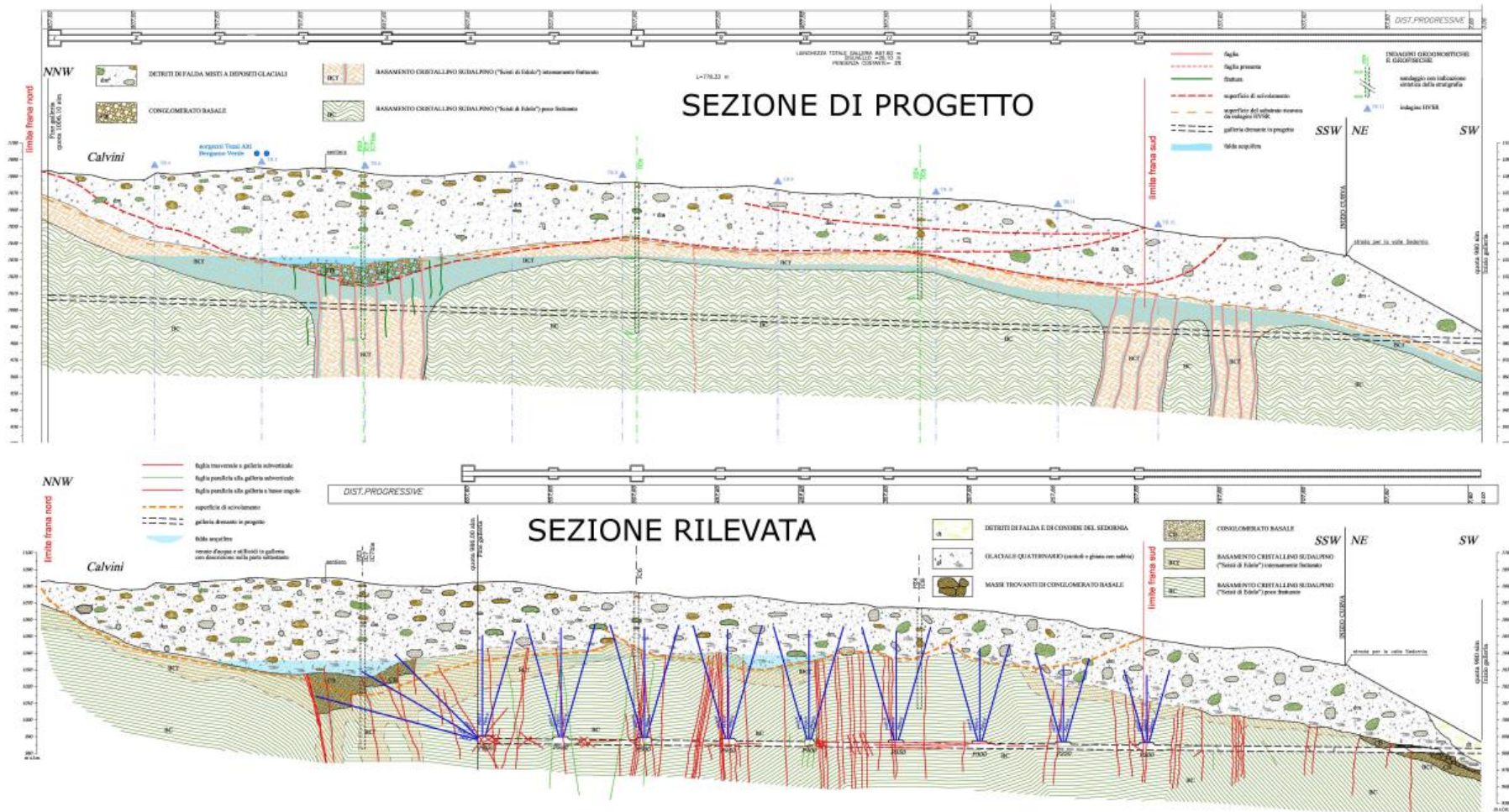
SEZIONE TIPO "T4.a*" Scala 1:50
GALLERIA IN ROCCIA SANA
PIAZZOLA DA 5,00mX6.00m



SEZIONE TIPO "T4.c" Scala 1:50**
GALLERIA IN ROCCIA FRATTURATA
PIAZZOLA DA 5,00mX6.00m



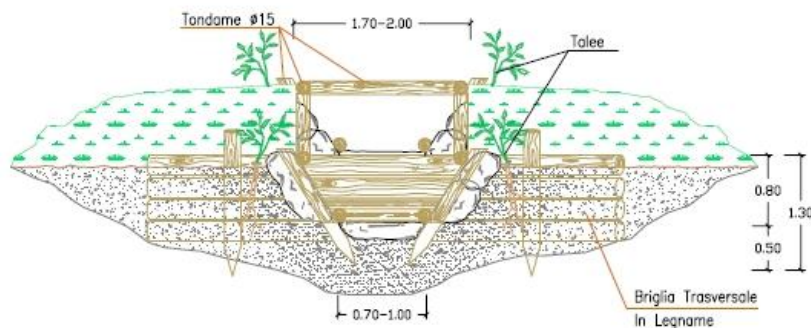
CONFRONTO TRA LA GALLERIA PREVISTA A PROGETTO E L'OPERA REALIZZATA



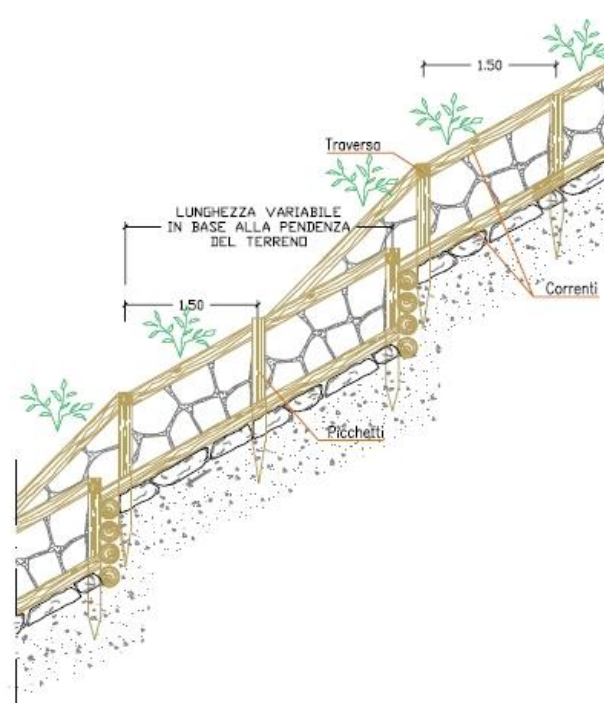
CANALETTA DI SCOLO DELLE ACQUE:

CANALETTA IN LEGNAME E PIETRAME A FORMA TRAPEZIA CON SALTI DI FONDO - Scala 1:50

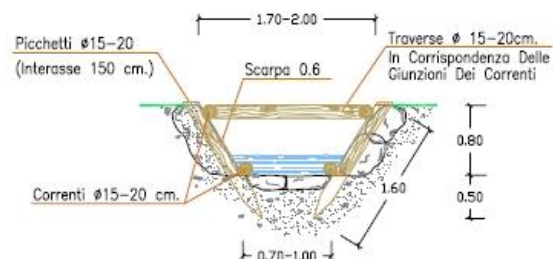
SEZIONE TRASVERSALE IN PROSSIMITA' DI BRIGLIA IN
LEGNAME PER SALTO DI FONDO



SEZIONE LONGITUDINALE IN PROSSIMITA' DI BRIGLIA IN
LEGNAME PER SALTO DI FONDO



SEZIONE TRASVERSALE DELLA CANALETTA



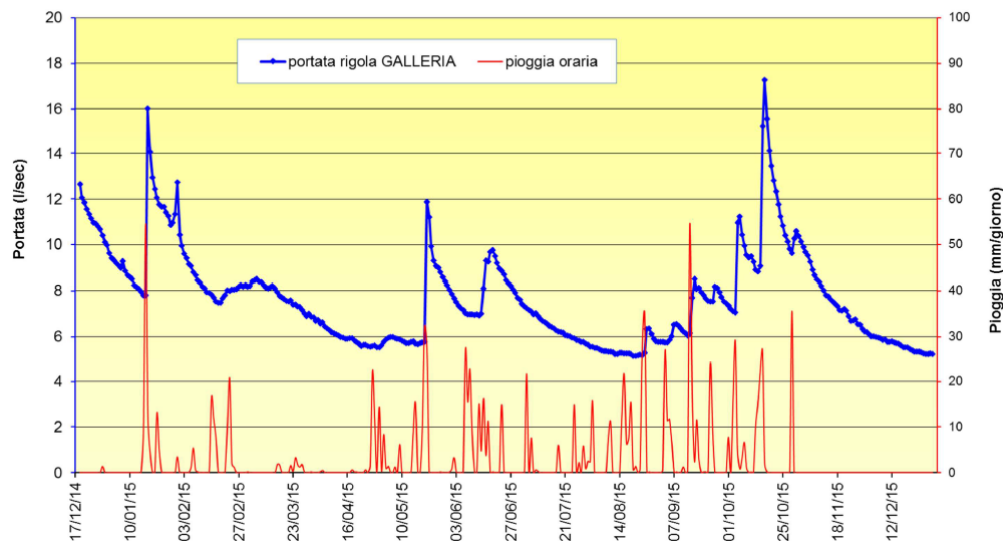
Canale per l'allontanamento delle acque drenate da convogliare nella Val Sedornia, di lunghezza 120 m circa.

EFFETTO DRENANTE DELLA GALLERIA

- Ogni foro drenante è dotato di saracinesca e manometro
- In ogni piazzola le aste drenanti sono raccordate
- E' installato un canale tarato per la misurazione della portata d'acqua all'uscita della galleria.

L'effetto drenante della galleria risulta evidente, raggiungendo nel mese di Ottobre 2015 una portata di punta di 18 l/s, nonostante la scarsa piovosità dell'anno.

Portata della rigola della galleria rispetto alla pioggia giornaliera (2015)



MONITORAGGIO INCLINOMETRICO

MOVIMENTO MEDIO ANNUO IN SUPERFICIE MM/ANNO								
INCLINOMETRO		IC1	IC3	IC4	IC5	IC6	IC7	IC8
PERIODO	1999-2004	23.17	59.17	18.29	70.62	45.27	19.31	
	2010-2012	14.52	20.61	0.58	23.00		45.4	22.15
	2013-2014	10.85	15.1	-4.25		6.95	14.15	10.2
	2015	2.30	5.1	-2.2		2.9	3.0	2.0
N.B. in rosso il massimo movimento medio annuo, in blu il minimo								

Deformazione pressoché nulla in IC4, ridotta a $2 \div 4$ mm/anno negli altri settori.

Soglia di attivazione del movimento

PRIMA DEI LAVORI	DURANTE I LAVORI	FINE LAVORI
Pioggia 40 mm/h48	100 mm/h48	200 mm/h48
evidente accelerazione	movimenti significativi (fori drenanti non completati)	movimenti minori

MONITORAGGIO INCLINOMETRICO E PIEZOMETRICO

Misurazioni inclinometriche e idrogeologiche Dicembre 2015

POZZETTO	LOCALITÀ	PROFONDITÀ SUPERFICIE DI TAGLIO m	MOVIMENTO NEL MESE mm	MOVIMENTO TOTALE mm	VELOCITÀ MOVIMENTO mm/anno	PROFONDITÀ FALDA ACQ. m da p.c.	NOTE
IC1bis	condominio Bergamo Verde	15	registrazione automatica 0,0	T 52,0	0,4↓		Vel. e deformazione in decremento
IC3ter	Tezzi Alti	44,5-45	0,1	T 12,5/S 32,5(+)	1,1↓ (5,1)	58,5↓	Vel. e deformazione in decremento
IC4a	Tezzi Bassi	9÷10 (4)	0,3	T 4,5/S 49,4 (*)	3,3 (0,3)	46,0↓	movimento non significativo
IC6bis	Strada Campo Zenino (galleria)	29-29,5	0,3	T 13,5/S 16,4(+)	4,1 (5,5)	22,0	Vel. e deformazione in decremento
IC7ter	Campo Zenino (galleria)	68	-0,1	T 6,9 /S 19,8 (+)	-1,3 (3,0)	62,5↓	Vel. e deformazione in decremento
IC8	sopra bacino (galleria)	29,5÷33	0,2	T 30,5/S 76,8	2,7↓ (5,4)	34,0	Vel. e deformazione In decremento

(*) da marzo 2002 (+) misura di zero 11 luglio 2013

↑↓ variazione significativa rispetto al mese precedente in incremento (↑) o decremento (↓)

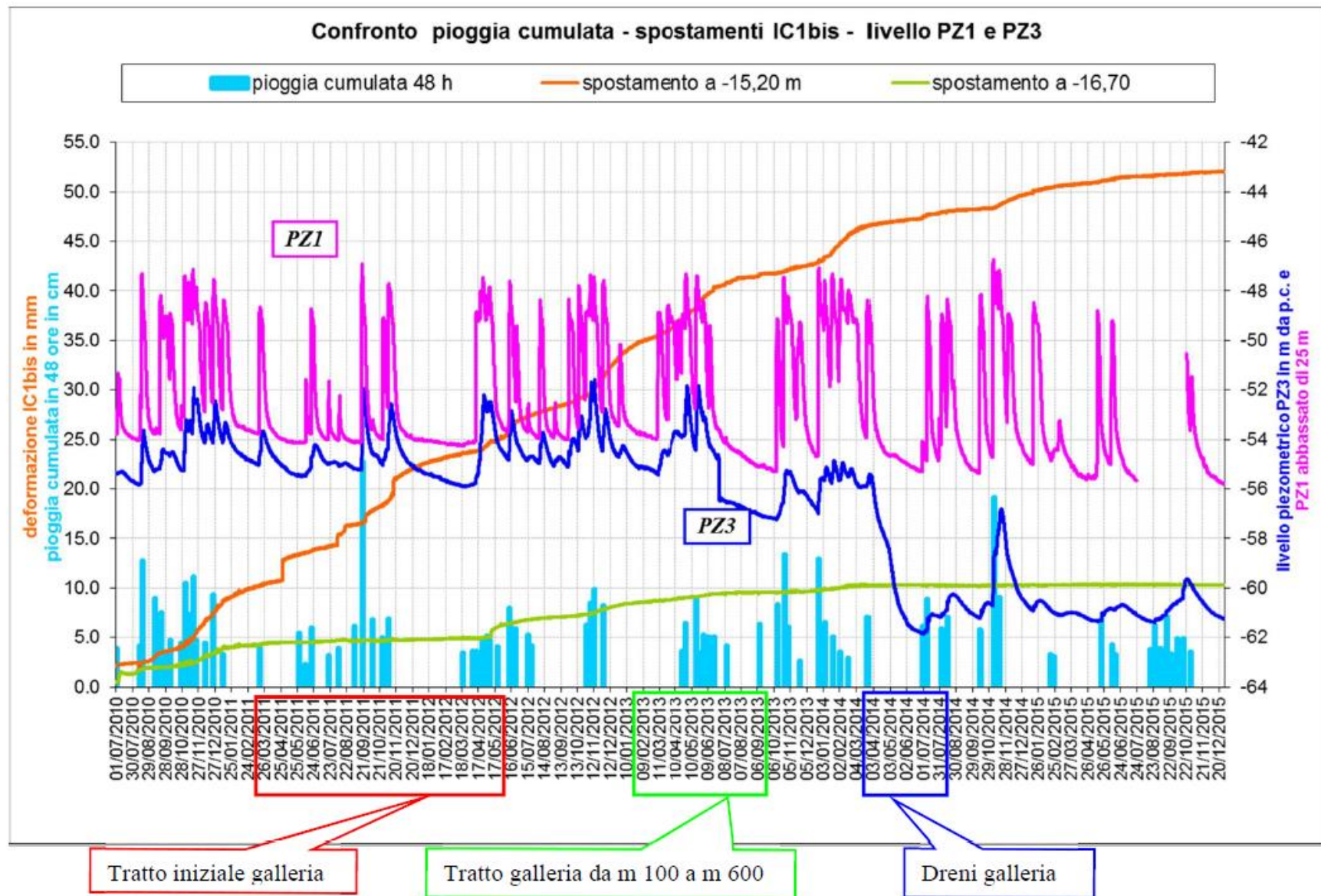
il movimento totale è misurato dalla lettura zero alla profondità di taglio indicata (T) e in superficie (S)

la velocità di movimento nel mese è calcolata dallo spostamento del mese diviso il numero dei giorni dalla precedente lettura moltiplicato per 365 (tra parentesi è indicata la

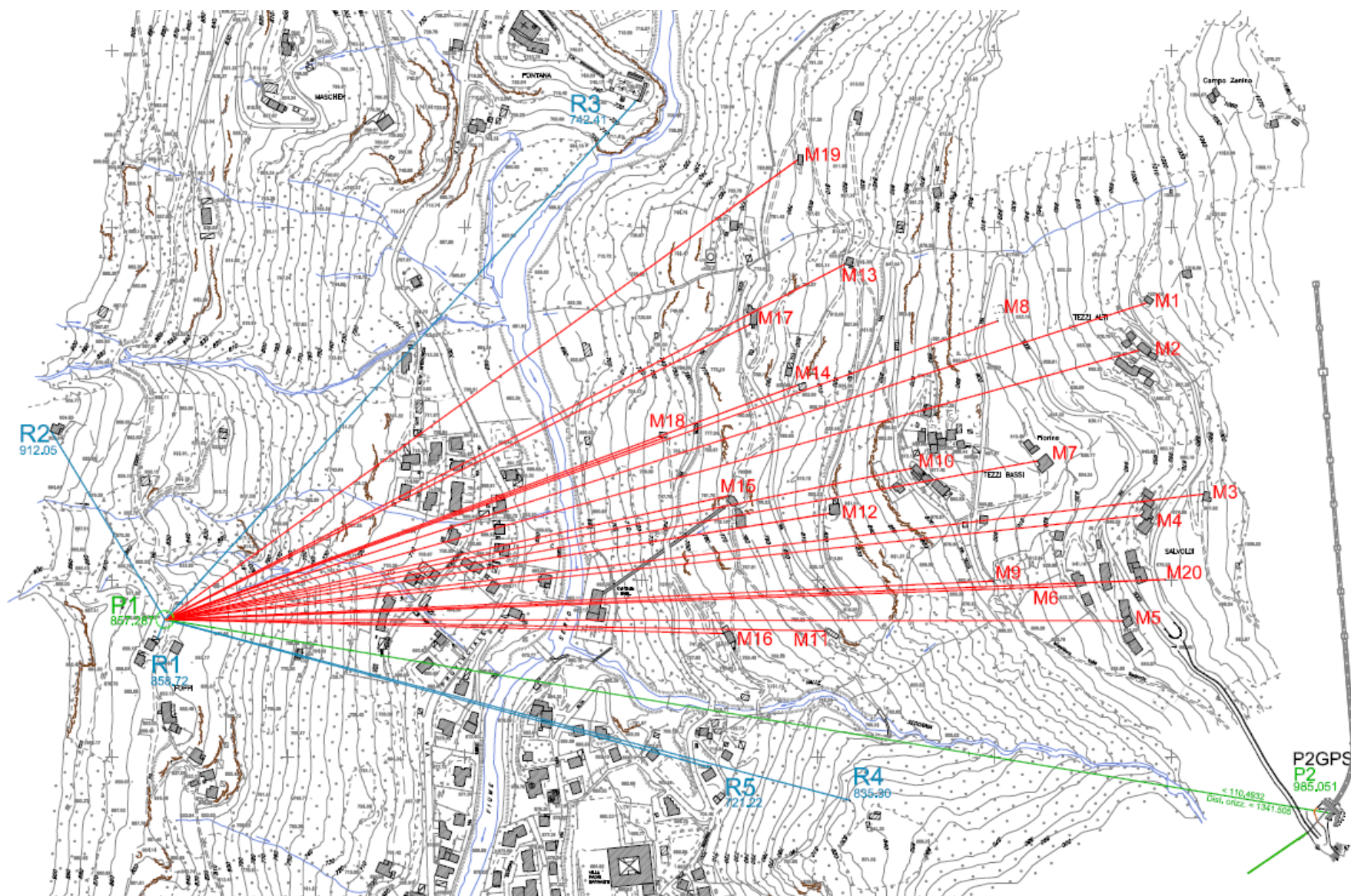
velocità media = spostamento totale diviso numero giorni da lettura zero moltiplicato per 365).

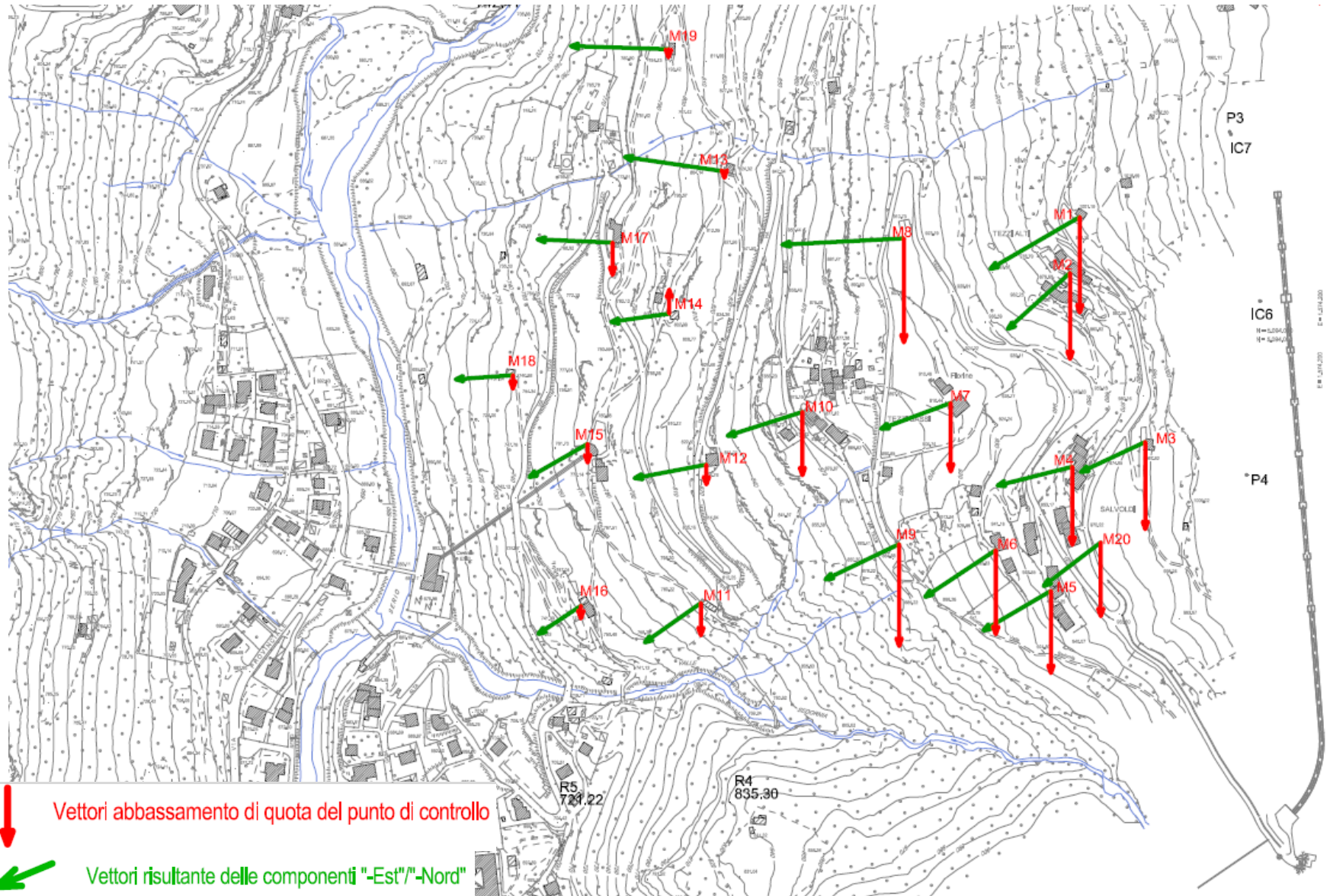
I dati di monitoraggio mostrano il progressivo rallentamento della frana, conseguenza dell'abbassamento della falda acquifera dovuta al drenaggio, (rapporto mensile di dicembre 2015 movimenti inferiori a 0,3 mm/mese) con una riduzione sensibile delle velocità annue e un generale abbassamento della superficie piezometrica.

MONITORAGGIO INCLINOMETRICO E PIEZOMETRICO



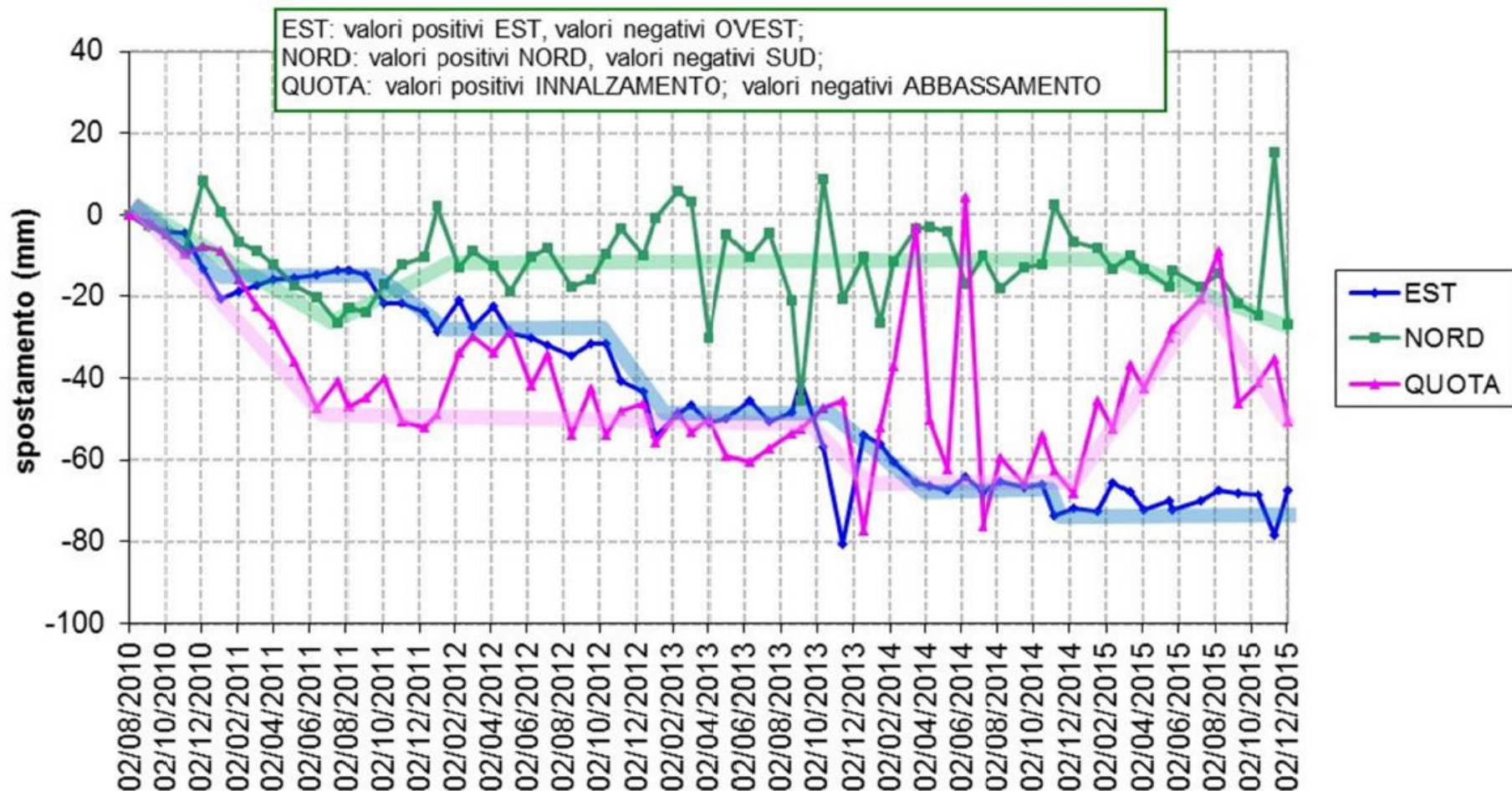
MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE





MONITORAGGIO TOPOGRAFICO DI SUPERFICIE

media punti distometrici 2010-2015



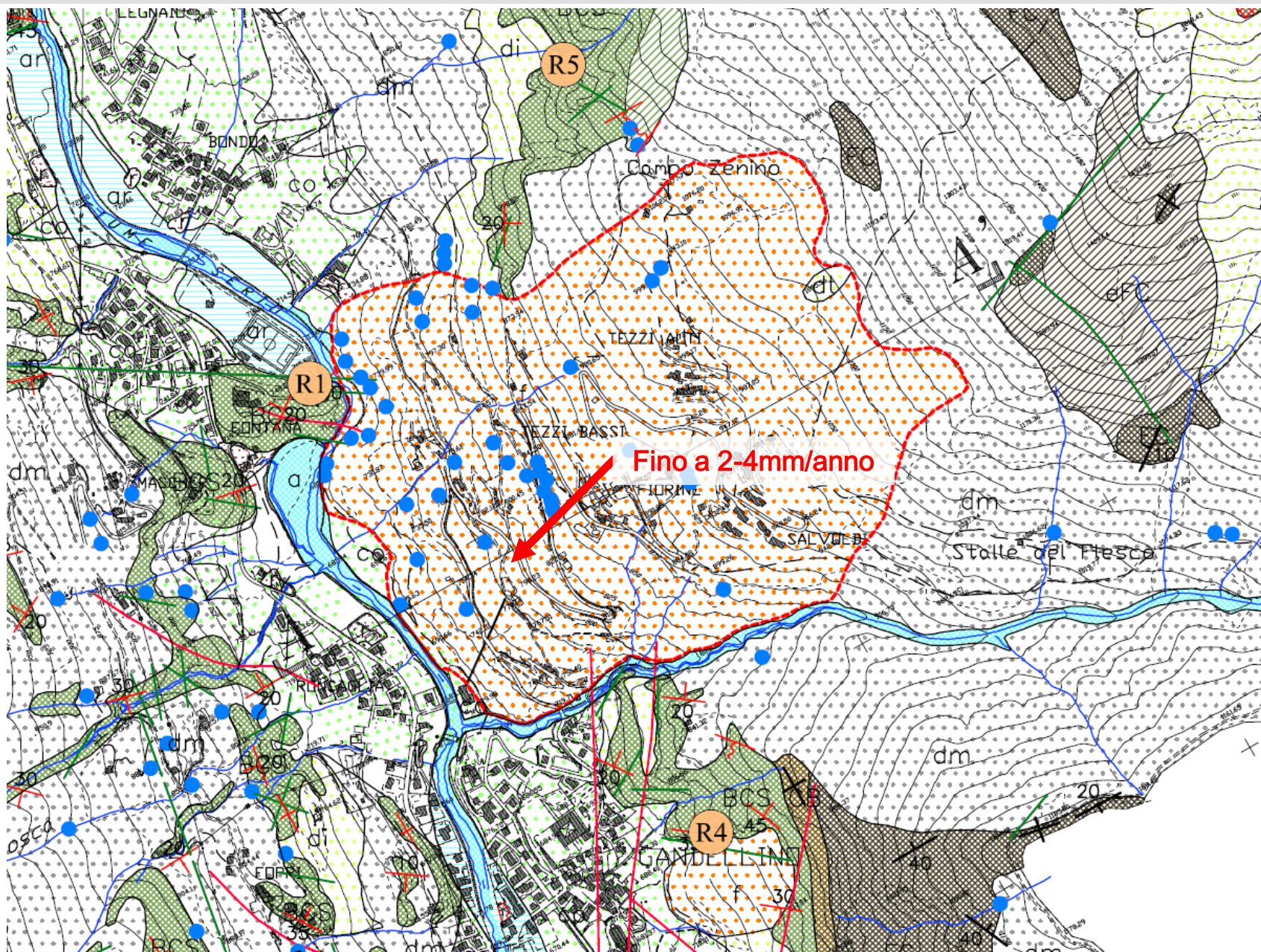
RISULTATI OTTENUTI

I dati di monitoraggio dimostrano l'efficacia nella stabilizzazione del versante in frana, espressa in sintesi nei seguenti punti:

- 1) **accentuato rallentamento, con tendenza all'arresto, del movimento franoso (2-4mm/anno)** dimostrato dalla netta diminuzione delle deformazioni registrate dagli inclinometri e dal monitoraggio distometrico;
- 2) **diminuzione dei livelli piezometrici rispetto alla situazione precedente l'intervento;**
- 3) **continuo emungimento della falda operato dai dreni e dalla stessa galleria** (minima portata 10 l/s, massima 18 l/s, su dati annuali 2015)

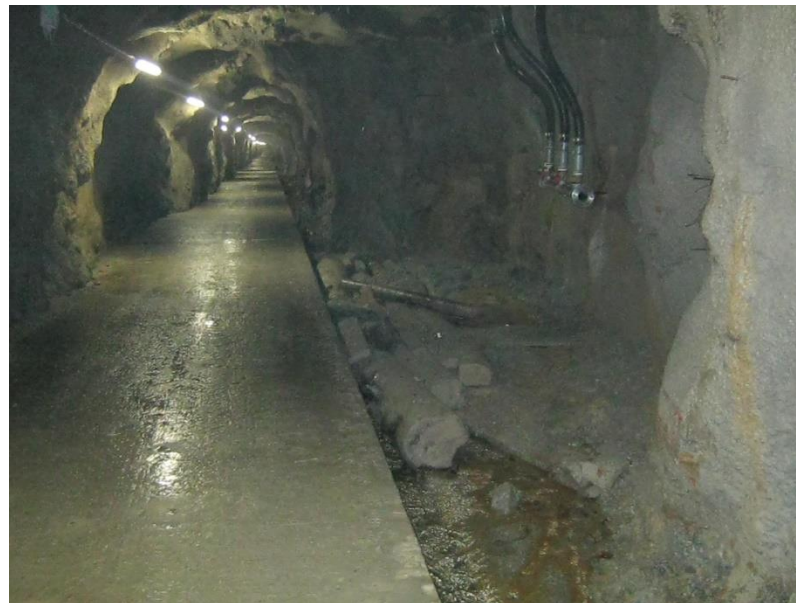


Opere di drenaggio profondo per la stabilizzazione di un versante in frana nel Comune di Gandellino (BG)



MARGINI DI MIGLIORAMENTO

- L'eventuale completamento della galleria fino allo sviluppo previsto nel progetto originario pari a 900 m permetterebbe un significativo miglioramento dell'effetto drenante.
- L'implementazione delle aste drenanti nella prima porzione di galleria potrebbe stabilizzare maggiormente il movimento franoso in quel settore, abbassando così ulteriormente il livello dei piezometri PZ4 e PZ1.



L'intervento è stato realizzato sotto l'alta sorveglianza di Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio, Urbanistica e difesa del suolo, a tal proposito si ringraziano:

- Geom. Candiani Vilfredo
- Dott. Enrico Sciesa
- Dott. Geol. Dario Fossati (Difesa del suolo – R.L.)
- Dott. Geol. Massimo Ceriani
- Dott. Geol. Carlo Toffaloni
- Dott. Geol. Michele Gargantini (Ster Bergamo)
- Dott. Ing. Carlo Merati (Ster Bergamo)
- Tutto lo staff di Regione Lombardia che ha seguito l'evoluzione del progetto

Si ringrazia ARPA Lombardia per la costruttiva collaborazione

Inoltre si ringraziano:

- il Presidente e l'Assessore preposto alla difesa del suolo della Comunità Montana Valle Seriana
- il Responsabile del Procedimento: Geom. Prescillo Balduzzi
- il Sindaco e gli Assessori del Comune di Gandellino che hanno seguito con attenzione i lavori

Grazie per l'attenzione