

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO DEFINITIVO**

**RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE VAL LEMME**

**Criteri di scelta degli interventi**

GENERAL CONTRACTOR	ITALFERR S.p.A.
Consorzio Cociv Project Manager Ing. E. Pagani  Data: 15/10/2015	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
A 3 0 1	0 0	D	C V	P Z	D P 0 4 0 0	0 1 1	E

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
E00	Prima emissione	Foltran <i>[Signature]</i>	15/10/2015	Panizza <i>[Signature]</i>	15/10/2015	A.Mancarella <i>[Signature]</i>	15/10/2015	

n. Elab.:	File: A301-00-D-CV-PZ-DP04-00-011-E00
-----------	---------------------------------------



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi

Foglio  
3 di 49

## INDICE

1.	PREMESSA .....	4
2.	CRITERI PROGETTUALI .....	4
3.	INTRODUZIONE ALLA GEOLOGIA REGIONALE .....	5
3.1	Gruppo di Voltri .....	6
3.2	Zona Sestri-Voltaggio .....	6
3.3	Unità Liguri s.l. ....	7
3.4	Bacino terziario Ligure-Piemontese (BTLP) .....	7
3.5	Geologia dell'area .....	8
3.6	Geologia locale .....	9
4	ANALISI GEOMECCANICA.....	13
4.1	Subarea 1 .....	15
4.2	Subarea 2 .....	17
4.3	Subarea 3 .....	18
4.4	Subarea 4 .....	19
5	GEOMORFOLOGIA.....	21
5.1	Evoluzione geomorfologica dell'area .....	21
5.2	Dissesti .....	25
5.2.1	Frane di scivolamento rotazionale e planare .....	26
5.2.2	Fenomeni di toppling diffuso.....	26
5.2.3	Frane di crollo .....	27
5.2.4	Toppling e scivolamenti di singoli blocchi .....	27
5.2.5	Massi instabili minori.....	30
5.2.6	Frane IFFI .....	31
5.3	Geomorfologia del tratto vallivo .....	33
5.4	Idrogeologia .....	33
5.4.1	Depositi alluvionali .....	33
5.4.2	Depositi di versante .....	33
5.4.3	Substrato.....	34
5.4.4	Conclusioni .....	34
6	I DATI DEL MONITORAGGIO TOPOGRAFICO.....	35
7	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	38
8	BIBLIOGRAFIA .....	39

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 4 di 49

## 1. PREMESSA

Nell'ambito dei lavori di progettazione della tratta A.V./A.C. Milano-Genova "Terzo valico dei Giovi" è prevista la riqualificazione ambientale della cava ex-Cementir, ubicata in sinistra orografica al T. Lemme in comune di Voltaggio. Nella cava, posta nei pressi della finestra "Val Lemme", verrà conferito il materiale di smarino proveniente dalla galleria ferroviaria principale.

La presente relazione di Progetto Definitivo affronta in modo specifico le problematiche inerenti alla stabilità della parete di cava, fornendo indicazioni progettuali di messa in sicurezza del fronte di cava, sia in fase di riempimento della stessa, sia in fase di esercizio, a riempimento ultimato.

Tali indicazioni derivano da uno studio geologico e geomeccanico della parete, che ha compreso il rilevamento geostrutturale di tutto il fronte di cava, l'esecuzione di 14 stendimenti geostrutturali, il rilevamento dei massi instabili, l'analisi fotogrammetrica del vicino accoppiata ad un rilievo mediante laser scanner, i calcoli di verifica di stabilità all'equilibrio limite e le simulazioni numeriche della traiettoria dei massi.

## 2. CRITERI PROGETTUALI

I criteri progettuali si basano principalmente sul minimo impatto ambientale e sulla sicurezza a lungo termine rispetto all'ambiente circostante dato che l'area di stoccaggio definitivo ricade ai margini del Parco Naturale delle Capanne di Marcarolo.

La situazione geomorfologica della parete, ha consigliato di riprofilare il rilevato di smarino in modo da creare strutture per il contenimento del materiale proveniente da cadute di blocchi e/o frane dalle pareti del versante roccioso. In particolare si prevede la costruzione di un rilevato paramassi e di una vasca di accumulo, di circa 110.000 m<sup>3</sup>, che garantiranno la sicurezza a lungo termine nei confronti della naturalità del corso del t. Lemme.

Inoltre sono previsti interventi di tipo passivo e attivo in parete in modo da garantire la sicurezza in corso d'opera.

La sicurezza nel corso di realizzazione del rilevato sarà garantita dall'installazione a tre quote altimetriche distinte di reti paramassi ad alto assorbimento energetico. La posizione planimetrica delle reti è stata definita mediante simulazioni numeriche ed è stata tenuta in considerazione la facilità di accesso, che agevola e permette eventuali operazioni manutentive.

Per quanto riguarda la sistemazione del fronte di cava è stato utilizzato il criterio del minimo impatto ambientale rispettando le gradonature esistenti e intervenendo solamente sulle porzioni maggiormente instabili. Sono previsti interventi attivi in parete mediante messa in sicurezza tramite disaggio leggero di limitate porzioni di parete e disaggio pesante solo di alcuni blocchi instabili e

la messa in opera di sistemi di monitoraggio in corrispondenza dei blocchi destabilizzabili secondo cinematicismi di toppling.

### 3. INTRODUZIONE ALLA GEOLOGIA REGIONALE

Il tracciato della linea ferroviaria del "Terzo Valico dei Giovi", interessa un'area che si estende da Genova a Tortona e si sviluppa attraverso un insieme eterogeneo di unità geologico strutturali, comprendendo il contatto tra le estremità della catena alpina (ad ovest) e della catena appenninica settentrionale (verso est): tale contatto, noto in letteratura come Zona Sestri-Voltaggio, separa il Gruppo di Voltri ad ovest dalle unità Liguri s.l. ad est. Queste unità geologico strutturali sono ricoperte a nord dalle successioni sedimentarie del Bacino Terziario Ligure-Piemontese e dai depositi detritici quaternari della Pianura Padana (bacino di Alessandria) (Figura 1).

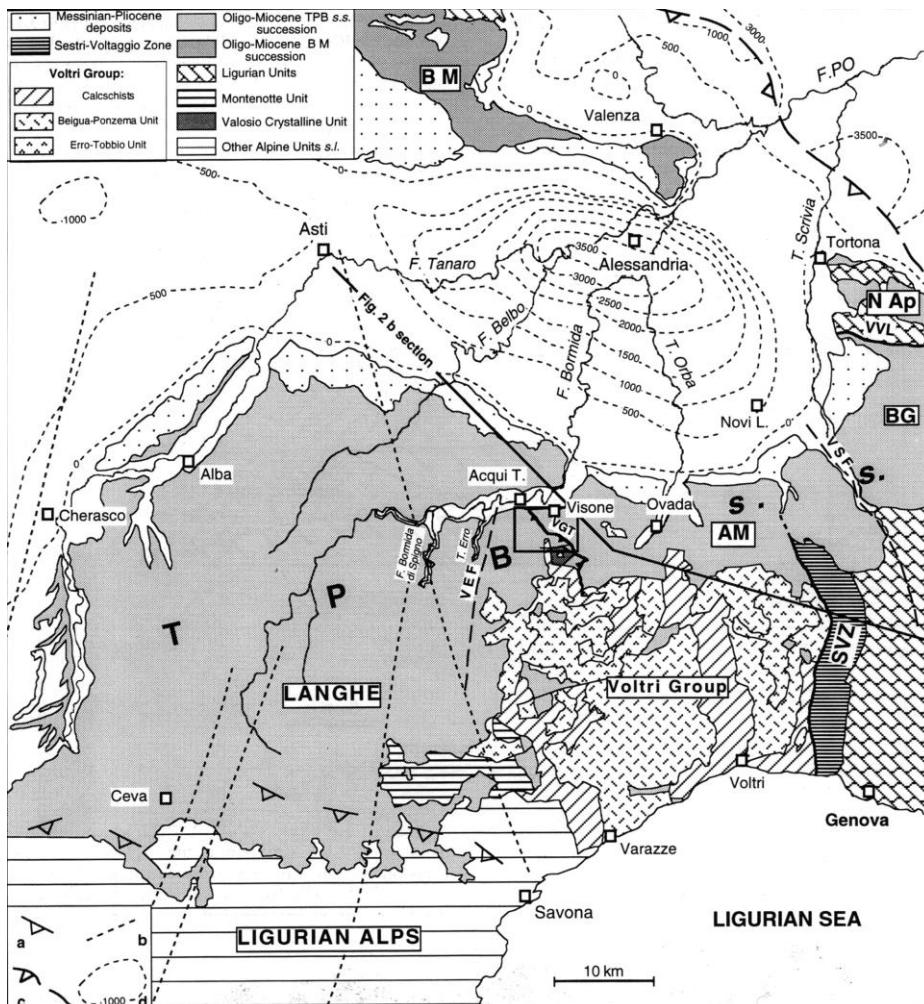


Figura 1: schema geologico – strutturale

L'assetto strutturale si presenta articolato e complesso in quanto le tre grandi unità geologico-strutturali (Gruppo di Voltri, Zona Sestri-Voltaggio e Unità Liguri s.l.) oltre a presentare una marcata

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 6 di 49

deformazione a carattere duttile sono strutturate in un sistema a falde generatesi durante eventi deformativi polifasici.

### 3.1 Gruppo di Voltri

Il Gruppo di Voltri si estende ad Ovest della Zona Sestri-Voltaggio. Esso è costituito da diverse unità riferibili ad originarie associazioni gabbro-peridotitiche attualmente rappresentate da serpentiniti antigoritiche e metagabbri eclogitici (Unità Beigua, Ponzema, Erro-Tobbio) e da originarie associazioni di vulcaniti basaltiche e sequenze sedimentarie di tipo oceanico, attualmente rappresentate da prasiniti e calcescisti (Unità Voltri-Rossiglione, Alpicella, Ortiglieto, Palmaro-Caffarella) (Chiesa et al., 1975; Cortesogno & Haccard, 1984).

L'evoluzione metamorfica registrata dai litotipi del Gruppo di Voltri presenta sia un'impronta metamorfica di alta pressione (facies scisti blu e/o eclogitica; Unità Beigua-Ponzema, Voltri-Rossiglione; Erro-Tobbio) che paragenesi retrograde in facies scisti verdi (Unità Palmaro-Caffarella) (Messiga & Piccardo, 1974; Cortesogno & Haccard, 1984; Piccardo et al., 1988; Scambelluri et al., 1991; Messiga et al., 1992).

Per quanto concerne le età delle rocce appartenenti al Gruppo di Voltri, queste sono generalmente attribuite al Giurassico medio e superiore e/o al Cretaceo inferiore (età dei protoliti) (Vanossi et al., 1984; Cortesogno & Haccard, 1984; Marini, 1998).

### 3.2 Zona Sestri-Voltaggio

La Zona Sestri-Voltaggio si presenta come una fascia allungata in senso Nord-Sud, compresa tra le Unità Liguri s.l. ad Est e il Gruppo di Voltri ad Ovest (Figura 2). Il contatto con quest'ultimo è caratterizzato dalla "linea Sestri-Voltaggio", una superficie di faglia subverticale orientata indicativamente Nord-Sud, osservabile su circa 24 km, e con associate brecce cataclastiche; il contatto con le Unità Liguri è principalmente di tipo duttile.

La Zona Sestri – Voltaggio è costituita dalle unità del M. Gazzo-Isoverde, di Crvasco-Voltaggio e di Timone-Bric Teiolo (Marini, 1998).

L'Unità del M. Gazzo-Isoverde (Unità Triassico-Liassica di Haccard, 1976) è contraddistinta da prevalenti litotipi carbonatici e fillosilicatici di età variabile dal Trias superiore al Giurassico inferiore.

L'Unità di Crvasco-Voltaggio presenta gli elementi di una sequenza ofiolitica completa, i cui litotipi sono attribuiti ad età dal Giurassico superiore al Cretaceo inferiore. Le paragenesi metamorfiche indicano condizioni di pressione e temperatura in facies scisti-blu.

L'Unità di Timone-Bric Teiolo (Unità del M. Figogna di Haccard, 1976), giurassico superiore-cretacea inferiore, ha carattere ofiolitico, ma a differenza dell'unità precedente è priva di termini gabbri e presenta coperture peculiari. Il metamorfismo è in facies pumpellyte-attinolite.

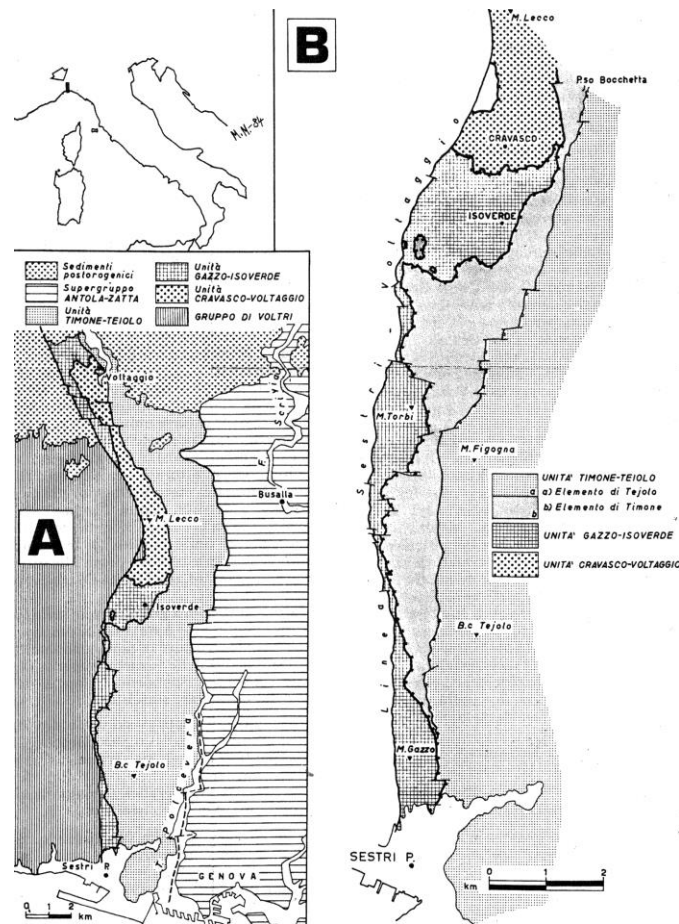


Figura 2: schema strutturale della Zona Sestri – Voltaggio, da Marini (1984)

### 3.3 Unità Liguri s.l.

Le Unità Liguri s.l., o flysch liguridi, affiorano immediatamente ad Est della Zona Sestri-Voltaggio e sono caratterizzate in prevalenza da sequenze terrigene di tipo torbiditico. Nell'area attraversata dalla ferrovia in progetto si riconoscono due unità maggiori: l'Unità della Val Polcevera e quella del M. Antola (Marini, 1998). Studi sulla cristallinità dell'illite e sulla riflettanza della vitrinite hanno permesso di attribuire condizioni da epi- ad anchimetamorfiche all'Unità Val Polcevera e da anchimetamorfiche a diagenetiche all'Unità Antola (Marini, 1998).

L'Unità della Val Polcevera (Flysch di Busalla di Haccard, 1976), di supposta età cretacea superiore, è costituita da sequenze emipelagiche alternate a sequenze torbiditiche marnoso calcarenitiche o siltoso arenacee.

L'Unità del M. Antola, cretacea superiore, è costituita da un complesso di base emipelagitico e da una porzione superiore torbiditica marnoso- calcarenitica nota come "flysch a Helmintoïdes" (auct.).

### 3.4 Bacino terziario Ligure-Piemontese (BTLP)

Con il termine di "Bacino Terziario Ligure-Piemontese" viene indicato il complesso di sedimenti molassici terziari che costituiscono i rilievi collinari del settore sud orientale del Piemonte. Il margine meridionale del BTLP è costituito da una potente successione di rocce sedimentarie terrigene oligo-mioceniche relativamente poco deformate che riposa in discordanza su unità intensamente

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi

tettonizzate, di pertinenza sia alpina che appenninica, che ne rappresentano il substrato (Ghibaudo et al., 1985).

Le diverse unità del BTLP sono contraddistinte da formazioni conglomeratiche, arenacee e marnose che hanno mediamente giacitura monoclinale debolmente inclinata con immersione verso Nord / Nord-Ovest. La successione monoclinale costituente il margine meridionale del bacino è bruscamente troncata all'estremità orientale dalla linea Villalvernia-Varzi, che la pone in contatto con i terreni deformati di pertinenza appenninica.

### 3.5 Geologia dell'area

Nell'area circostante l'ex cava Cementir affiorano i litotipi e le unità note in letteratura come appartenenti alla Zona Sestri-Voltaggio, e in particolare all'unità di Cravasco-Voltaggio che è rappresentata da:

Serpentiniti - (Giurassico sup. – medio). Le serpentiniti hanno generalmente un aspetto milonitico - cataclastico e si osservano in affioramenti di modesta estensione areale. Una debole scistosità può essere talora riscontrata, mentre più raramente sono riconoscibili le strutture primarie di rocce lherzolitiche od harzburgitiche.

A Sud di Lencisa le serpentiniti sembrano rappresentare il substrato stratigrafico di Diaspri e Filladi; mentre quando si presentano come corpi scollati dalle coperture sono solitamente localizzate lungo il contatto tra l'unità Cravasco-Voltaggio e quella M. Gazzo-Isoverde (Cortesogno & Haccard, 1984).

Metagabbri - (Giurassico sup. – medio). I metagabbri formano un ammasso allungato in direzione N – S in corrispondenza del M. Leco: l'ammasso presenta limiti tettonici con tutte le unità contigue ed in particolare, ad ovest è limitato dalla linea Sestri-Voltaggio (Marini, 1998).

Dal punto di vista litologico si tratta di gabbri tipo "eufotide" (a clinopirosseno e rara olivina) a grana da media a medio – grossa, con sacche a grana pegmatoide; sono presenti locali intrusioni di filoni basaltici (Cortesogno & Haccard, 1984) e piccole masse Fe-dioritiche.

Tali gabbri sono frequentemente laminati ed è riconoscibile una prima associazione mineralogica (orneblenda e clinopirosseno non primari), propria di un evento tipico di metamorfismo oceanico, seguita poi dalle paragenesi in facies scisti blu ad albite, lawsonite, anfibolo sodico, titanite, clorite e pumpellyte sviluppatasi durante il metamorfismo alpino (Cortesogno & Haccard, 1984)

Lo spessore originario dell'ammasso, non determinabile perché mancano i riferimenti stratigrafici superiore e inferiore, supera sicuramente i 250 metri.

Metabasalti -(Giurassico sup. –medio). Si tratta di metabasalti spesso foliati, con metamorfismo in facies scisti blu. Il protolito era rappresentato da basalti, anche a grana grossa, sia massicci che con strutture a pillows. Le paragenesi metamorfiche in facies scisti blu comprendono anfibolo sodico, pumpellyte e lawsonite (Chiesa et al., 1977).

Lo spessore massimo degli affioramenti della zona di Cravasco non supera i 100 – 120 metri.

Affiorano estesamente a NE di Cravasco, presentando solitamente un limite inferiore tettonico, mentre nella zona di Voltaggio mostrano contatti primari con i gabbri (Cortesogno & Haccard, 1984).

Il limite superiore è stratigrafico ed interessa la formazione dei Diaspri o dei Calcari di Voltaggio (Marini, 1998).

Diaspri - (Giurassico sup.): Si tratta di scisti silicei e radiolariti scistose, di colore rosso vinaccia, fortemente ricristallizzati, talora con giunti fillosilicatici. Si osservano in piccoli affioramenti a Nord di Cravasco, costituendo un livello discontinuo stratigraficamente compreso tra i Metabasalti, alla



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 9 di 49

base, ed i Calcari di Voltaggio. La potenza non supera mai la decina di metri (Marini, 1998). Cortesogno & Haccard (1984) segnalano inoltre locali intercalazioni di areniti ofiolitiche. Sono originariamente riferibili a livelli di radiolariti e selci.

Calcari di Voltaggio - (Neocomiano - Totoniano sup.): La formazione dei Calcari di Voltaggio è costituita da calcari cristallini grigi con almeno due scistosità sovrapposte, spesso a grana grossa, con livelli sottili ricchi in fillosilicati (Marini, 1998). Tale formazione è anche nota sotto il termine di "Calcaires pointillés" (Cortesogno & Haccard, 1979). Generalmente questi litotipi presentano abbondante frazione quarzosa e micacea, indicanti un'origine detritica.

Verso la parte basale della sequenza, al contatto coi Diaspri, si possono incontrare alcuni metri di calcari cristallini bianchi ricchi di quarzo microcristallino.

Il limite stratigrafico inferiore è determinato dai Diaspri o, in loro assenza, direttamente dall'unità basaltica; il limite stratigrafico superiore è rappresentato dal passaggio graduale alle Metargilliti filladiche.

Lo spessore massimo degli affioramenti oscilla fra 50 – 60 metri e 100 metri, ma in considerazione delle diffuse deformazioni per pieghe e trasposizioni della stratificazione, lo spessore originario poteva anche essere inferiore.

L'ambiente di deposizione delle originarie sequenze calcareo-silicee e calcareo-marnose era presumibilmente di tipo pelagico. I Calcari di Voltaggio presentano una spiccata analogia di facies con i Calcari a Calpionella dell'Appennino settentrionale (Cortesogno & Haccard, 1984).

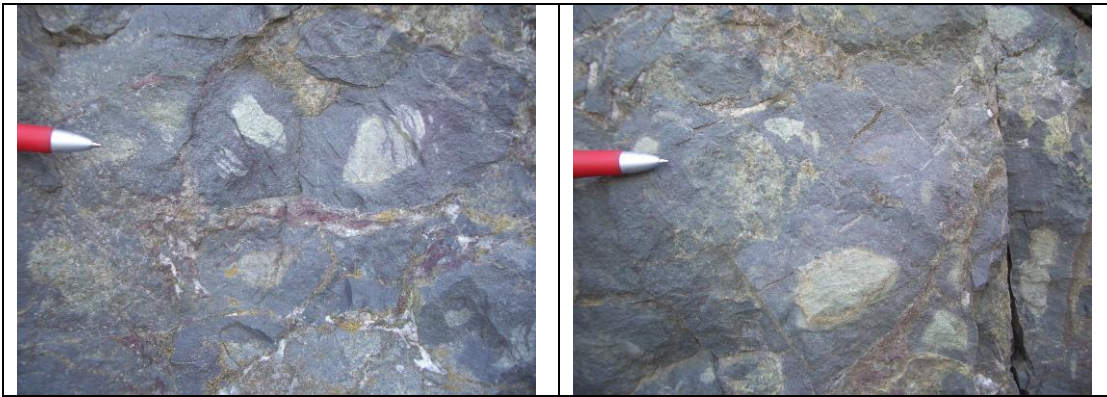
Metargilliti filladiche - (Cretaceo inf.): Si tratta di metapeliti di colore nero, spesso lastroidi, con liste di quarzo microcristallino, che verso il basso presentano rare intercalazioni di calcari cristallini foliati (Marini, 1998). Non si conoscono unità che vi si sovrappongano stratigraficamente, mentre, verso il basso, passano gradualmente ai Calcari di Voltaggio.

Lo spessore non è definibile e la sua età, in considerazione del fatto che rappresentano l'omologo delle Argille a Palombini delle Unità Liguri s.l. per posizione stratigrafica ed appartenenza a successioni ofiolitiche comprendenti gabbri, potrebbe essere stimata come cretacea inferiore.

### 3.6 Geologia locale

In corrispondenza della cava ex Cementir affiorano metabasalti, rari scisti pelitici color vinaccia (Diaspri) e marmi impuri grigiastri (Calcari di Voltaggio),.

I metabasalti sono rappresentati principalmente da brecce a clasti subarrotondati di metabasalti (Figura 3) con locali livelli lenticolari e/o a geometria più o meno variabile di quarziti con colore verde e vinaccia. Sono inoltre presenti lenti decimetriche di scisti color vivaccia, affioranti a quota 500-550 m circa nel lato settentrionale dell'area rilevata e rari filoni basaltici di spessore metrico (Figura 4).



**Figura 3: aspetto tipico delle breccie basaltiche.**



**Figura 4: sinistra: radiolariti vinaccia e verde scuro. Destra: filone basaltico.**

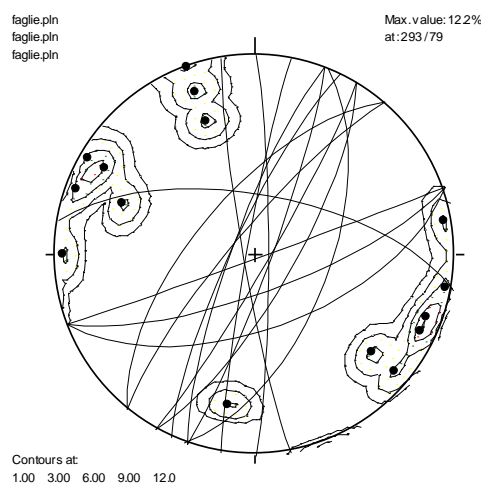
I Calcari di Voltaggio sono caratterizzati da bancate decimetriche, localmente metriche, con locali intercalazioni filladiche di spessore variabile da submetrico a plurimetrico. Si tratta di marmi grigiastri a grana media con presenza di mica, che localmente definisce una debole foliazione, e di vene biancastre di calcite. Sono presenti diversi sistemi di giunti che determinano un grado di fratturazione molto variabile. Localmente, lungo i piani dei giunti si osserva la presenza di sottili patine filladiche.

In corrispondenza della cava la foliazione principale è subparallela alle superfici di stratificazione e i relativi sistemi di giunti ad essi sovrimposti sono difficilmente distinguibili. La presenza sporadica di pieghe aperte, che localmente sono assai simili a delle *kink band*, causa il passaggio dei giunti subparalleli alla stratificazione da una condizione a franapoggio più inclinata del pendio ad una situazione a reggipoggio (Figura 5).



**Figura 5: pieghe aperte che causano il passaggio da una situazione franapoggio più inclinato del pendio ad una situazione a reggipoggio molto inclinato.**

Specie nel lato meridionale della cava l'ammasso roccioso appare più fratturato. Tale fratturazione è indotta dalla linea Sestri-Voltaggio che passa nel fondovalle (diretta circa N-S) e da almeno altri due sistemi minori, subverticali, ad essa trasversali e diretti rispettivamente N30-210° e N80-260° (Figura 6).



**Figura 6: diagramma di Smidth con indicazione dei dati relativi alle faglie.**

Le rocce di faglia sono rappresentate da breccie coesive, con potenza variabile da 1 m fino a 3 m circa, sulle cui salbande si osservano fenomeni di alterazione con formazione di prodotti terrosi di colore giallastro aventi spessore molto variabile e generalmente con spessore compreso tra pochi centimetri ed alcuni decimetri. Solo in rasi casi la breccia appare totalmente alterata (Figura 7).



**Figura 7: sinistra: breccie cataclastiche coesive non alterate. Destra: breccie di faglia alterate (lo spessore medio è di circa 1 m).**

## 4 ANALISI GEOMECCANICA

In questo capitolo sarà descritto il procedimento utilizzato per la classificazione dell'ammasso roccioso attraverso il metodo dell'RMR System introdotto da Beniaowsky. Tale classificazione consente di formulare un'analisi qualitativa dell'ammasso roccioso esaminato ed in particolare di suddividere l'ammasso in settori di comportamento simile, o classi di diversa qualità.

Si è applicato tale metodo classificativo su ciascun standimento strutturale, suddividendo in tal modo l'ammasso roccioso in aree strutturali discrete in modo che i diversi parametri siano distribuiti omogeneamente per ciascuna area.

La classificazione RMR System utilizza i seguenti parametri:

1. Resistenza della roccia alla compressione monoassiale;
2. RQD (Rock quality designation);
3. Spaziatura delle discontinuità;
4. Condizioni delle discontinuità;
5. Condizioni idrogeologiche;
6. Orientamento delle discontinuità.

Il metodo consiste nell'assegnare ad ogni parametro degli indici specifici che vengono successivamente sommati in modo da ricavare l'RMR.

$$RMR = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6$$

Il valore numerico dell'indice RMR risulta compreso tra 0 e 100 e ad esso fa riferimento una classe rocciosa rappresentata da un campo di variabilità degli indici RMR per un totale di cinque classi (cfr Tabella 1).

RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
Classe	I	II	III	IV	V

**Tabella 1 Classi geomeccaniche e relativi valori RMR di Beniaowsky (1973).**

Successivamente a ciascun RMR è stata introdotta una correzione attraverso la classificazione di Romana che tiene conto di fattori correttivi specifici per pendii e fronti di scavo, ricavando in questo caso un indice finale SMR.

L'indice SMR prende in considerazione i casi di scivolamento planare e di ribaltamento (toppling). I diversi fattori correttivi traducono gli effetti dovuti al rapporto tra la giacitura dei giunti e quella del pendio o imputabili all'origine del pendio (naturale o artificiale). Il procedimento consiste nel determinare l'indice SMR per ogni famiglia di giunti e di considerare il valore minore ottenuto.

$$SMR = RMR - | F1 + F2 + F3 | + F4$$

dove:

F1 dipende dalla relazione tra l'orientazione dei giunti e quella del versante;

F2 dipende dalla presenza del giunto

F3 dipende dal rapporto tra l'inclinazione dei giunti e del pendio

F4 dipende dal disturbo che il metodo di scavo induce sulla roccia

Attraverso l'analisi con la classificazione di Romana si è potuto assegnare ad ogni stendimento un campo di valori min/max dell'indice SMR (cfr. Tabella 2).

Stendimento	RMR Beniaowsky	Classe	SMR Romana	Classe
1	71	II	67-49	II-III
2	70	II	70-57	II-III
3	65	II	65-61	II
4	66	II	66-53	II-III
5	43	III	39-21	IV
6	67	II	63-45	II-III
7	57	III	53-35	III-IV
8	68	II	64-46	II-III
9	63	II	59-41	III
10	64	II	60-42	III
11	62	II	61-56	II-III
12	70	II	66-48	II-III
13	70	II	66-48	II-III
14	70	II	67-48	II-III

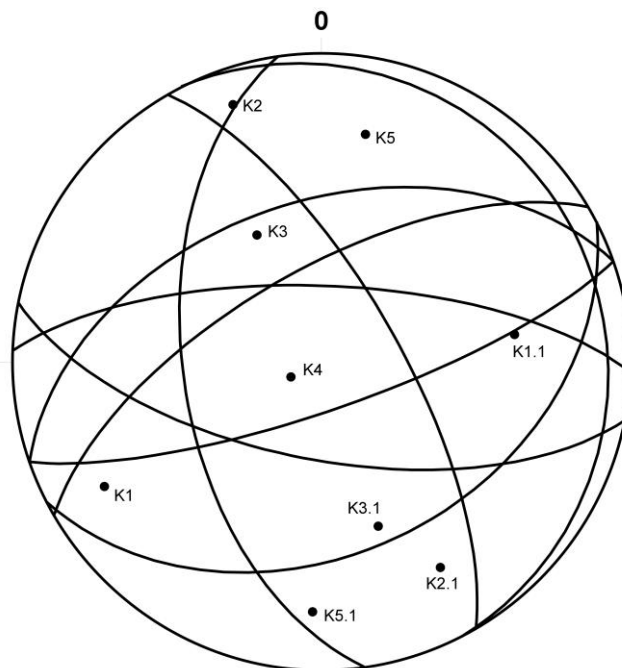
**Tabella 2 Valori di RMR e SMR per i diversi stendimenti geomeccanici.**

L'esecuzione dei 14 stendimenti strutturali ha permesso di misurare 638 discontinuità secondarie rappresentate principalmente da giunti, giunti-faglia e fratture e 178 valori di scistosità, mediamente orientata con immersione tra N50 e N80 ed inclinazione di circa 75°. Dall'analisi strutturale dei dati si evidenzia la presenza di diversi sistemi pervasivi, alcuni dei quali coniugati tra loro (cfr. Figura 8). I sistemi maggiormente rappresentativi presenti nell'area sono:

- K1 60/70
- K1.1 262/53
- K2 161/77;
- K2.1 330/66;
- K3 153/38
- K3.1 341/47

e tre sistemi meno pervasivi:

- K4 63/9
- K5 191/64
- K5.1 2/70



**Equal area projection, lower hemisphere**

**Figura 8: stereogramma delle discontinuità principali misurate nell'area.**

Si può notare che i sistemi K1.1, K2.1, K3.1 e K5.1 rappresentano sistemi coniugati dei relativi K1, K2, K3 e K5 e che mediamente i sistemi presentano inclinazioni a medio-alto angolo ad esclusione del sistema K4 e K3 che sono invece rappresentati da piani a basso angolo.

Dall'analisi geomeccanica è possibile suddividere l'area in quattro subaree omogenee.

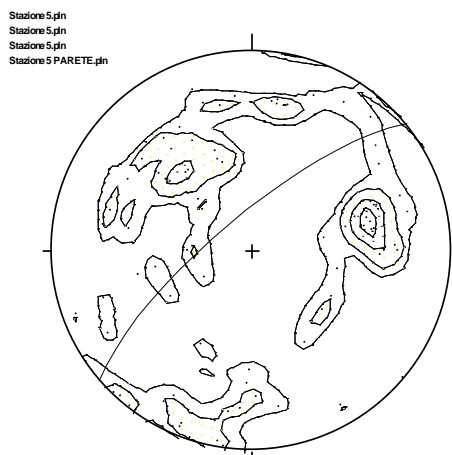
- Sub - area 1 (stendimento n°5)
- Sub - area 2 (stendimenti n°2-3-4)
- Sub - area 3 (stendimenti n°1-7-9)
- Sub - area 4 (stendimenti n°6-8-10-11-12-13-14)

Qui di seguito vengono riassunti i dati degli stendimenti suddivisi in subaree e gli stereo plot delle discontinuità misurate.

#### **4.1 Subarea 1**

La subarea 1 è caratterizzata dalla presenza di diversi sistemi di giunti misurati principalmente nello stendimento strutturale n° 5; i giunti con carattere pervasivo sono principalmente rappresentati dai sistemi:

- K1 60/70; K1.1 262/53; K3 153/38



**Figura 9: stereogramma delle discontinuità principali misurate nella subarea 1.**

I parametri di spaziatura, persistenza ed apertura dei tre sistemi principali sono sintetizzati nella Tabella 3 in cui si nota che la maggioranza delle discontinuità è rappresentata da giunti con spaziatura media di 67 cm, persistenza < 1 m e apertura > di 1 mm. Tutto ciò è in accordo con il carattere intensamente fratturato della subarea, che rappresenta infatti l'area con la peggior qualità geomeccanica, a conferma anche del basso valore di SMR 21-39 ricavato con la classificazione di Romana. In generale quindi l'ammasso roccioso presente in tale subarea può essere classificato di qualità scadente ed appartenente alla classe geomeccanica IV.

SUBAREA 1	
	STENDIMENTO 5
Spaziatura media (m)	0,67
<b>persistenza (m)</b>	
	%
<0,5	47,5
0,5-1	41,5
1-3	11,5
3-10	
10-20	
>20	
<b>Apertura (mm)</b>	
	%
0	0,5
<0,1	7,4
0,1-1	18,7
1-5	59,4
>5	13,8

**Tabella 3 Distribuzione percentuale dei parametri di spaziatura, persistenza e apertura nella subarea 1.**

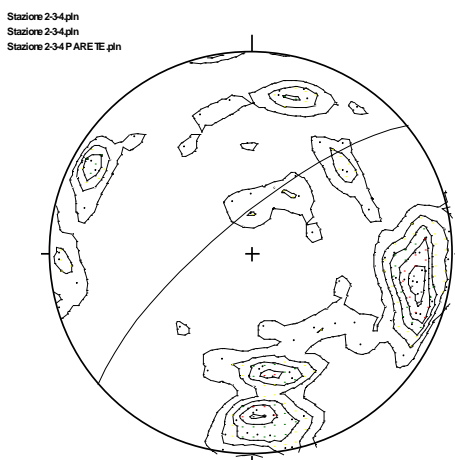


GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 17 di 49

## 4.2 Subarea 2

La subarea 2 è caratterizzata dalla presenza di sistemi di giunti misurati principalmente negli stendimenti strutturali n° 2, 3 e 4; i giunti con carattere pervasivo sono principalmente rappresentati dai sistemi:

- Stendimento 2: K1.1 262/53
- Stendimento 3: K1.1 262/53; K3.1 341/47
- Stendimento 4: K1.1 262/53; K3.1 341/47



**Figura 10: stereogramma delle discontinuità principali misurate nella subarea 2.**

I parametri di spaziatura, persistenza ed apertura dei tre sistemi principali sono sintetizzati nella Tabella 4 in cui si nota che la maggioranza delle discontinuità è rappresentata da giunti con spaziatura variabile da 74 a 91 cm, generale persistenza < 3 m e aperture in genere comprese tra 1 e 5 mm. Tutto ciò è in accordo con il carattere mediamente fratturato della subarea, rappresentata infatti da qualità geomeccanica da buona a discreta, confermata anche dai valori di SMR ricavati nella classificazione di Romana e compresi tra 53 e 70. In generale quindi l'ammasso roccioso presente in tale subarea può essere classificato a qualità da buona a discreta ed è ricadente tra la classe II e la classe III.

SUBAREA 2			
	STENDIMENTO 2	STENDIMENTO 3	STENDIMENTO 4
Spaziatura media (m)	0,91	0,74	0,79
persistenza (m)	%	%	%
<0,5		37,5	
0,5-1	66,7	37,5	29,1
1-3	33,3	25	70,8
3-10			
10-20			
>20			
Apertura (mm)	%	%	%
0			
<0,1	7,7	4,3	4,3
0,1-1	27,7	24,1	24,1
1-5	36,9	44,1	44,1
>5	27,7	27,4	27,4

Tabella 4 Distribuzione percentuale dei parametri di spaziatura, persistenza e apertura nella subarea 2.

### 4.3 Subarea 3

La subarea 3 è caratterizzata dalla presenza di sistemi di giunti misurati principalmente negli stendimenti strutturali n° 1, 7 e 9; i giunti con carattere pervasivo sono principalmente rappresentati dai sistemi:

- Stendimento 1: K1 60/70
- Stendimento 7: K1 60/70; K2.1 330/66; K3 153/38
- Stendimento 9: K1 60/70; K3.1 341/47

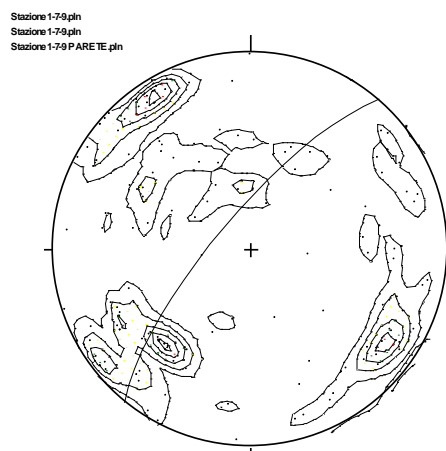


Figura 11: stereogramma delle discontinuità principali misurate nella subarea 3.

I parametri di spaziatura, persistenza ed apertura dei tre sistemi principali sono sintetizzati nella Tabella 5 in cui si nota che la maggioranza delle discontinuità è rappresentata da giunti con

spaziatura variabile da 55 a 83 cm, generale persistenza < 3 m e aperture > di 1 mm. Anche in questo caso ciò è in accordo con il carattere fratturato della subarea, rappresentata infatti da qualità geomeccanica da discreta a mediocre, confermata anche dai valori di SMR ricavati nella classificazione di Romana compresi tra 35 e 67. In generale quindi l'ammasso roccioso presente in tale subarea presenta una certa variabilità dell'indice di qualità geomeccanica facendo variare la classe di appartenenza tra la II e la classe IV.

SUBAREA 3			
	STENDIMENTO 1	STENDIMENTO 7	STENDIMENTO 9
Spaziatura media (m)	0,76	0,83	0,55
persistenza (m)	%	%	%
<0,5		3,3	
0,5-1	33,3	11,1	
1-3	66,7	54	50
3-10		31,5	50
10-20			
>20			
Apertura (mm)	%	%	%
0		0,5	
<0,1	5,3	7,3	3,1
0,1-1	15,3	20,6	17,9
1-5	67,6	59,1	59,5
>5	11,8	12,4	19,4

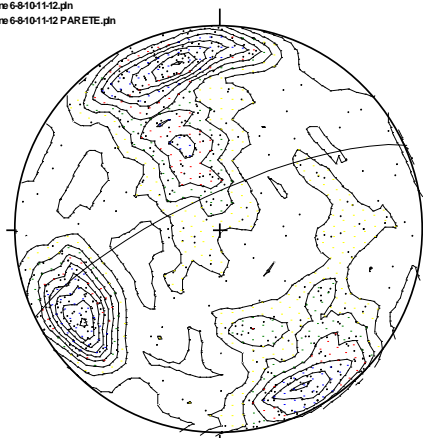
Tabella 5 Distribuzione percentuale dei parametri di spaziatura, persistenza e apertura nella subarea 3.

#### 4.4 Subarea 4

La subarea 4 è caratterizzata dalla presenza di sistemi di giunti misurati principalmente negli stendimenti strutturali n° 6, 8, 10, 11 e 12; i giunti con carattere pervasivo sono principalmente rappresentati dai sistemi:

- Stendimento 6: K1 60/70; K2.1 330/66; K3 153/38; K3.1 341/47
- Stendimento 8: K1 60/70; K2 161/77; K2.1 330/66; K3 153/38
- Stendimento 10: K1 60/70; K2.1 330/66; K3 153/38; K3.1 341/47
- Stendimento 11: K1 60/70; K2 161/77; K3.1 341/47
- Stendimento 12: K1 60/70; K2.1 330/66; K3.1 341/47
- Stendimento 13: K1 60/70; K2 161/77; K2.1 330/66
- Stendimento 14: K1 60/70; K2 161/77; K2.1 330/66

Stazione 6-61011-12.pln  
 Stazione 6-61011-12.pln  
 Stazione 6-61011-12 PARETE.pln



**Figura 12: stereogramma delle discontinuità principali misurate nella subarea 4**

I parametri di spaziatura, persistenza ed apertura dei tre sistemi principali sono sintetizzati nella Tabella 6 in cui si nota che la maggioranza delle discontinuità è rappresentata da giunti con spaziatura variabile da 69 a 158 cm, generale persistenza compresa tra 0,5 e 10 m e aperture > di 1 mm. Anche in questo caso ciò è in accordo con il carattere mediamente fratturato della subarea, rappresentata infatti da qualità geomeccanica da buona a discreta, confermata anche dai valori di SMR ricavati nella classificazione di Romana compresi tra 45 e 67, perciò ricadente tra la classe II e III.

SUBAREA 4							
	STENDIMENTO 6	STENDIMENTO 8	STENDIMENTO 10	STENDIMENTO 11	STENDIMENTO 12	STENDIMENTO 13	STENDIMENTO 14
Spaziatura media (m)	0,97	1	0,95	0,69	1,58	0,86	0,98
persistenza (m)	%	%	%	%	%	%	%
<0,5				1,4			
0,5-1	34	22	4,1	16,6	55	65	30
1-3	42	39	10	32	25	32	32
3-10	23	22	5,7	49,8	20	3	29
10-20							9
>20							
Apertura (mm)	%	%	%	%	%	%	%
0	0,4	0,6	0,4			41	5
1	5,7	6,7	4,1	2,4	4,9	41	22
0,1-1	20,6	20,5	18,7	16,2	19,3	18	52
1-5	57	55,5	61	59	54		21
>5	16	16,6	15,7	22	21,4		

**Tabella 6 Distribuzione percentuale dei parametri di spaziatura, persistenza e apertura nella subarea 4.**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 21 di 49

## 5 GEOMORFOLOGIA

In questo capitolo vengono descritti i principali processi evolutivi di tipo naturale e antropici occorsi nell'area e i dissesti osservati durante i sopralluoghi. Sono infine analizzate le possibili interferenze del rilevato di stoccaggio dello smarino rispetto all'assetto geomorfologico del tratto vallivo posto in fregio all'area di Ferriera Vecchia.

### 5.1 Evoluzione geomorfologica dell'area

L'indagine geomorfologica è stata effettuata con lo scopo di evidenziare i fenomeni evolutivi per cause naturali e per attività antropica presenti nell'area compresa tra lo spartiacque di M. delle Rocche e il fondovalle del T.Lemme, è stata svolta con l'ausilio di foto aeree multitemporali. La ripresa più vecchia, l'unica precedente l'attività estrattiva, è quella a scala 1:20.000 circa del 1951. Alcuni dei fotogrammi utilizzati nel corso dello studio sono quelli riportati ai numeri 9, 10 e 11 della documentazione fotografica allegata alla presente; da questi si evince chiaramente l'evoluzione occorsa al versante a seguito dell'attività estrattiva.

#### Foto aeree b/n del 1951

Le fotografie di un formato inusuale (300 mm x 300 mm), di ottima qualità, raffigurano un territorio che appare rispetto alla situazione odierna con una minore copertura arborea. I versanti sono pertanto ben illuminati e definiti con zone d'ombra assai limitate, direi quasi inesistenti.

L'attività estrattiva in località Ferriera Vecchia non è ancora iniziata. Sull'esteso terrazzo alluvionale posto in sinistra idrografica del T. Lemme si distinguono distintamente gli edifici di Ferriera Vecchia. Il versante soprastante gli edifici appare estremamente regolare e solcato da alcuni fossi sostanzialmente di primo ordine.

Non sono presenti forme di dissesto e la forma regolare, priva di dossi, avvallamenti e contropendenze, che si osserva per lungo tratto sembra indicare un controllo strutturale sulla forma piuttosto che una evoluzione legata a processi erosivi non più attivi. Visto l'assetto strutturale della successione carbonatica, che è caratterizzata da strati immergenti a est a forte inclinazione, appare evidente che il profilo del versante è fortemente condizionato dalla stratificazione.

Sulla porzione di versante delimitata dai due maggiori fossi (affluenti in sinistra del Lemme) sono presenti degli edifici rurali ad oggi non più individuabili sulla cartografia regionale a scala 1:10.000. Uno degli edifici è posizionato nell'area pianeggiante sommitale (poco a valle dell'attuale punto quotato 610) l'altro posizionato in prossimità del fondovalle, poco a sud del punto quotato 422. A nord di questi, nell'area successivamente interessata da attività estrattiva, sono presenti due piccoli fossi caratterizzati da un unico ramo.

Dall'esame delle foto aeree si evidenziano grossi blocchi verosimilmente di metabasalti in prossimità del fondovalle e in corrispondenza della confluenza dei due fossi posti a sud della zona coltivata ora in gran parte oblitterati dai materiali di risulta distribuiti tra il fondovalle e quota 610.

Si tratta di lembi di due piccoli conoidi sui quali si sono accumulati dei blocchi basaltici staccatisi dall'alto e confluiti sul fondovalle per rotolamento lungo i due solchi vallivi.

In ogni caso le forme appaiono stabilizzate e in gran parte erose e terrazzate dal Lemme. A riprova di quanto detto, si evidenzia che la conformazione attuale del fondovalle non appare mutata rispetto a quanto rappresentato sui fotogrammi del 1951. Più in particolare, i versanti e i terrazzi più prossimi

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 22 di 49

al fondovalle, se si escludono le aree di coltivazione e di deposito dei materiali di risulta, abbancati sul versante, non presentano sostanziali modificazioni rispetto a quanto documentato nelle riprese del 1951.

Nelle foto del 1951, sul versante sinistro della valle, al margine sud degli attuali depositi di risulta (in corrispondenza del secondo tornante della carraia), a quota 490, sono presenti alcune piccole doline.

Il fondovalle è solcato dal T. Lemme. Lungo questo, che ha un andamento abbastanza regolare e rettilineo, dettato dall'assetto tettonico strutturale circa nord sud delle formazioni geologiche, si osservano localmente sinuosità dovute alla presenza di corpi basaltici che interrompono l'assetto regolare delle unità carbonatiche e argillitiche affioranti nell'area. La valle stretta e l'alveo particolarmente incassato, a monte degli affioramenti basaltici di Crescione-Lagotagliato, con pendenze del letto anche rilevanti diviene improvvisamente ampia poco a valle delle suddette località ove a fianco di un letto meno ripido si rilevano ampi terrazzi alluvionali.

Le forme legate all'erosione sono limitate ai pochi tratti concavi. Non si rinvengono tracce di divagazioni torrentizie recenti all'interno dei terrazzi di fondovalle rappresentati in violetto nella cartografia allegata. Le aree esondabili sono molto ristrette e riguardano essenzialmente il tratto di alveo posto a valle della Cartiera.

A monte della cartiera, visibile sui fotogrammi, la strada di fondovalle percorre ancora il Ponte storico di San Filippo che appare protetto a valle da una traversa attualmente ancora visibile ed efficiente. Traversa che è posizionata qualche metro a monte del nuovo ponte.

A monte del Ponte di San Filippo la sponda concava (destra) dell'alveo appare in erosione, mentre quella opposta, in sinistra, si caratterizza per la presenza di un lembo di terrazzo a forma di mezzaluna che si eleva di circa 1.5 m rispetto al perimetro bagnato.

Nella zona di Ferriera Vecchia in sinistra è presente una barra torrentizia emersa e quasi priva di vegetazione che rappresenta l'area di esondazione del torrente in questo tratto. Sul terrazzo di Ferriera Vecchia che è oggetto di coltivazione (si osservano appezzamenti a seminativo) non si riscontrano tracce di paleocanali e/o di barre di sedimentazione torrentizia.

#### **Foto aeree b/n del 1970**

Dalle foto del 1970 appare evidente la presenza di una attività estrattiva che ha oramai interessato tutto il versante. La banca sommitale è sormontata sul lato nord da un esteso coronamento che arriva quasi ad interessare la linea di crinale.

Tale coronamento, per le sue caratteristiche morfologiche, sembra avulso "sfuggito" alle modalità di coltivazione. Vi è da rimarcare peraltro che questa porzione di versante è costituita da metabasalti che non mi risulta siano stati oggetto di coltivazione. La restante parte dell'area di cava è infatti impostata su rocce carbonatiche.

Il versante di cava appare privo di banche sino a quota 500 ca. mentre sopra tale quota le banche sono presenti solo a tratti, tranne la prima e la terza che appaiono continue.

L'area indicata come frana sulla base delle schede IFFI non ha evidenze. La morfologia di questo tratto di versante appare modificata ad opera dei materiali stoccati soprattutto nella parte sommitale dei due impluvi ove non si osservano più gli edifici rurali di quota 610. Sul fondovalle sono ancora presenti gli edifici rurali di quota 422 e a nord di questi, due accumuli di materiali. Una piccola frana

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 23 di 49

di scivolamento poco a valle di quota 610 e in corrispondenza dell'impluvio settentrionale ha interessato una modesta quantità di materiale di risulta.

A valle e poco a sud degli edifici rurali di quota 422, sul terrazzo alluvionale, è presente una vasca di decantazione scavata nel terrazzo stesso.

Sul fronte di cava si osserva una vasta porzione di versante privo di banche (tra il fondovalle e la prima di una serie di quattro posizionate tutte alla sommità, verosimilmente sopra i 520 m di quota) e interessato da degradazione. Il fondovalle o almeno la porzione di terrazzo posto a ridosso della parete è protetta da un rilevato in terra che contiene i materiali che si staccano dalle pareti e che assumono una conformazione molto simile alle falde di detrito. Il fondovalle e più in particolare il terrazzo appare modificato unicamente per la presenza di rilevati costituiti da materiali di cava. Sul lato nord del terrazzo sono presenti gli edifici della Ferriera Vecchia.

#### **Foto aeree b/n del 1980**

Nell'area di cava sono state realizzate le banche così come si osservano anche oggi; si contano 11 banche la più estesa delle quali (in larghezza) è quella inferiore posta poco al di sopra del piazzale. In alcune zone, il versante oggetto di coltivazione appare interessato da scivolamenti e crolli. Il coronamento più evidente è situato nella porzione settentrionale dell'area di cava e interessa il tratto compreso tra il fondovalle e la quarta banca. Anche alla sommità è ancora ben evidente il coronamento che si sviluppa tra l'ultima banca (la n. 11) e il crinale.

Rispetto a quanto osservato nel 1970 il fosso alimentante il laghetto di decantazione ha deviato (naturalmente o artificialmente) il suo tracciato posizionandosi più a nord. Ne consegue che allo sbocco del nuovo canale (dirimpetto all'accentuata ansa torrentizia del Lemme) si è venuto a creare un nuovo piccolo conoide di detrito.

I fossi posti sul lato nord, in fregio alla cava, sono attivi in quanto convogliano detriti in alveo (direttamente nel Lemme) derivanti dall'attività estrattiva e da materiale asportato dalle banche e convogliato a valle attraverso tali fossi.

Anche in altre parti della cava e dell'area interessata dai depositi a seguito della mutata idrografia si evidenziano nuovi fossi o solchi di ruscellamento concentrato che convogliano verso valle discrete quantità di materiali.

#### **Foto aeree b/n del 1981**

Rispetto a quanto osservato sulle fotoaeree del 1980 non vi sono modifiche sostanziali all'area di cava mentre risulta ampliata verso monte (area tra i due impluvi) l'area di stoccaggio degli scarti di lavorazione.

Gli elementi di maggior dissesto sono costituiti dal coronamento sempre presente sul lato nord dell'area di cava che si estende verso monte sino alla quarta banca e l'area di recapito di materiali di risulta ripresi dal deposito di quota 518 e convogliati dal fosso sino al T. Lemme a valle del punto quotato di 422 m s.l.m.. Nessuna evidenza di zone instabili nel tratto di versante di cava posto a monte della banca di quota 603.

Sul fondovalle del Lemme e lungo l'alveo dello stesso non si evidenziano criticità (aree soggette ad erosione spondale o a alluvionamento/sovralluvionamento) particolari fatte salve quelle già evidenziate in precedenza e legate ai normali processi morfogenetici di tipo torrentizio.

#### **Foto aeree IR/FC del 1990**

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 24 di 49

Rispetto alle foto precedenti si rileva uno scivolamento che interessa una piccola porzione di versante posta al margine settentrionale della cava tra la seconda e la terza banca partendo dall'alto.

Date le favorevoli caratteristiche del supporto fotografico (infrarosso falso colore) appare evidente che lo scorrimento in roccia interessa i metabasalti.

Si evidenzia un primo attecchimento della vegetazione posta a ripristino dell'area di cava almeno nell'area sommitale (area soprastante la banca n. 11 interessata dal movimento franoso antecedente il 1970. L'abbancamento di materiale nel settore meridionale dell'area e sul medio versante ha completamente occluso il fosso lungo il quale avveniva il trasporto solido che andava accumulandosi nei pressi del Lemme, sotto quota 422. La nuova riprofilatura del versante in questo tratto ha determinato migliori condizioni di stabilità dei materiali stessi precedentemente interessati da scorrimento superficiale e trasporto da parte delle acque di ruscellamento.

#### **Foto aeree b/n del 1991**

Nulla da segnalare rispetto a quanto evidenziato nella copertura aerofotografica del 1990. Prosegue lo stoccaggio e il modellamento dei materiali nella parte sud orientale dell'area. Prosegue l'attività estrattiva nella parte meridionale del versante.

#### **Foto aeree b/n del 1992**

Nulla da evidenziare rispetto a quanto documentato nel 1991.

#### **Foto aeree colore del 2000**

L'attività di cava si è oramai esaurita. Il ripristino morfologico delle aree interessate da deposito dei materiali di risulta appare completato.

La vegetazione ha in parte ricoperto le aree sommitali mentre quelle più prossime al fondovalle risultano ancora scarsamente vegetate.

#### **Foto aeree b/n a grande scala del 2000**

Sulle fotoaeree a grande scala si evidenziano alcune situazioni di criticità solo in parte evidenziate in precedenza.

Le foto non coprono il tratto di versante situato tra il crinale e l'ultima banca (quella di quota 603).

Appare evidente che l'accumulo di frana segnalato a partire dal 1990 si è ulteriormente spostato seppur di poco verso valle. A sud del coronamento sono presenti porzioni di versante detensionato con evidenti fenditure e trincee che isolano blocchi di dimensioni metriche e decametriche.

Verso valle si rileva un avvallamento di un tratto della banca n. 7, e forse anche della n. 8 segno evidente di una deformazione in corso in questo tratto di versante.

La disposizione anomala delle banche poste a valle della n. 10 e della zona a sud dell'accumulo di frana più recente ed evidente sembra ereditata dalla situazione registrata fin dal 1970, a seguito dell'evento franoso che ha coinvolto la parte alta del versante costituita principalmente da rocce basaltiche. La zona di evidente deformazione è infatti quella situata a valle della parete di quota 570 (coincidente in parte con la decima banca). Parete sulla quale si sviluppano le principali fenditure rilevate poco a sud del più volte citato accumulo di frana (foto 5, 6 e 7).

*Sopralluoghi effettuati nell'estate 2006*



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 25 di 49

Nell'area di cava e sui versanti adiacenti ad essa sono stati effettuati, nel corso dell'estate del 2006, tre sopralluoghi.

Nel corso del primo, sopralluogo del 20.06.2006 sono state posizionate alcune mire su porzioni di ammasso detensionati e non. Mire che consentono un monitoraggio del versante da una postazione fissa appositamente realizzata sul piazzale del Campo di Ferriera Vecchia.

Nel corso del secondo sopralluogo è stata visionata la porzione di cava situata a ridosso dell'accumulo di frana posto tra la seconda e la terza banca (dall'alto) e il versante situato immediatamente a sud di questo. Vengono pertanto confermati gli elementi sopra descritti evidenziati dall'analisi delle foto aeree a grande scala effettuate con il volo del 2000.

Successivamente, il 25.10.2006, è stato effettuato un sopralluogo nell'area di crinale a partire dall'area deposito di 610 m di quota e percorrendo il sentiero sino alla sommità di M. delle Rocche, a 680 m di quota.

E' stata presa visione del coronamento sommitale e della porzione di versante situata tra questo e la banca di coltivazione n. 11, a 600 m di quota.

Sulla base delle nuove indagini effettuate anche con il supporto della vecchia documentazione aerofotografica (volo del 1951 e successivi, sino al 1991) si ritiene che l'evento franoso più critico manifestatosi nell'area di cava sia quello occorso prima del 1970 e del quale non si ha documentazione fotografica.

Il movimento che ha interessato prevalentemente la porzione di versante posta a monte della banca di coltivazione n. 11 ha determinato una deformazione della parte sottostante che è attualmente evidenziata dalle trincee poste a quota 570 e dal vistoso uncinamento degli strati carbonatici. Anche il corpo di frana posto nel settore nord dell'area di coltivazione, a valle della banca n. 10, costituisce il prodotto delle deformazioni di cui sopra i cui effetti non si sono ancora esauriti.

## 5.2 Dissesti

I dissesti osservati durante i sopralluoghi consistono essenzialmente in:

- Frane rotazionali
- Fenomeni di toppling diffuso
- Frane di crollo
- Toppling e scivolamenti di singoli blocchi
- Massi instabili minori

La descrizione dei dissesti fa riferimento alla numerazione presente nella carta geologica e geomorfologica; la caratterizzazione e la perimetrazione dei dissesti sono state effettuate mediante sopralluoghi in sito, condotti anche con tecniche alpinistiche, e mediante fotointerpretazione tradizionale e con tecniche di fotogrammetria del vicino; inoltre è stata utilizzata una applicazione che permette di riportare i dati spaziali derivanti dal rilievo laser scanner (1 punto ogni 2 cm circa) su un'immagine digitale di alta definizione, con possibilità di effettuare misure (distanze e giaciture dei piani).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 26 di 49

### 5.2.1 Frane di scivolamento rotazionale e planare

Sono state osservate due frane rotazionali (numeri 2 e 48) e una frana per scivolamento planare (n°1).

La più estesa è la frana numero 2, che coinvolge la copertura detrito colluviale per uno spessore di un metro circa ed è caratterizzata da un movimento di circa 30-50 cm evidenziato da due nicchie circolari presenti lungo il ciglio di un gradone. Il pendio si presenta boscato a latifoglie (principalmente castagni) che non presentano evidenti segni di movimento (deviazione del fusto dalla verticalità). Il volume coinvolto è stato stimato in circa 3000 m<sup>3</sup>.

La frana numero 1, oggetto di verifica di stabilità, è stata interpretata come uno scivolamento planare con superficie di rottura a geometria complessa che coinvolge un volume di circa 43.000 m<sup>3</sup>.

### 5.2.2 Fenomeni di toppling diffuso

Tali fenomeni sono visibili nella parte settentrionale della cava e comprendono un'area di circa 12.000 m<sup>2</sup> per uno spessore medio presunto di circa 4 metri. Il volume coinvolto nel movimento è quindi stimato in circa 48.000 m<sup>3</sup>. I sopralluoghi di terreno hanno permesso di formulare un modello genetico preliminare che spiega il ribaltamento diffuso degli strati da situazioni a reggipoggio molto inclinate fino a raggiungere giaciture suborizzontali (Figura 13).

Tale modello implica la coincidenza di più fattori sfavorevoli quali:

- la disposizione a reggipoggio molto inclinato della stratificazione e dei giunti paralleli ai fronti di cava e la loro spaziatura decimetrica;
- la presenza di giunti poco continui a basso/medio angolo inclinati rispettivamente di 30-45° ed immergenti verso N160° e N340°;
- la supposta presenza di piani disposti a franapoggio: quest'ultimi sono presenti pressa la base della parete;
- la presenza di una bancata filladica a bassa resistenza meccanica posta presso la parte bassa della zona che potrebbe favorire i movimenti;
- la maggiore presenza di pieghe duttili evidenziata da giaciture non concordanti ma che non è mai stata osservata direttamente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi

Foglio  
27 di 49



**Figura 13: la fotografia evidenzia particolarmente bene i fenomeni di toppling diffuso e la scarsa qualità dell'ammasso roccioso.**

### 5.2.3 Frane di crollo

Si tratta di piccole frane di crollo che si innescano in zone dove l'ammasso roccioso è più fratturato e in corrispondenza di rocce di faglia. Le volumetrie non sono mai superiori a circa 70-80 m<sup>3</sup>; fa eccezione la frana n. 56 che coinvolge una volumetria di circa 150 m<sup>3</sup> (Figura 14). È da notare che nella totalità dei casi osservati il materiale franato è rimasto confinato in una sola berma. Sono pochi i massi che hanno raggiunto le berme sottostanti.



**Figura 14: esempio tipico di frana di crollo.**

### 5.2.4 Toppling e scivolamenti di singoli blocchi

#### 5.2.4a Toppling

La presenza di giunti orientati circa N-S e disposti a reggipoggio (K1') causa cinematismi per ribaltamento (*toppling*). Le condizioni necessarie alla formazione di tali cinematismi, secondo GOODMAN (1980) e CHOQUET & TANON (1985) sono le seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 28 di 49

1. la direzione dei piani di *toppling* deve essere approssimativamente parallela a quella della parete; i sopracitati Autori indicano un eventuale scarto di circa  $\pm 20^\circ$ ;
2. i piani di *toppling* devono essere disposti a reggipoggio;
3. la normale al piano di *toppling* deve avere un'inclinazione minore della differenza tra l'inclinazione della parete e l'angolo di attrito tra i piani di *toppling*.

Lungo il fronte di cava sono presenti blocchi che presentano cinematismi per toppling che soddisfano le sopracitate condizioni. Tali blocchi sono svincolati lateralmente dai sistemi K2, K3 e loro coniugati. Alla base i blocchi possono essere svincolati dal sistema a basso angolo K4 che immerge mediamente verso N60° ed è inclinato di circa 10° (Figura 15).

I piani di *toppling* K1' (cfr. capitolo 4) formano un angolo di circa 5-10° con i fronti dei gradoni rocciosa principale (parete settentrionale) e sono disposti a reggipoggio.

La terza condizione può essere espressa con la seguente diseguaglianza:

$$(90^\circ - \alpha_p) \leq (\alpha_f - \alpha_p)$$

dove:

$\alpha_p$  = inclinazione del piano di *toppling* (circa 65°)

$\alpha_f$  = inclinazione della parete (circa 80°)

$\alpha_p$  = angolo di attrito interno caratteristico dei piani di *toppling* (stimato circa 30°)

sostituendo con i dati rilevati si ottiene:

$$(90^\circ - 65^\circ) \leq (80^\circ - 30^\circ)$$

ossia

$$25^\circ \leq 50^\circ$$

Fa eccezione il blocco n. 7 in cui le condizioni di toppling sono causate dal sistema K2' (frattura posteriore) con il giunto basale immergente verso N130° di circa 25°. La parete è all'incirca orientata parallelamente al sistema K2'.

Tutti i blocchi destabilizzati per cinematismi di toppling sono caratterizzati da fratture aperte (> di 2 cm fino ad un massimo di circa 30 cm).



Figura 15: esempi di cinematismi di toppling (n. 6 a sinistra e n. 7 a destra).

#### 5.2.4b Scivolamento

I cinematismi di scivolamento riconosciuti corrispondono a planari e a cunei in roccia. I primi si sviluppano nei rari settori in cui i giunti K1 hanno inclinazione minore della parete e sono tutti ubicati presso il ciglio dei gradoni. Solo in un caso la superficie di rottura appariva aperta con segni di movimento (stimato in circa 1 cm): si tratta del blocco n. 53. Il blocco scivola su un giunto K1 immergente verso N50° inclinato di 36°. Il lato meridionale è libero mentre quello settentrionale corrisponde ad una superficie di faglia con salbanda alterata in prodotti argilloso-limosi di colore giallastro. Il volume è di circa 63 m<sup>3</sup>.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 30 di 49

Figura 16: blocco n. 53.

### 5.2.5 Massi instabili minori

Nel corso del rilevamento sono stati perimetrati e caratterizzati limitati settori di parete in cui sono presenti massi instabili di dimensioni molto variabili (tra 0,1 e 5 m<sup>3</sup>), in cui prevalgono nettamente quelle inferiore a 0,5 m<sup>3</sup>. Con riferimento alla numerazione riportata nella carta geologica e geomorfologica, nella Tabella 7 sono riportati il numero stimato dei massi presenti in ogni settore e il volume medio dei singoli massi, più alcuni parametri statistici che caratterizzano le volumetrie stimate.



Figura 17: esempio di settore con massi instabili (n 25).

Settori	n. massi	Volume (mc)	volume (m <sup>3</sup> )	
10	25	0.1		
11	20	0.3		
12	50	0.1		
13	10	0.7		
14	50	0.1		
15	12	0.7		
16	10	0.1		
17	3	1		
	7	0.75		
18	12	0.3		
19	30	0.2		
20	3	0.5		
21	10	0.5		
22	8	0.1		
23	29	0.05		
24	100	0.01		
			Media	0.196994536
			Errore standard	0.013233509
			Mediana	0.1
			Moda	0.1
			Deviazione standard	0.358039173
			Varianza campionaria	0.128192049
			Curtosi	57.27851951
			Asimmetria	6.065456848
			Intervallo	4.99
			Minimo	0.01
			Massimo	5
			Somma	144.2
			Conteggio	732
			Più grande(1)	5
			Più piccolo(1)	0.01
			Livello di confidenza(95.0%)	0.025980216

25	1	2
	7	1
	20	0.1
26	3	1
	20	0.5
	30	0.1
27	2	1.5
	10	0.1
		0.5
28	1	1
	20	0.1
29	10	0.2
30	70	0.1
31	1	1
	10	0.1
32	5	0.25
33	1	3
	2	1
	10	0.2
34	100	0.1
35	5	1.5
36	100	0.05
37	1	0.15
39	1	5
	3	2.5
39	6	0.1

**Tabella 7** Tabella riassuntiva dei massi instabili censiti per ogni settore.

### 5.2.6 Frane IFFI

L'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiano (IFFI) segnala una frana complessa, in sinistra della Val Lemme, che coinvolge il settore sud orientale di M. delle Rocche.

Nell'ambito dell'attività estrattiva protrattasi per decenni sul versante orientale di M. delle Rocche, il settore posto a sud della cava è stato utilizzato per lo più per lo stoccaggio dei materiali di risulta.

Gran parte della zona di accumulo è stata pesantemente modificata con il riporto di materiali, la realizzazione di piazzali frequentemente interrotti da ripidi gradoni e di una strada sterrata che dal fondovalle sale sino a 610 m di quota.

Il rimodellamento antropico ha in alcuni settori obliterato l'originaria morfologia in altri sembra aver enfatizzato alcuni elementi morfologici tipici delle frane di questo genere: per esempio il piazzale di quota 610, oggetto di riporto di materiali, sembra coincidere con la sommità dell'accumulo.

#### **Considerazioni circa l'evoluzione del versante per cause naturali - Frana complessa / Deformazione Gravitativa Profonda di Versante**

Sulla base di quanto osservato sulle foto aeree del 1951, a scala 1:20.000 circa, precedenti l'attività estrattiva, sussistono dubbi circa la presenza di un accumulo di frana sul versante sud orientale di M. delle Rocche.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 32 di 49

Premesso che le Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV) sono generalmente impostate su discontinuità strutturali e tettoniche preesistenti e che le stesse deformazioni, ove presenti, sono vistosamente marcate da trincee sommitali o nel medio versante, la forma rilevata e interpretata come Deformazione Gravitativa Profonda sul versante sud orientale di M. delle Rocche, desta qualche perplessità per i seguenti motivi.

- Il presunto coronamento, coincidente con l'attuale linea di crinale, non ha forma rettilinea come invece ci si aspetterebbe dato che limiti tra le differenti formazioni e l'assetto strutturale sono ad alto angolo, sono rettilinei e hanno orientazione nord sud.
- Non sono presenti trincee né nella parte sommitale del versante, né nella parte mediana.
- Il profilo trasversale del versante non è convesso concavo.
- Tra l'area interessata dalla presunta deformazione e le aree adiacenti è conservata la continuità degli elementi lineari (lineazioni). Questi caratteri appaiono evidenti sulle foto aeree del 1951.

Tale forma desta perplessità anche se la si vuole interpretare come frana complessa per i seguenti motivi.

- La parte superiore dell'accumulo (anche nella sua conformazione originaria) è troppo elevata in quota rispetto al fondovalle come se il corpo fosse stato traslato ma di poco. Tra quota crinale (coronamento) e superficie sommitale dell'accumulo c'è un dislivello di circa 70 m, mentre tra superficie sommitale e fondovalle il dislivello è di ben 220 m.
- Il fondovalle del Lemme è ampio e poco modificato dalla presenza di un ipotetico accumulo che viste le dimensioni avrebbe determinato una marcata modificazione dell'idrografia del torrente.

Se si dovesse comunque accettare l'ipotesi della frana si tratterebbe di una forma relitta i cui elementi morfologici più probanti (quelli sopra descritti) non sono più riconoscibili perché del tutto smantellati dall'erosione.

Il modesto sopra-avanzamento (verso est) del versante sinistro del Lemme, e il conseguente inarcamento dell'alveo, nel tratto posto poco a valle della Cartiera, si può giustificare con gli effetti prodotti dall'intensa erosione lineare a cui è stato sottoposto e con la conseguente deposizione di materiali sul fondovalle. I due conoidi di tipo misto, anche a grossi blocchi, verosimilmente evolutisi anche per trasporto in massa, tipo debris flow, alimentati da una paleo idrografia (quella riconoscibile nelle foto aeree del 1951 e riportata nella carta geomorfologica), sembrano sufficienti a suffragare tale ipotesi anche perché è proprio in corrispondenza di questi due corpi sedimentari che si ha la maggiore inflessione verso est dell'alveo del T. Lemme.

Una valutazione circa il rischio di collasso totale e/o parziale di questa porzione di versante (paleofrana presunta) è stata comunque effettuata sulla base delle seguenti considerazioni:

- Lungo le berme e i gradoni (sia interni che esterni all'area rilevata) non sono stati osservati indizi di movimenti (fratture ecc.);
- L'analisi delle fotoaeree ha evidenziato una nicchia ben sviluppata e una massa spostata ben evidente che sembra aver deviato il Torrente Lemme: si può quindi ipotizzare che la fase "principale" del movimento sia ormai terminata;



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 33 di 49

- I movimenti del caposaldo topografico posto sulla berma a quota 514 m (circa 32 cm dal 1996 ad oggi - velocità media di circa 3,2 cm/anno) sembrano essere più causati da un fenomeno locale di toppling (blocco n. 49) che dalla frana segnalata dall'IFFI.
- La frana segnalata dall'IFFI lambisce appena l'impronta dell'intervento previsto e lo stoccaggio del materiale non influenza l'eventuale movimento della frana.

Sulla base delle seguenti considerazioni la pericolosità e il rischio legati alla frana vengono stimati in molto bassi/assenti.

### 5.3 Geomorfologia del tratto vallivo

Il tratto vallivo in cui si inserisce l'intervento è caratterizzato da un profilo marcato a "V" e da marcati tratti morfologici influenzati dall'assetto strutturale e dalla tettonica fragile (faglie) e dal grado di erodibilità dei differenti litotipi. Infatti, dall'esame delle fotografie aeree si distinguono bene i paesaggi aspri e ripidi in cui affiorano i Calcari di Voltaggio e i Metabasalti da quelli più morbidi ed arrotondati che caratterizzano la presenza delle metargilliti.

Anche il pattern relativo alle linee di drenaggio appare influenzato dalla tettonica fragile e localmente dall'assetto stratigrafico dei Calcari di Voltaggio, specie quando sono presenti livelli filladici di spessore plurimetrico.

Nel paragrafo 4 e nella carta geomorfologica sono descritti ed evidenziati i principali elementi geomorfologici che caratterizzano il paesaggio (derivanti dalla dinamica di versante e dalla dinamica torrentizia) che consentono di valutare le interferenze derivanti dalla costruzione del rilevato.

### 5.4 Idrogeologia

Facendo riferimento alla carta geologica e ai relativi profili sono stati individuati tre "complessi idrogeologici", ossia in unità all'interno delle quali il tipo di permeabilità ed il grado del coefficiente di permeabilità risultano relativamente omogenei.

E' importante sottolineare che all'interno dei complessi idrogeologici possono essere presenti elementi strutturali che apportano variazioni locali della permeabilità (es. faglie, zone intensamente fratturate, ecc.).

#### 5.4.1 Depositi alluvionali

Questo complesso si instaura lungo la piana di fondovalle nei depositi di origine alluvionale attuali, recenti e medio-recenti, costituiti da ciottoli e ghiaie subarrotondate in matrice di composizione variabile da sabbiosa a limosa, talora assente. Questo complesso è caratterizzato da una buona permeabilità per porosità, con il livello della falda ubicato a pochi metri dal piano campagna.

#### 5.4.2 Depositi di versante

Questo complesso si instaura lungo nei depositi di origine eluvio-colluviale, che ricopre la parte sommitale della cava. Essi sono costituiti da sabbie ghiaiose e ciottolose (clasti spigolosi) immersi in matrice sabbioso limoso argillosa, caratterizzata da struttura grain- e mud-supported. Tali depositi sono caratterizzati da una forte variazione granulometrica, sia verticale che laterale, e da una scarsa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi	Foglio 34 di 49

stratificazione; di conseguenza la porosità e il coefficiente di permeabilità subiscono variazioni notevoli. In tali depositi si localizzano falde superficiali, il cui limite inferiore è generalmente rappresentato dalla superficie di contatto con il substrato roccioso (generalmente considerato impermeabile).

#### 5.4.3 Substrato

Nel substrato si localizzano acquiferi caratterizzati da un basso grado di permeabilità secondaria (per fratturazione), che in condizioni normali, ossia in assenza di discontinuità fragili importanti (faglie) o di forte disarticolazione dell'ammasso roccioso, è generalmente bassa.

In particolare, la permeabilità secondaria è indotta dalla densità di fratturazione e dal grado di allentamento della fratture stesse. Quando i sistemi di fratturazione sono invece associati a fasci cataclastici e/o faglie di notevole estensione longitudinale, si possono formare acquiferi con circolazioni di acque su lunghe distanze e con caratteristiche geometriche peculiari.

#### 5.4.4 Conclusioni

Durante il rilevamento (maggio –giugno 2006) il versante già oggetto di attività estrattiva è risultato privo di venute d'acqua. Ciò si spiega con la limitata estensione del bacino di alimentazione (circa 0,2 km<sup>2</sup>) e con la disposizione a reggipoggio e a franapoggio più inclinato del pendio delle principali discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 35 di 49

## 6 I DATI DEL MONITORAGGIO TOPOGRAFICO

I dati del monitoraggio topografico effettuato a seguito del posizionamento delle mire ottiche sono riassunti nelle tabelle seguenti.

Da questi appare evidente che i movimenti maggiori sono localizzati nell'area monitorata dalle mire n. 6 e n. 7.

### PUNTO 1

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10084,6080	19817,7980	423,3330	207859	0,000
20-set-06	10084,6056	19817,7946	423,3320	207861	2,0000
20-nov-06	10084,6040	19817,7940	423,3340	207861	2,0000
20-gen-07	10084,6085	19817,7980	423,3310	207859	0,0000
20-mar-07	10084,6085	19817,7980	423,3310	207859	0,0000
2-mar-10	10084,5915	19817,7991	423,3325	207839	-20,0000
17-set-11	10084,5953	19817,8051	423,3232	207833	-25,6504

### PUNTO 2

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10040,3400	19773,1535	436,6770	239874	0,000
20-set-06	10040,3388	19773,1531	436,6790	239874	0,0000
20-nov-06	10040,3420	19773,1510	436,6680	239874	0,0000
20-gen-07	10040,3415	19773,1550	436,6690	239870	-4,0000
20-mar-07	10040,3415	19773,1550	436,6690	239870	-4,0000
2-mar-10	10040,3072	19773,1676	436,6456	239832	-42,0000
17-set-11	10040,3080	19773,1822	436,6298	239814	-60,3497

**PUNTO 3**

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	9998,4070	19767,5140	425,5660	239054	0,000
20-set-06	9998,4063	19767,5134	425,5678	239055	1,0000
20-nov-06	9998,4040	19767,5120	425,5660	239055	1,0000
20-gen-07	9998,4135	19767,5140	425,5700	239054	0,0000
20-mar-07	9998,4135	19767,5140	425,5700	239054	0,0000
2-mar-10	9998,3927	19767,5239	425,5740	239032	-22,0000
17-set-11	9998,4026	19767,5284	425,5582	239024	-30,3004

**PUNTO 4**

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10061,1540	19742,3930	476,2960	285323	0,000
20-set-06	10061,1598	19742,3953	476,3012	285324	1,0000
20-nov-06	10061,1540	19742,3960	476,2940	285320	-3,0000
20-gen-07	10061,1570	19742,3990	476,2930	285317	-6,0000
20-mar-07	10061,1570	19742,3990	476,2930	285317	-6,0000
2-mar-10	10061,1181	19742,4203	476,2904	285272	-51,0000
17-set-11	10061,1250	19742,4377	476,2747	285252	-70,5999

**PUNTO 5**

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10109,0740	19753,2060	484,7980	293245	0,000
20-set-06	10109,0750	19753,2039	484,7923	293245	0,0000

20-nov-06	10109,0730	19753,2060	484,7940	293243	-2,0000
20-gen-07	10109,0790	19753,2150	484,7950	293238	-7,0000
20-mar-07	10109,0790	19753,2150	484,7950	293238	-7,0000
2-mar-10	10109,0387	19753,2331	484,7904	293190	-55,0000
17-set-11	10109,0503	19753,2565	484,7725	293167	-77,7001

**PUNTO 6**

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10097,5210	19629,4620	568,1790	431399	0,000
20-set-06	10097,5161	19629,4647	568,1864	431399	0,0000
20-nov-06	10097,5150	19629,4690	568,1790	431392	-7,0000
20-gen-07	10097,5200	19629,4780	568,1725	431382	-17,0000
20-mar-07	10097,5200	19629,4780	568,1725	431382	-17,0000
2-mar-10	10097,4503	19629,5182	568,1385	431291	-108,0000
17-set-11	10097,4504	19629,5398	568,0899	431250	-148,5505

**PUNTO 7**

DATA	NORD	EST	QUOTA	VETTORE PUNTO - PILASTRINO (mm)	VETTORE MOVIMENTO (mm)
20-lug-06	10131,9940	19662,9980	555,1220	406549	0,000
20-set-06	10131,9905	19663,0007	555,1259	406547	-2,0000
20-nov-06	10131,9880	19663,0020	555,1200	406543	-6,0000
20-gen-07	10131,9940	19663,0090	555,1085	406534	-15,0000
20-mar-07	10131,9940	19663,0090	555,1085	406534	-15,0000
2-mar-10	10131,9475	19663,0473	555,0830	406452	-97,0000
17-set-11	10131,9542	19663,0755	555,0490	406415	-133,9499

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 38 di 49

## 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nella carta geomorfologica schematica modificata sulla base degli elementi rilevati il 25.10.2006, sono state evidenziate le forme derivanti da processi geomorfici in atto e caratterizzanti il paesaggio in modo da valutare le eventuali interferenze delle opere previste nell'ambito del progetto AC/AV Milano Genova. Nello specifico si è trattato di definire la conformazione più appropriata del rilevato, costituito da smarino, previsto alla base dell'area di coltivazione, sulla base degli elementi di criticità geomorfologica e geomeccanica del versante individuati nel corso di questo studio.

Per quanto attiene gli aspetti legati alla dinamica torrentizia del T. Lemme appare evidente che l'area di intervento ricade al di fuori della zona di esondazione così come rilevata su base geomorfologica. Il piede del rilevato ricade anch'esso al di fuori della fascia di pertinenza fluviale del T. Lemme (foto aeree 10 e 10 bis).

Per quanto attiene i processi di versante si evidenzia che l'area posta a monte dell'ultima banca raffigurata nei fotogrammi n. 9 e 9 bis (documentazione fotografica e aerofotografica in Allegato) e oggetto di un movimento franoso in epoca imprecisata, ma antecedente il 1970, appare ancor oggi interessata da piccoli scollamenti della coltre detritica (foto 7). Le porzioni di versante coinvolte e quindi i volumi mobilizzabili sono comunque contenuti trattandosi di scollamenti della coltre detritica superficiale.

Le principali forme di dissesto pertanto sono quelle costituite dalle trincee di quota 570, dall'accumulo di frana posto a valle della banca n. 10 e dai fenomeni di ribaltamento estesi su gran parte del versante posto a valle di quota 550 (foto1). Anche i rilievi topografici effettuati a partire da Luglio 2006, nella porzione di versante più critica (punti 6 e 7), evidenziano, allo stato attuale, movimenti cumulati di circa 15 cm.

Sulla base di quanto sopra espresso si ritiene che i volumi di materiali mobilizzabili, già stimati, siano comunque cautelativi, anche nella previsione di un coinvolgimento di porzioni di versante poste al di sopra della banca n. 11.

## 8 BIBLIOGRAFIA

Choquet, P. & Tanon, D.D.B - (1985). Nomograms for the Assessment of Toppling Failure in Rock Slopes. In Proc., 26th U.S. Symposium on Rock Mechanics, South Dakota School of Mines and Technology, June 26-28, 1985, Rapid City, S.D., A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, Vol. 1, pp. 19-30.

Cruden D.M. e Varnes D.J. (1994) – Landslids types and processes. In: “Landslides: Investigation and Mitigation”. Transportation Research Board. National Academy of Science.

Goodman, R.E. (1980) - Introduction to Rock Mechanics. John Wiley & Sons, New York, 487 pp.

Morgenstern N.R. (1985) - Geotechnical aspects of environmental control. Proc. 11th ICSMFE San Francisco, 1, 155-186.

Panizza M. (A cura di) (2005) – Manuale di geomorfologia applicata, 530 pp. Ed. Franco Angeli, Milano

## ALLEGATO

### DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E AEROFOTOGRAFICA

Sopralluoghi effettuati il 20-21 Giugno 2006 e il 25 Ottobre 2006.

I sopralluoghi del 20 e 21 Giugno sono stati effettuati a verifica delle condizioni strutturali dell’ammasso roccioso e di stabilità dei fronti di scavo della vecchia area di cava.

Nel corso dello stesso sopralluogo sono state posizionate alcune mire ottiche (sette in totale) su alcuni punti significativi (in aree verosimilmente stabili e in aree verosimilmente instabili).



1- La foto illustra la porzione di versante ritenuta più instabile che corrisponde alla porzione più scura, ove maggiore è la fatturazione dell'ammasso roccioso. In linea generale la porzione più chiara corrisponde ad alternanze di calcari metamorfici (Calcari di Voltaggio) a cui si intercalano orizzonti metrici di meta-argilliti con assetto sub-verticale. Le superfici di strato coincidono con le pareti di cava ed hanno orientazione circa nord-sud. La porzione scura corrisponde a calcari dello stesso tipo di quelli circostanti ma con assetto diverso perché si tratta di una porzione di versante interessata da ribaltamenti che hanno determinato una progressiva uncinatura degli strati. Questi, in superficie, hanno pertanto assunto un assetto sub-orizzontale.

Verso monte, sopra la prima quinta alberata, affiorano invece metabasalti e brecce costituite da clasti basaltici e radiolaritici (diaspri).



2- La parte alta del versante (sopra la prima quinta alberata) è stata interessata da un movimento roto-traslazionale di rocce basaltiche.

Sopra la prima quinta alberata la sottile striscia di prato giallo corrisponde al piede dell'accumulo di frana in meta basalti (quota 530 circa), mentre la porzione di roccia affiorante situata più a monte coincide con la parte più alta del coronamento (quota 580 circa).





3-4- In sinistra dettaglio della foto precedente con l'accumulo ripreso da valle, in prossimità del piede. Nella foto di destra il fianco meridionale del coronamento.



5-6- Sopra il coronamento di frana e a sud dello stesso vi sono numerosi avvallamenti e trincee che evidenziano un marcato detensionamento del versante impostato su meta basalti. Nella foto in sinistra la fenditura è visibile tra la

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	A301 00 D CV PZ DP04 00 011 E00 Criteri di scelta degli interventi
	Foglio 42 di 49

paretina in roccia e lo zaino. Nella foto a destra la trincea è quella di quota 566 monitorata dalla mira n. 6. La verifica di stabilità di quest'area è riportata nella relazione dedicata.

Sopralluogo effettuato il 25.10. 2006.

Il sopralluogo ha riguardato la parte sommitale del fronte di cava e più precisamente un'area che non è stata oggetto di coltivazione.

Il sopralluogo è stato effettuato dopo aver reperito e consultato alcune riprese aerofotografiche effettuate tra il 1970 e il 1992. In queste infatti appare evidente un esteso coronamento di frana che si estende a monte dell'ultima banca (la n. 11) di quota 600 sino al crinale di M. delle Rocche di quota 680.

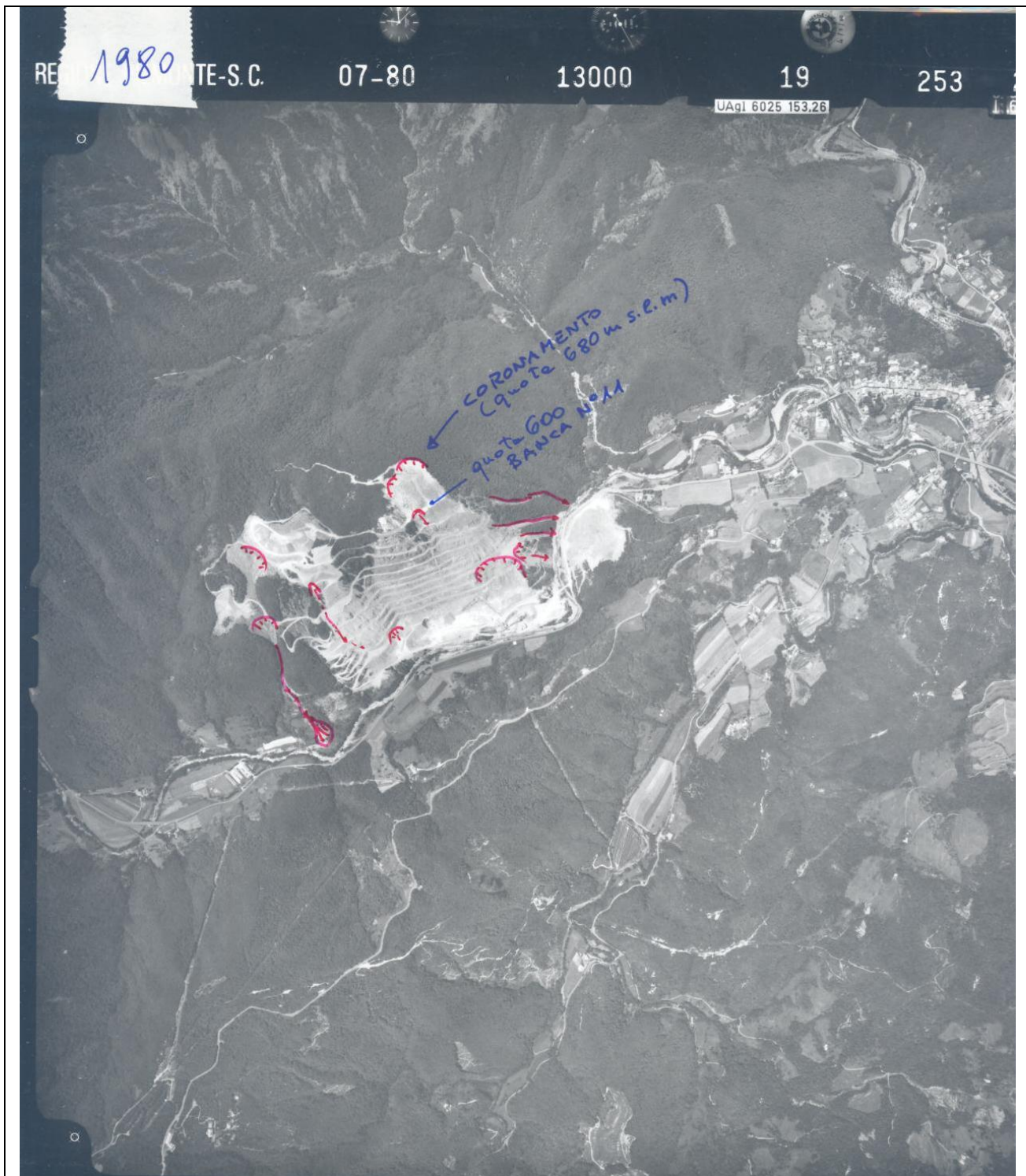
Il sopralluogo è stato effettuato percorrendo con un fuoristrada la carraia posta a sud dell'area di coltivazione verso monte sino alla sommità del deposito costituito da materiali di risulta della cava (quota 610 m s.l.m.). Da qui, lasciata l'auto, si è proceduto a piedi verso monte lungo un sentiero che porta alla sommità dell'area di coltivazione di Monte delle Rocche.



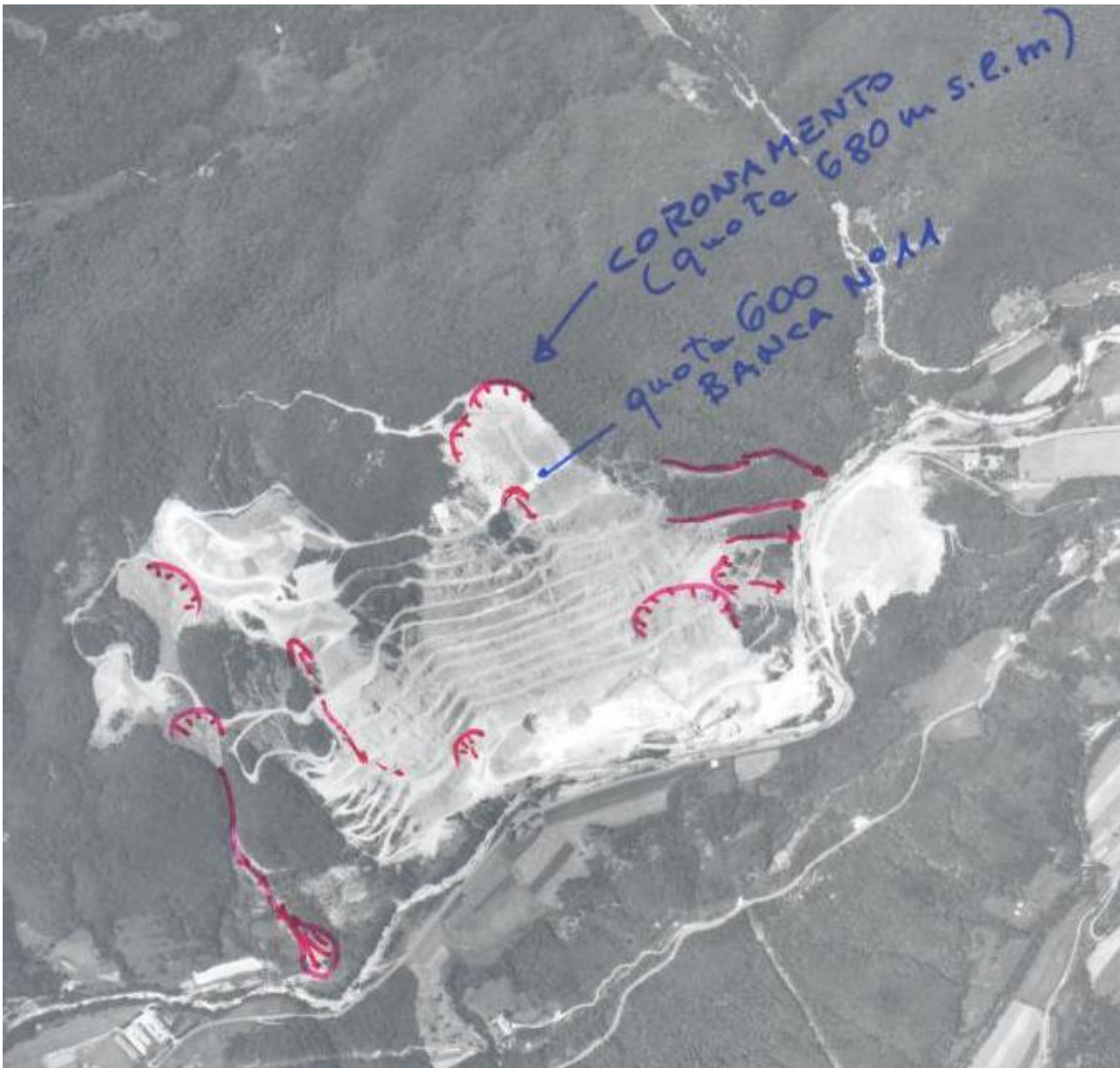
7- (25.10.2006) – Il versante orientale di M. delle Rocche (quota 670 circa) interessato, prima del 1970, da un probabile scorrimento planare di detrito che deve aver interessato anche il substrato roccioso (Vedi fotoaerea del 1980). La foto evidenzia un nuovo e più modesto coronamento di frana che interessa la coltre detritica.



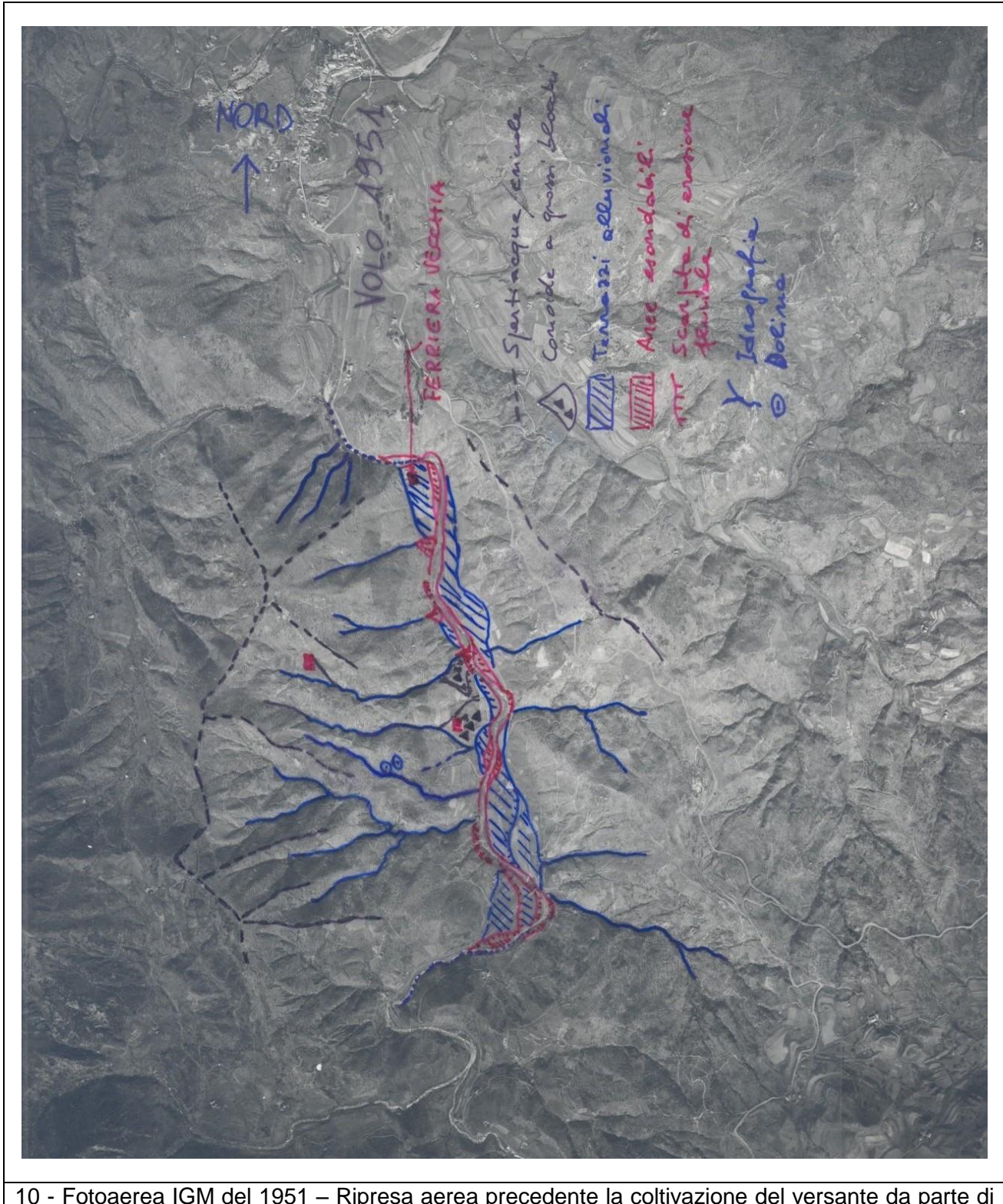
8 - (25.10.2006) - Versante orientale di M. delle Rocche, quota 670 circa. Il versante oggetto di scorrimento planare (foto sopra) è anche interessato, in più punti, da erosione diffusa che insiste su detrito e su porzioni di metabasalti intensamente fratturati.



9 - Nella fotoaerea del Luglio 1980 è evidenziato il coronamento di frana posizionato a quota 680 circa, in vicinanza della sommità di M. delle Rocche, sopra la banca n. 11.



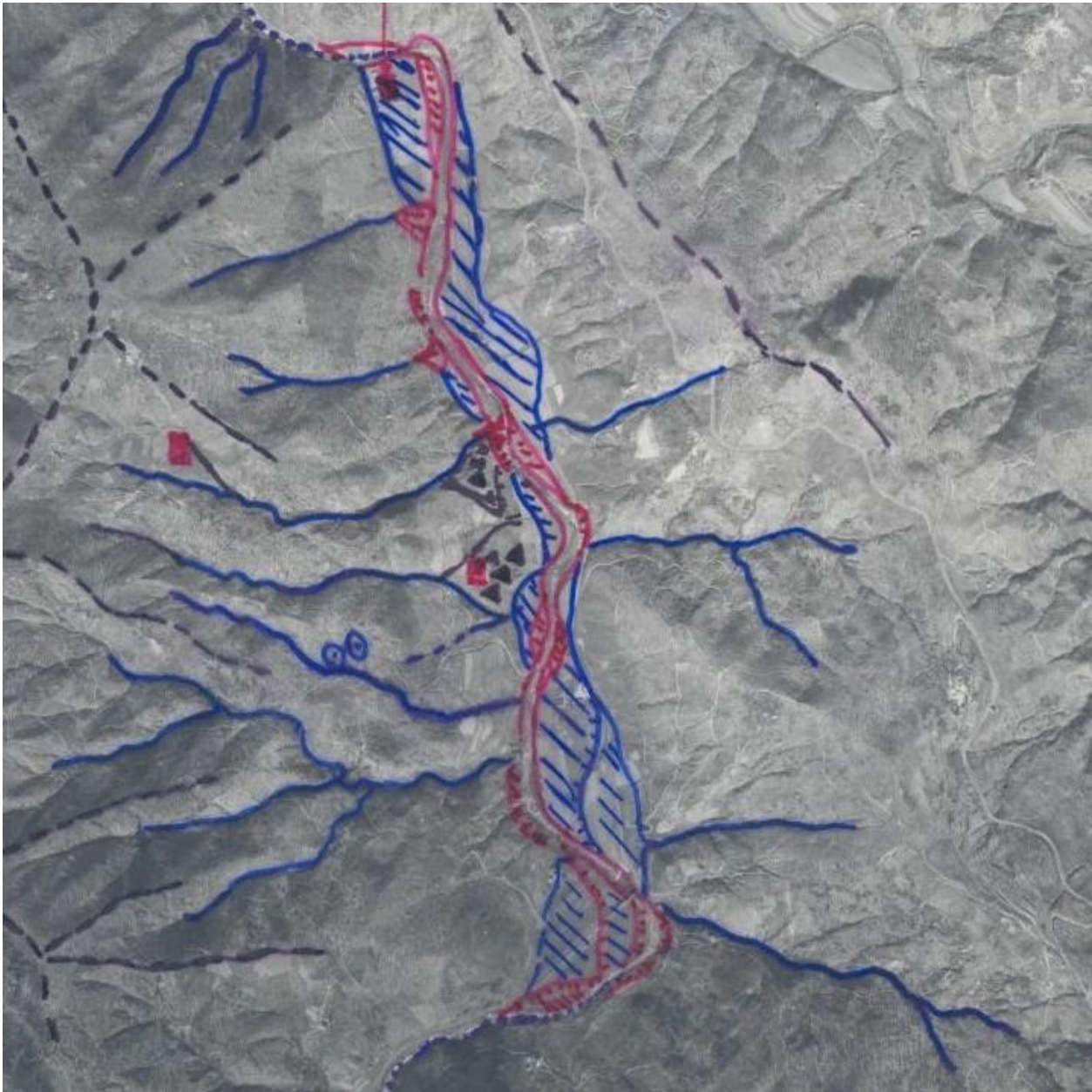
9 bis – Particolare della foto precedente



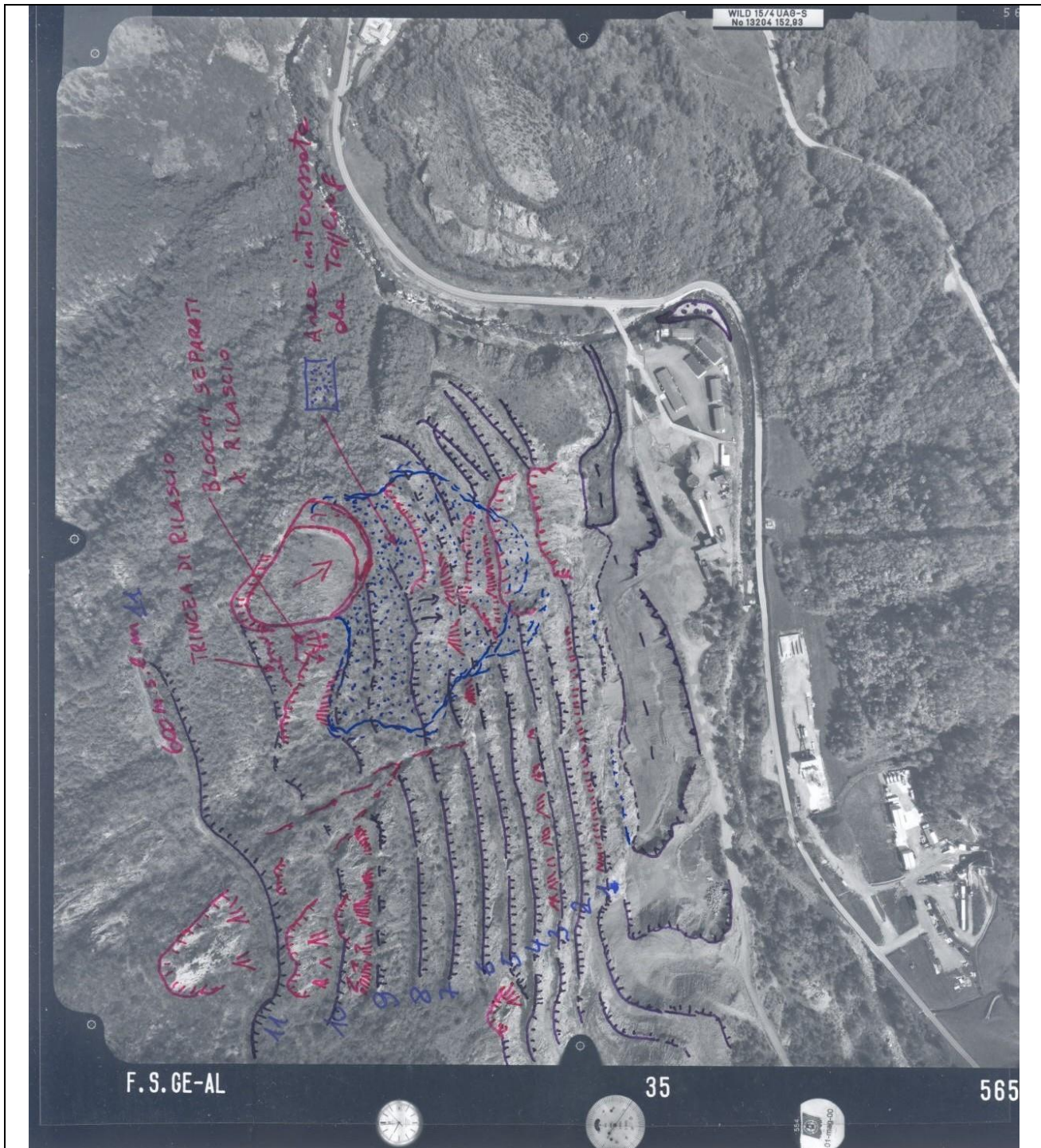
10 - Fotoarea IGM del 1951 – Ripresa aerea precedente la coltivazione del versante da parte di

Cementir. Sono evidenziati in azzurro la rete idrografica e i terrazzi alluvionali stabili. In nero sono evidenziati gli spartiacque principali e i due conoidi di tipo misto posti alla base del versante che secondo la cartografia IFFI sarebbe stato interessato da una frana complessa. In rosso sono evidenziate le ripe di erosione torrentizia, il letto di piena ordinaria e le aree esondabili. Con i circoletti azzurri sono indicate due piccole doline.

Ferreria Vecchia



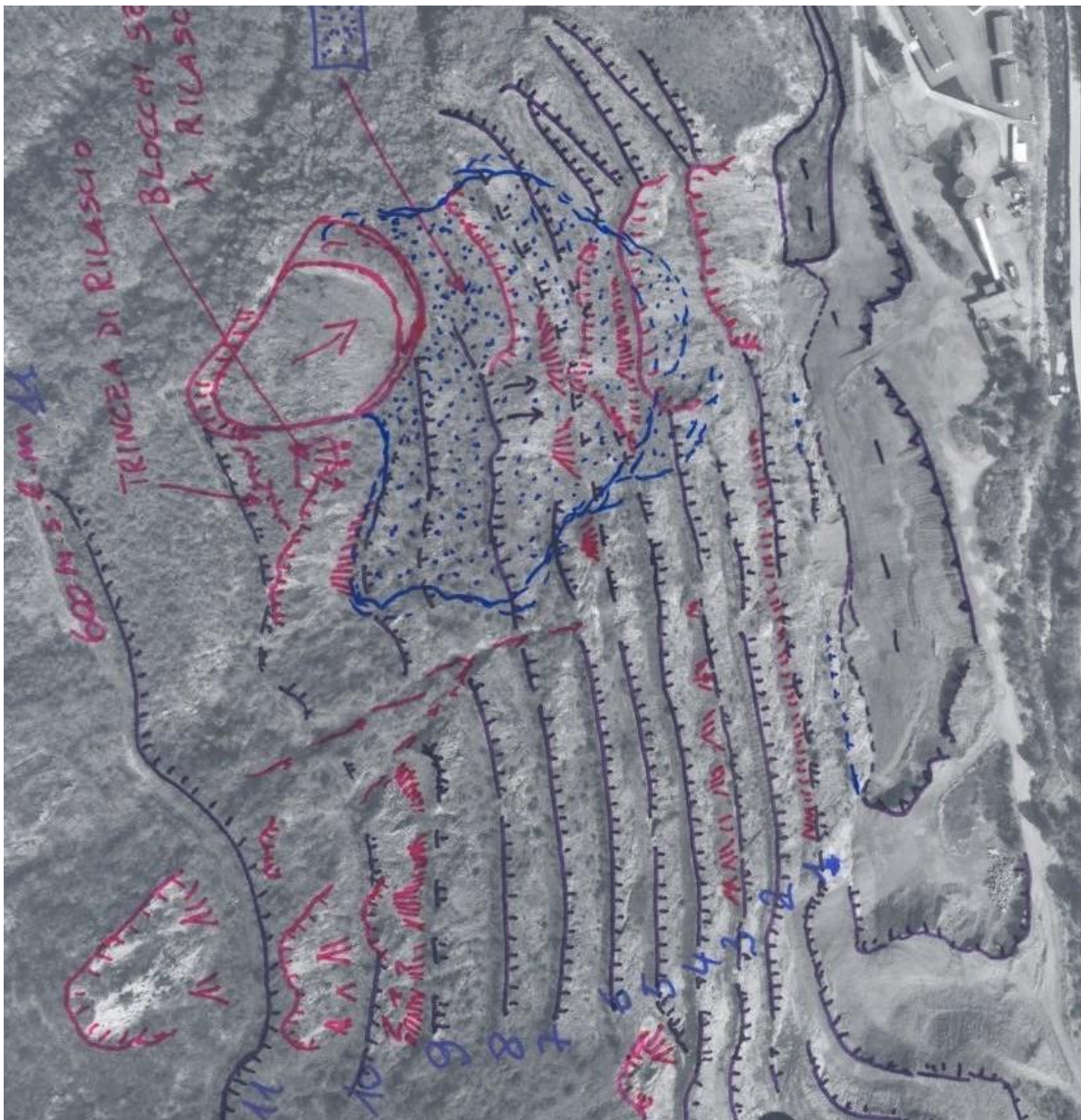
10 bis – Particolare della foto precedente della Val Lemme (tratto a monte del versante interessato in epoca successiva - anni 70-80 - all'attività estrattiva). Rispetto ai rilievi del 1951 la dinamica torrentizia di questo tratto del T. Lemme appare sostanzialmente immutata.



11 – Fotoarea del 2000 ove sono evidenziate, sul margine inferiore, le banche da 1 a 11; in rosso sono evidenziate i processi erosivi che interessano il versante di coltivazione. Il puntinato azzurro evidenzia l'area interessata da ribaltamento (uncinatura) degli strati. In corrispondenza



della banca n. 10, in fregio all'accumulo di frana (area con freccia rossa), sono evidenziate le trincee che isolano i prismi rocciosi instabili monitorati dalla mira n. 6. Non è raffigurata la porzione di versante situata tra M. delle Rocche e la banca n. 11.



11 bis – Particolare della foto precedente