

Geologia applicata degli ammassi rocciosi strutturalmente complessi
Pennabilli, 18 Settembre 2015

La Rupe di Torriana:
studio e interventi di mitigazione del rischio

Claudio Corrado Lucente

Inquadramento territoriale

Geologia

Il dissesto idrogeologico

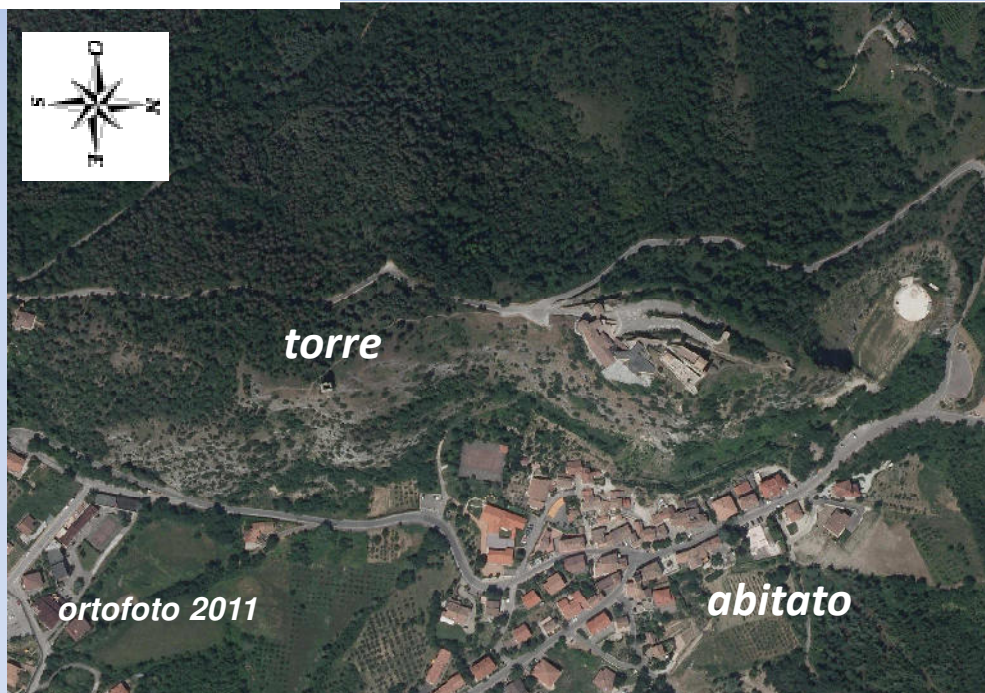
Rilievo geo-strutturale

Analisi di stabilità

Simulazione caduta massi

Interventi di mitigazione del rischio



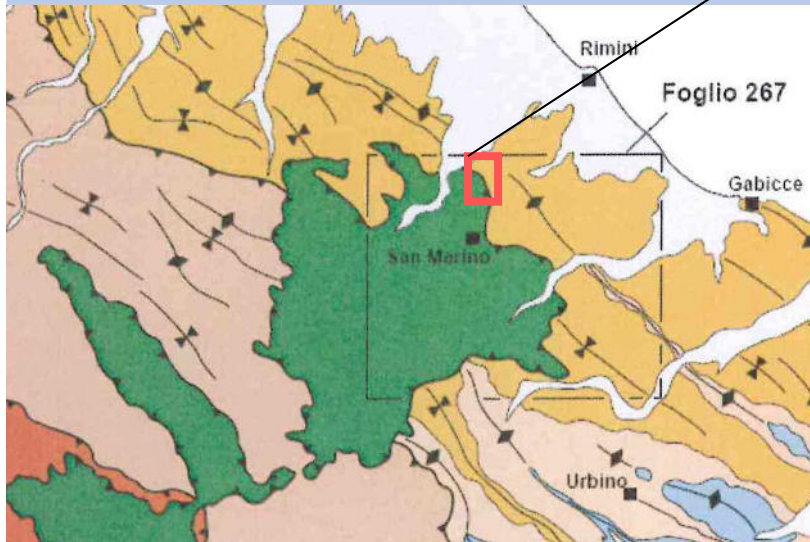


L'abitato si sviluppa ai piedi della rupe calcarea e arenitica poggiante su argille

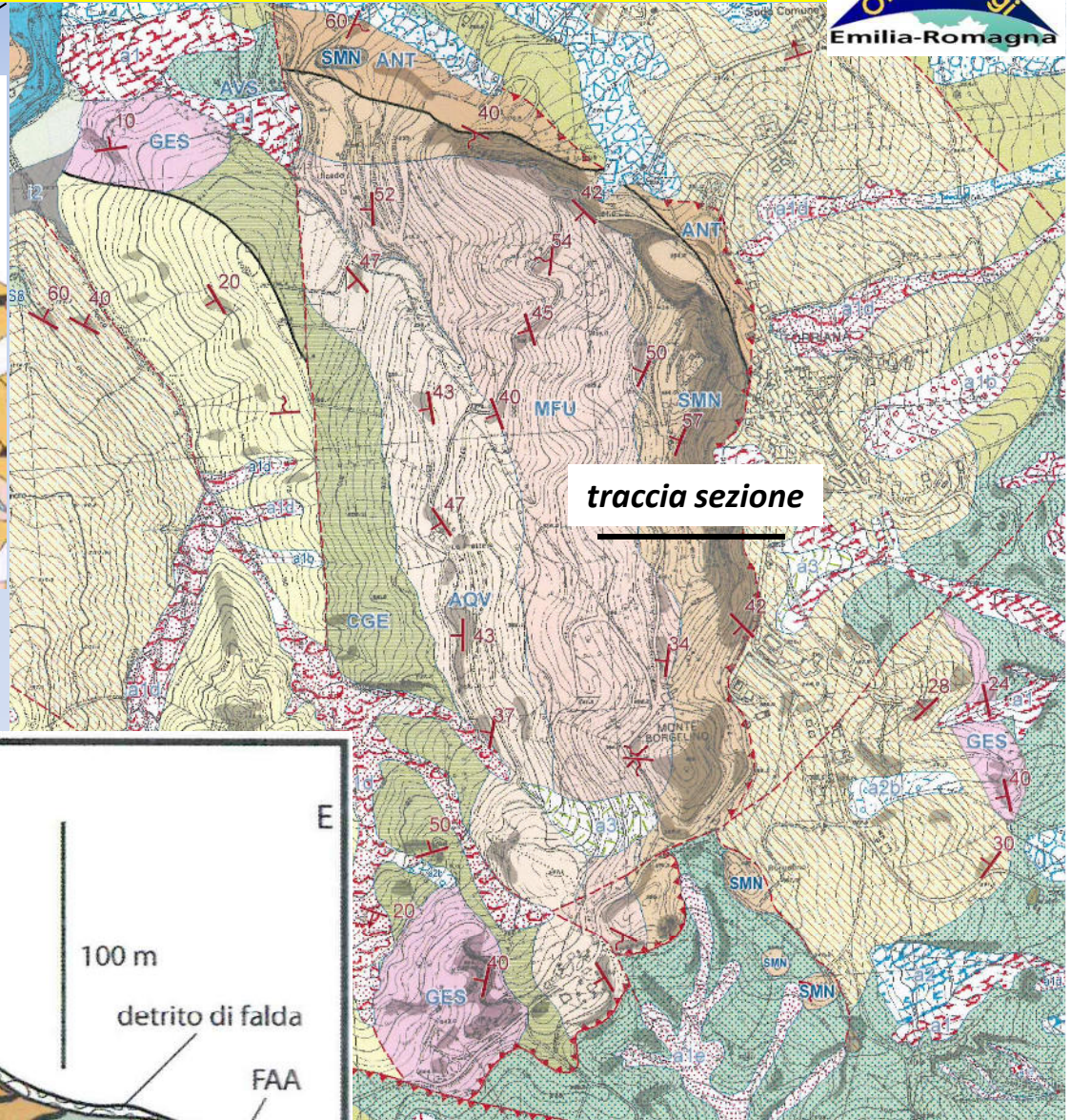
Geologia



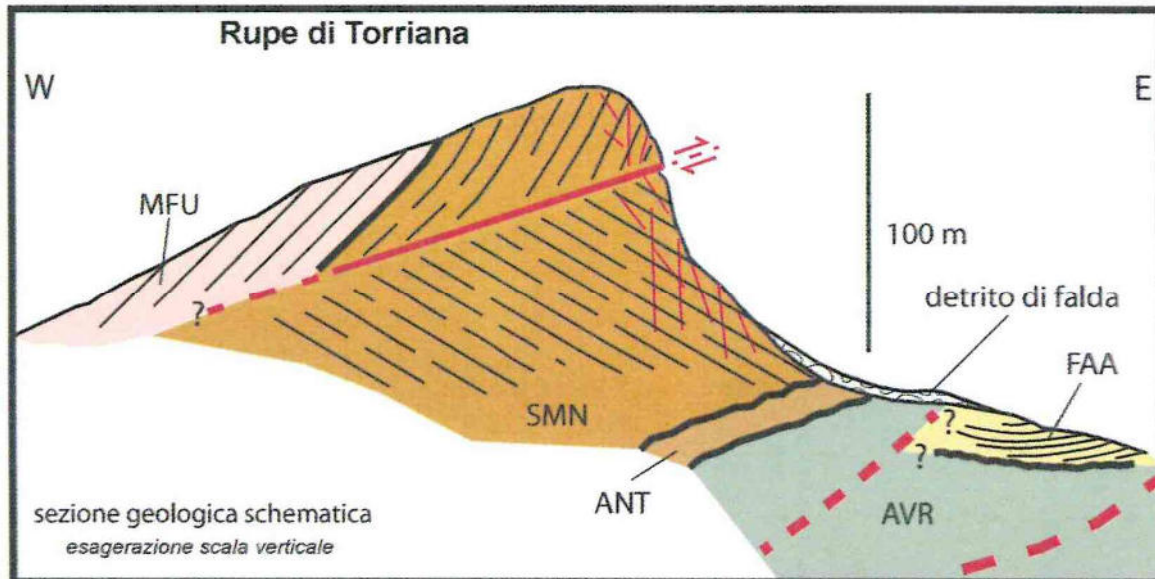
SERVIZIO TECNICO DI
BACINO ROMAGNA



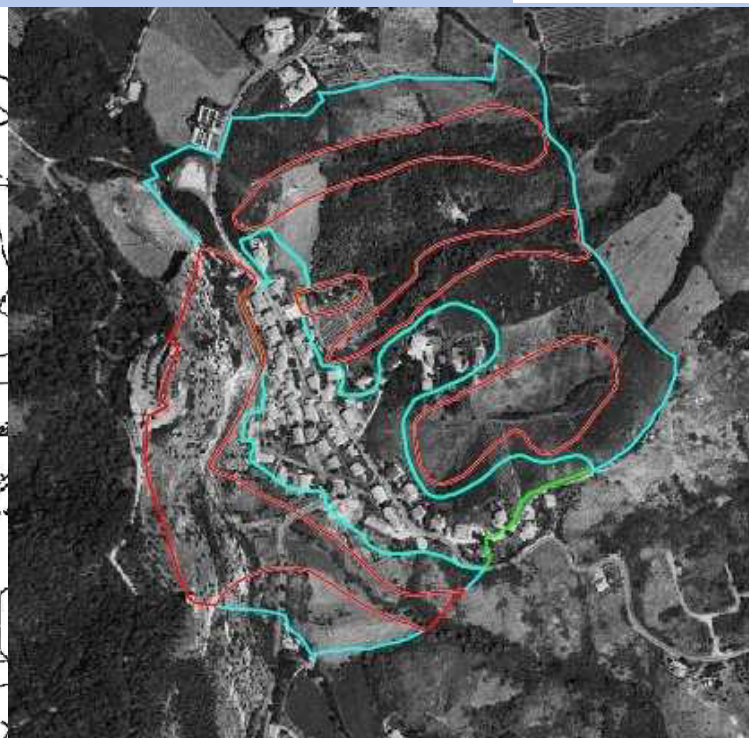
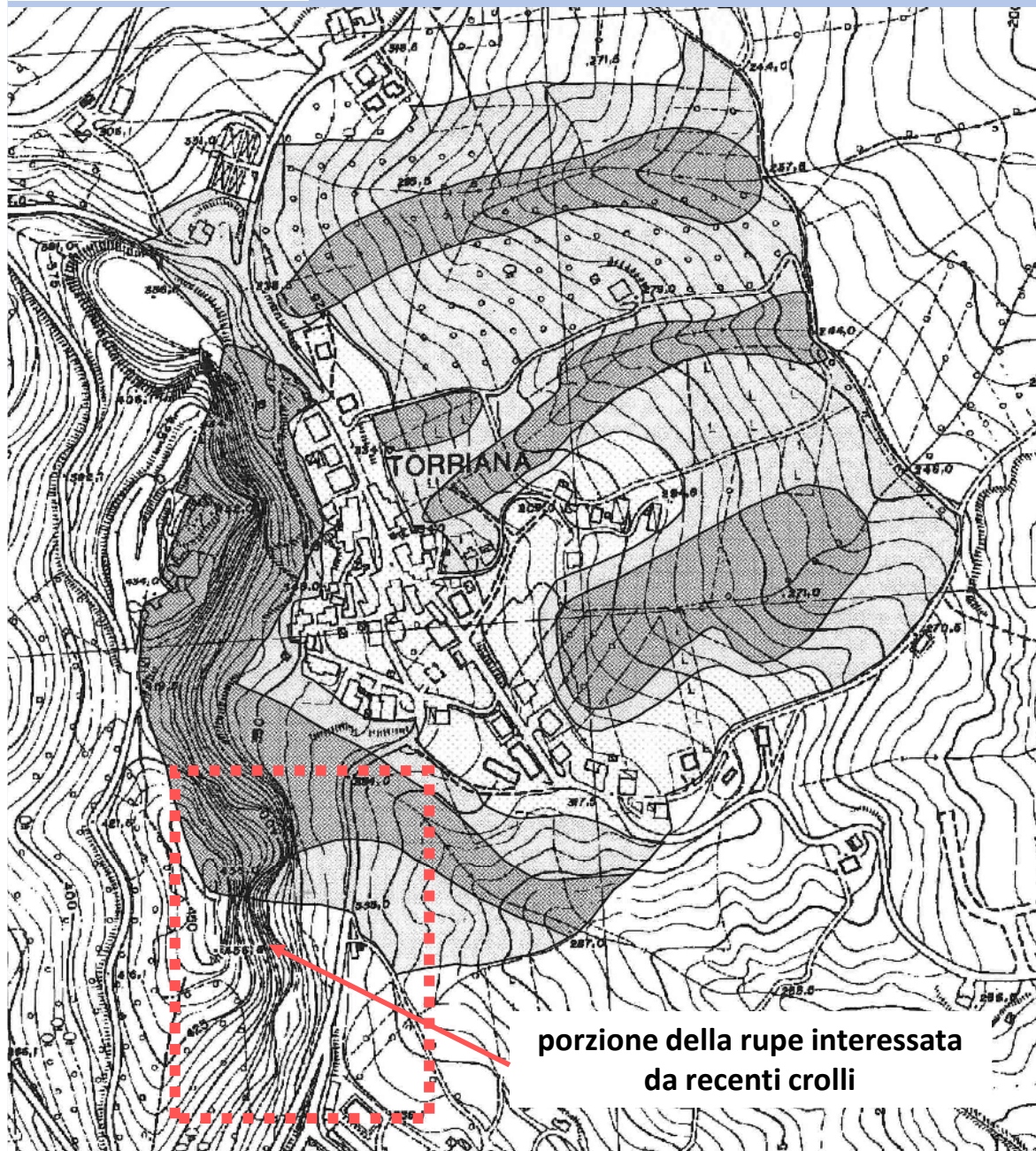
Stralcio schema strutturale (da Foglio 267 "San Marino")



traccia sezione



Stralcio della Carta Geologica scala
1:10.000 – sezione 267010 "Torriana"
– Regione Emilia-Romagna



Dichiarato da consolidare
con Del. Cons. Reg. n. 2470 del 22 novembre 1979,
perimetrazione e normativa approvate con
Del. Giunta Reg. n. 2201/98 del 30 novembre 1998

LEGENDA

Zona A



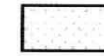
Zona in frana o interessata da
movimenti franosi in passato

Zona B



Zona di possibile evoluzione di
movimenti franosi adiacenti

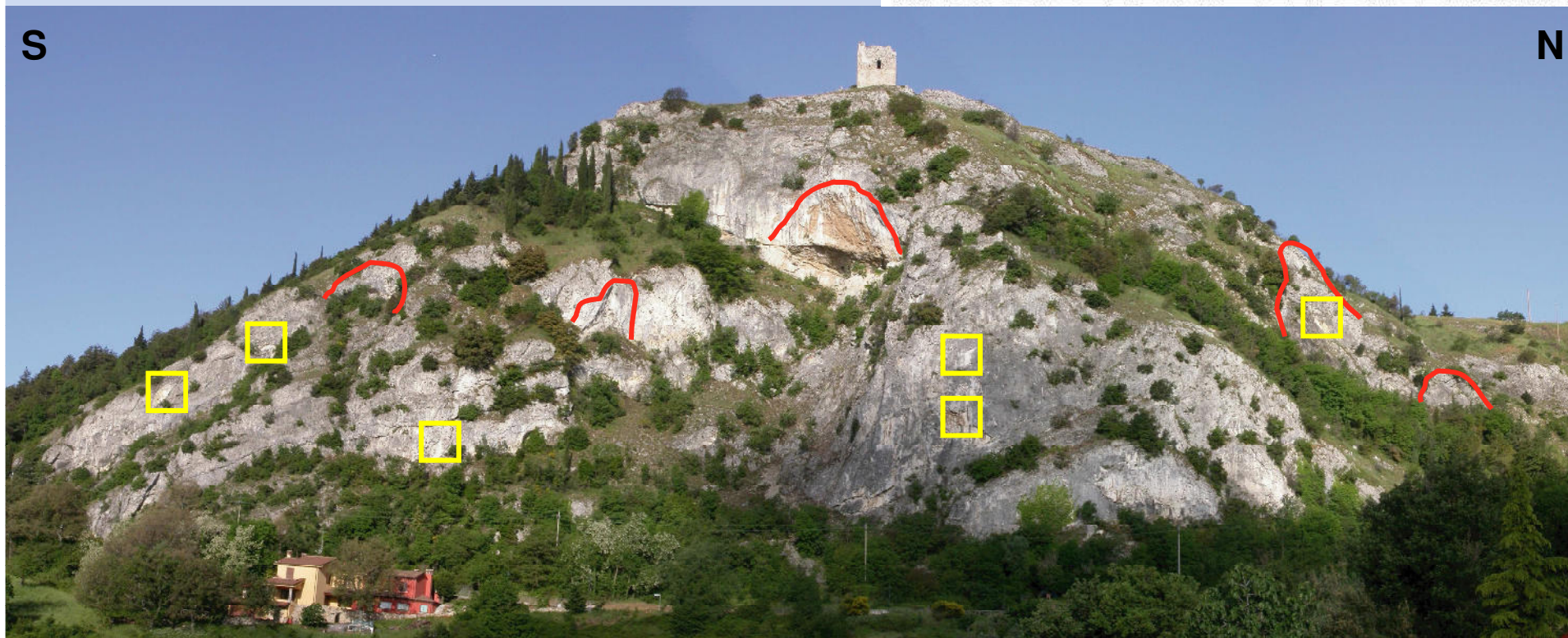
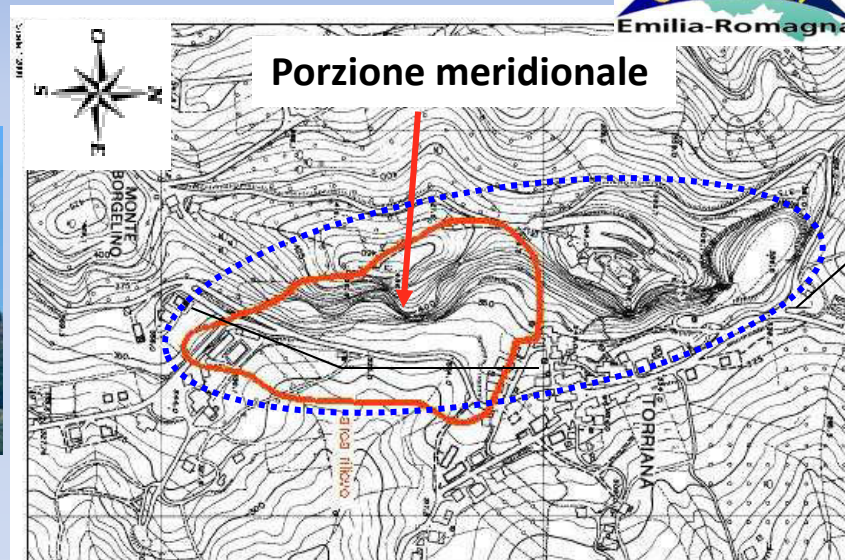
Zona C

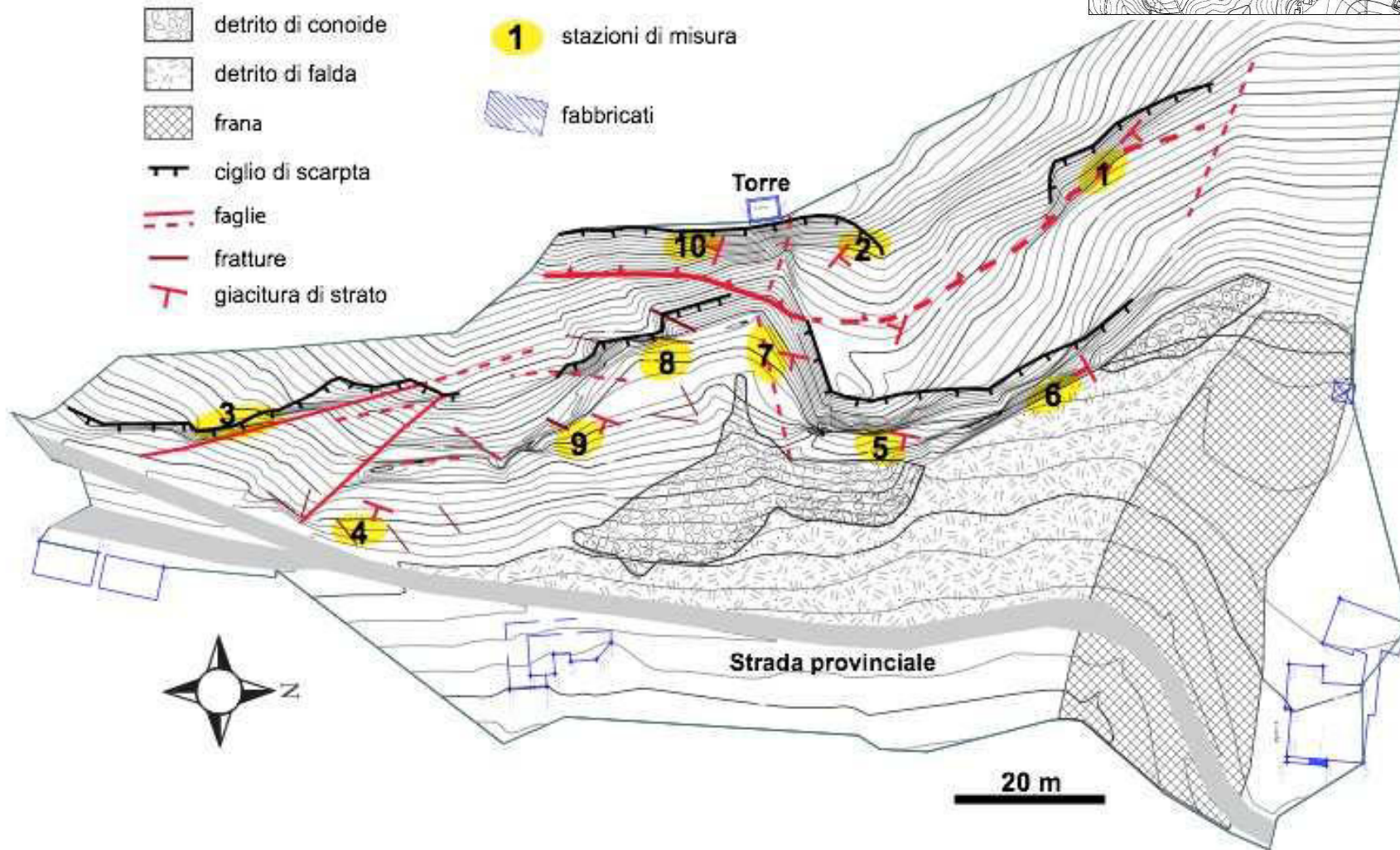
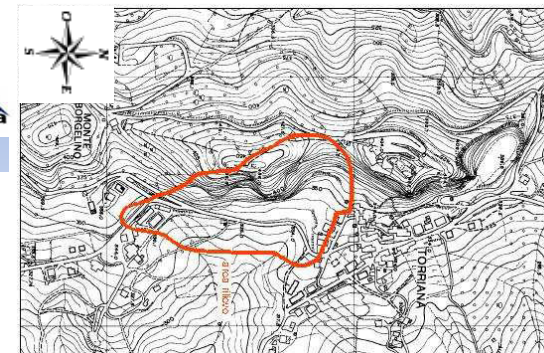


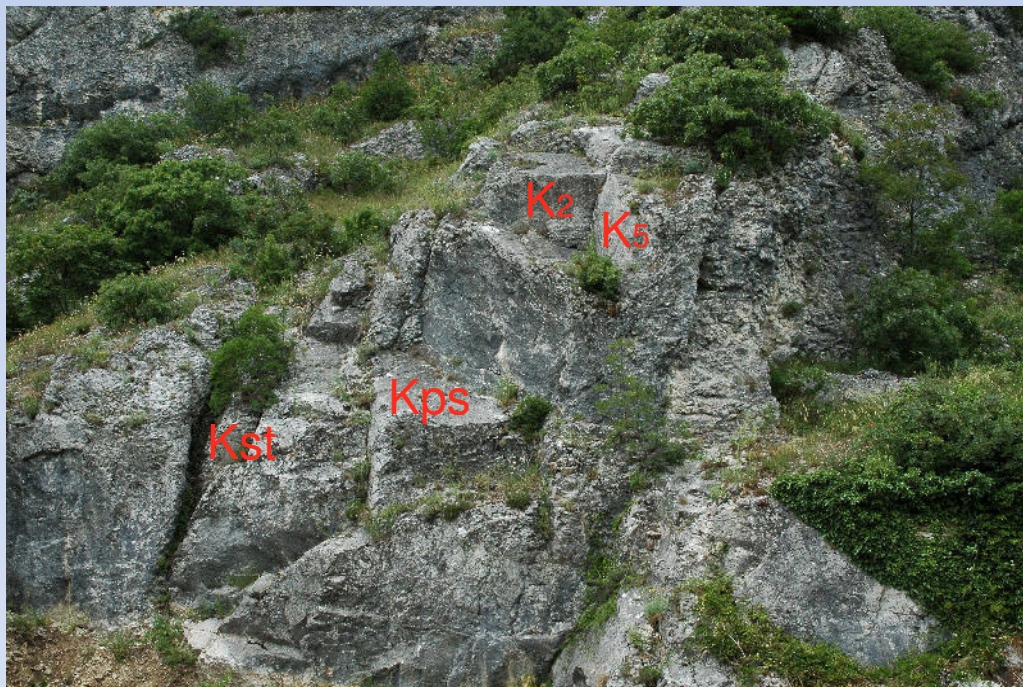
Zona sensibile



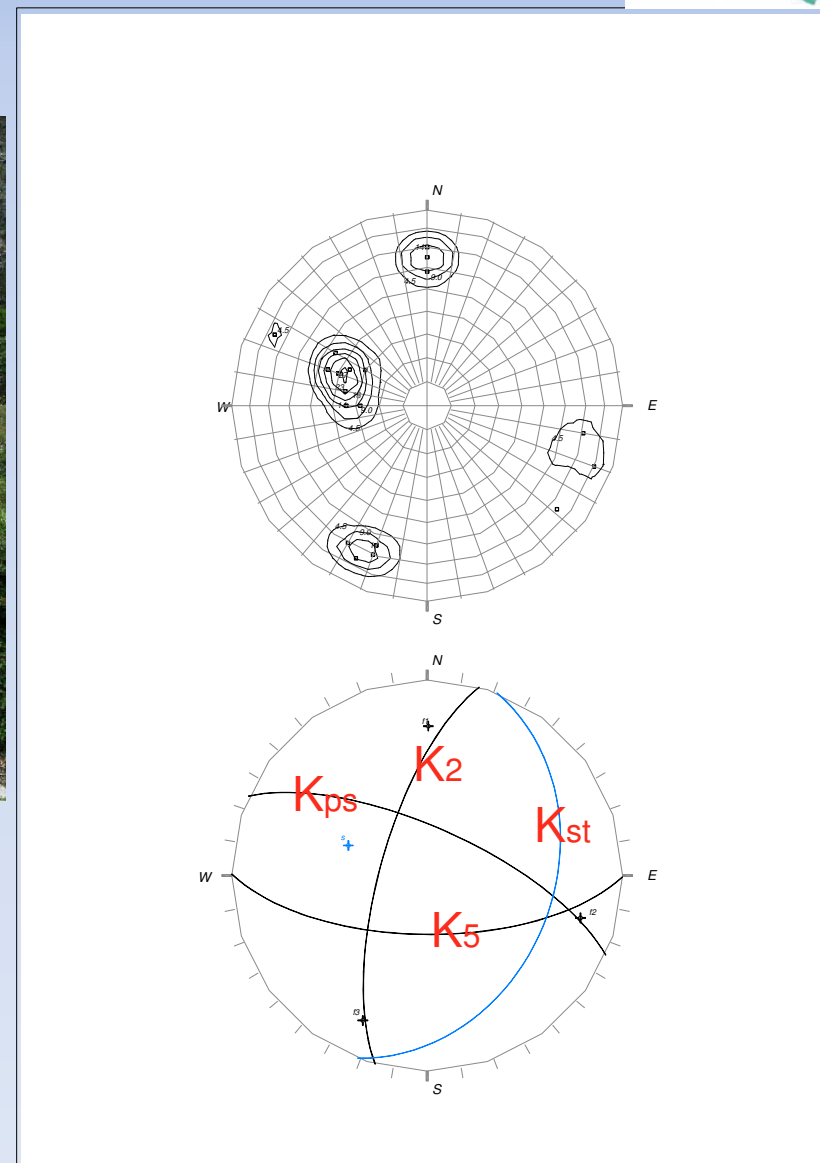
Crolli recenti





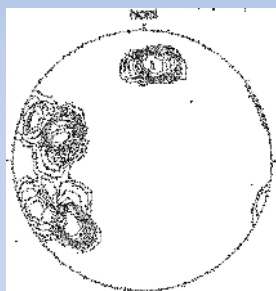


Stazione di misura n. 4

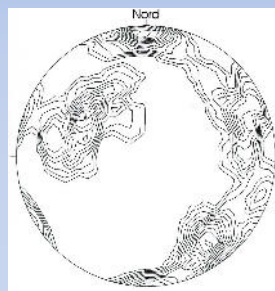


Rappresentazione stereografica delle discontinuità – emisfero inferiore, reticolo equiareale di Schmidt - Lambert

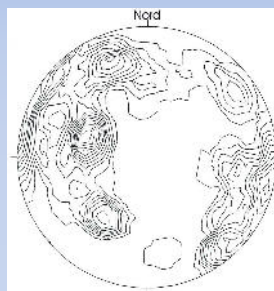
SERVIZIO TECNICO DI
BACINO ROMAGNA



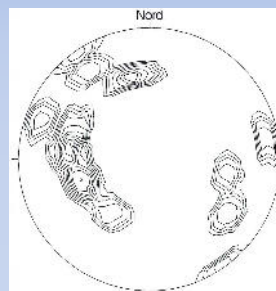
Dominio 1



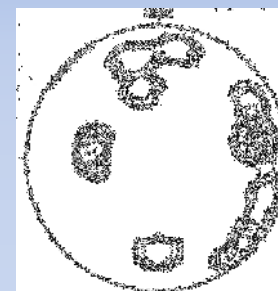
Dominio 2



Dominio 3



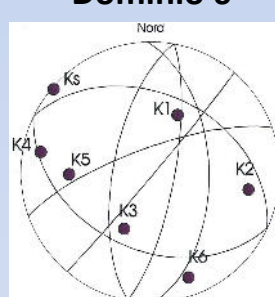
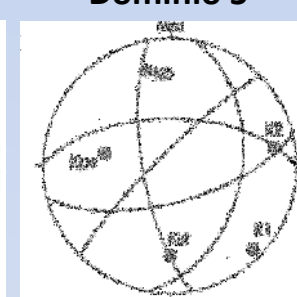
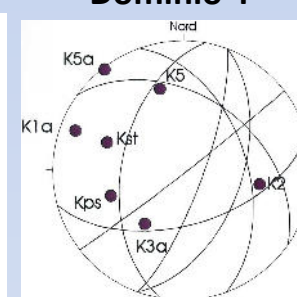
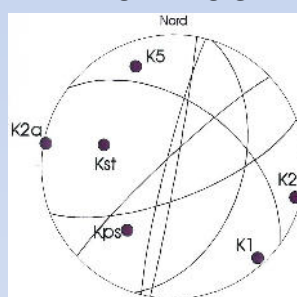
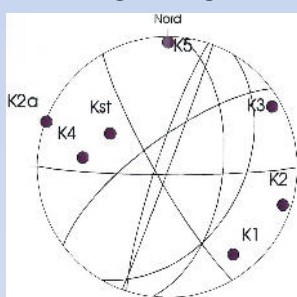
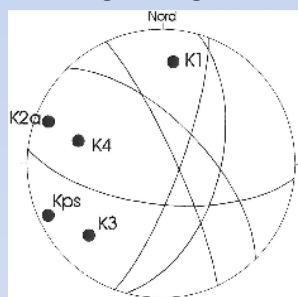
Dominio 4



Dominio 5

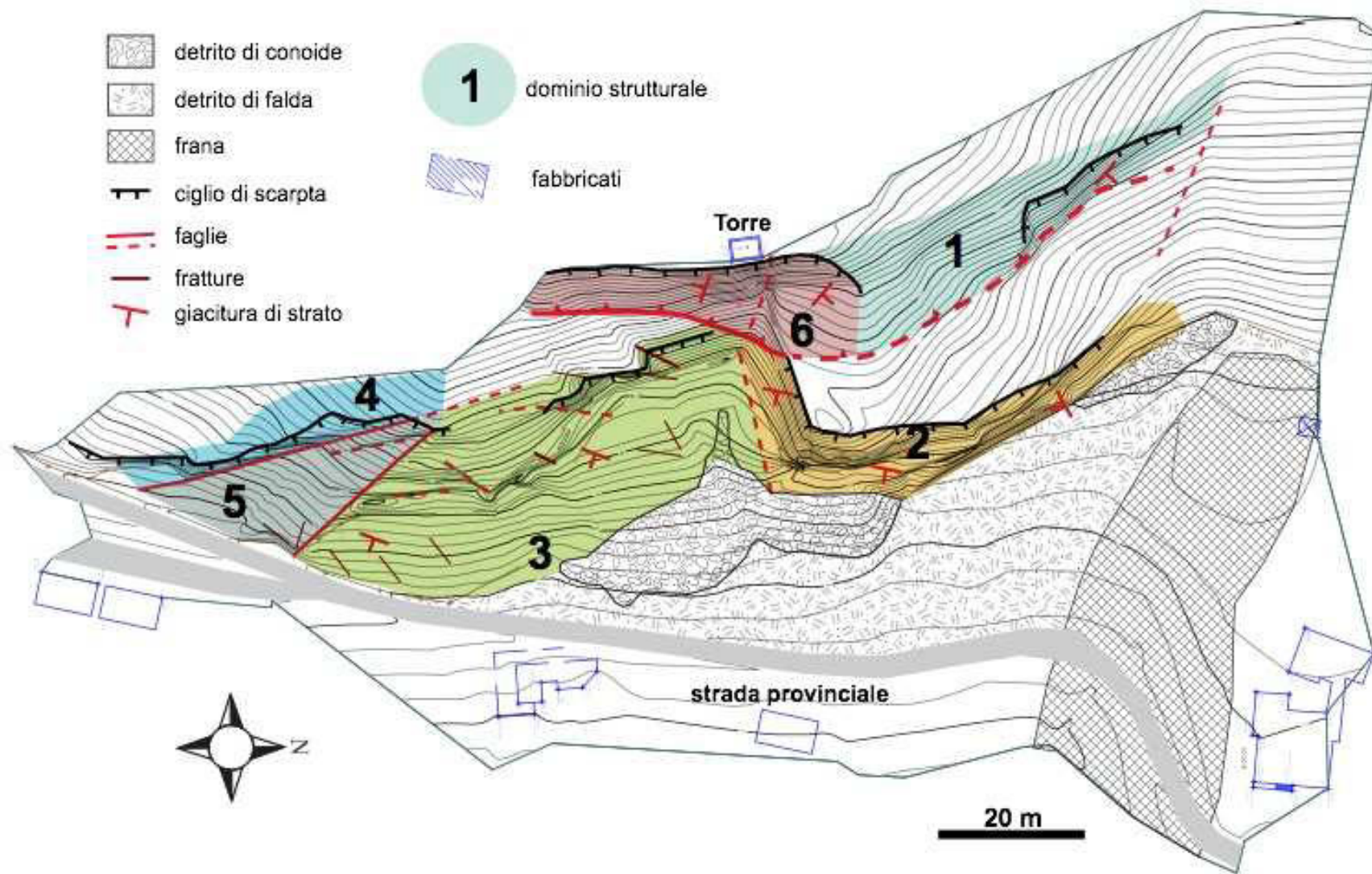


Dominio 6



| Zona | Famiglie di giunti | Note |
|-----------|---|---|
| Dominio 1 | K1) N186°/65° - K3) N045°/65° - Kps) N065°/82° K4) N105°/54° - K2 _a) N110°/79° | Parte superiore della parete, lato nord. Kps famiglia dominante con assetto a franapoggio |
| Dominio 2 | K1) N323°/73° - K2) N288°/83° - K3) N240°/82° K2) N096°/55° - K2 _a) N110°/89° - K5) N180°/85° K _s) N120°/42° | Parte inferiore delle pareti, lato nord. Presenza di giunti a traversopoggio molto persistenti |
| Dominio 3 | K1) N317°/84° - K2) N284°/85° - K2 _a) N100°/88° K5) N159°/70° - Kst) N107°/46° - Kps) N036°/50° | Parte inferiore delle pareti, settore centrale. Presenza di giunti a traversopoggio molto persistenti. |
| Dominio 4 | K1 _a) N110°/77° - K2) N280°/51° - K3 _a) N035°/42° K5) N164°/55° - K5 _a) N142°/88° - Kst) N110°/52° Kps) N070°/49° | Parte inferiore delle pareti, settore centrale. Presenza di giunti a traversopoggio molto persistenti. |
| Dominio 5 | K1) N315°/82° - K2) N260°/72° - K ₅) N165°/66° Kst) N000°/60° - Kps) N100°/43° | Parte inferiore del versante, lato sud, confermata a ripida rampa rocciosa. Numerosi cunei rocciosi potenzialmente critici. |
| Dominio 6 | K1) N205°/40° - K2) N280°/66° - K3) N025°/40° K4) N100°/76° - K ₅) N088°/53° - K6) N340°/75° Ks) N130°/88° | Parete superiore della rupe, lato nord e centrale. Struttura dell'ammasso roccioso a blocchi cementati, in unione a giunti sistematici sovrainposti con spaziatura metrica. |

Domini geo-strutturali



Caratteri morfologici principali delle discontinuità

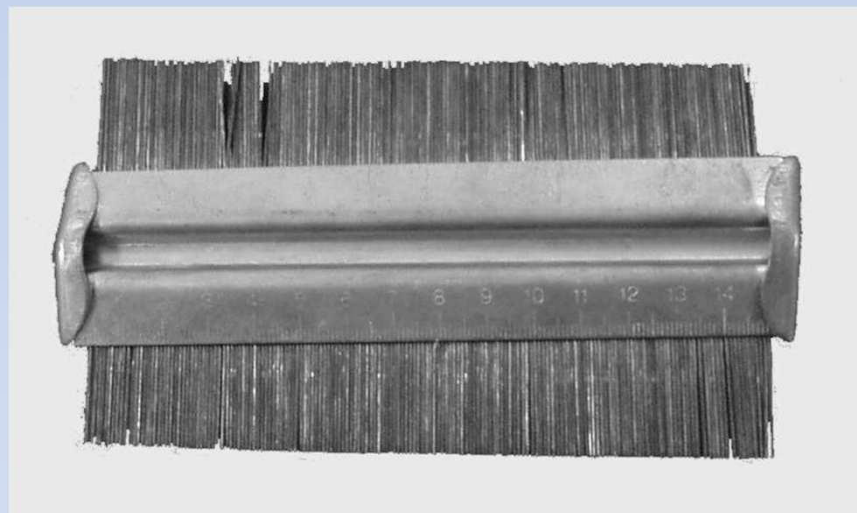
| | |
|---------------------------|--|
| spaziatura | molto variabile, da moderata (200-600 mm) a molto larga (2-6 m), con le spaziature maggiori riferite ai giunti di maggior persistenza, mentre le famiglie con minor persistenza possiedono sempre le spaziature inferiori (generalmente 200 mm); |
| persistenza | eccezion fatta per le discontinuità con persistenza molto alta (>20m) riferibile a giunti spesso parzialmente tettonizzati, la persistenza delle fratture risulta solitamente molto bassa (<1m) con le terminazioni di tipo dd (terminazione di discontinuità su altra discontinuità). |
| scabrezza | profilo di rugosità mediamente ondulato - liscio (classe V) alla scala intermedia (metri); |
| apertura | - in generale con apertura da moderatamente larga a molto larga (2,5-100 mm); raramente l'apertura è stata rilevata stretta o parzialmente aperta (0.1-2.5mm); in pochi casi si è riscontrata un'apertura cavernosa (>1m). |
| riempimento | prive di riempimento continuo; si segnala comunque, che nella parte più esterna dei giunti Kst del domino 3 si è rilevata la presenza di limo argilloso rossiccio, umido |
| alterazione | talora decolorate per alterazione della parte superficiale (1-2 mm), generalmente fresche |
| Presenza H ₂ O | le discontinuità sono state rilevate asciutte; tuttavia, sono presenti evidenti segni di ossidazione per l'instaurarsi di flussi d'acqua in concomitanza di precipitazioni atmosferiche. |

Parametro JRC con pettine di Barton

Profili di comparazione per la valutazione del valore di JRC in sito (secondo Barton)

| | JRC |
|--|---------|
| | 0 ÷ 2 |
| | 2 ÷ 4 |
| | 4 ÷ 6 |
| | 6 ÷ 8 |
| | 8 ÷ 10 |
| | 10 ÷ 12 |
| | 12 ÷ 14 |
| | 14 ÷ 16 |
| | 16 ÷ 18 |
| | 18 ÷ 20 |

0 5 10 cm



Valori JRC misurati compresi tra 7 e 13;
valore più frequente JRC = 9.

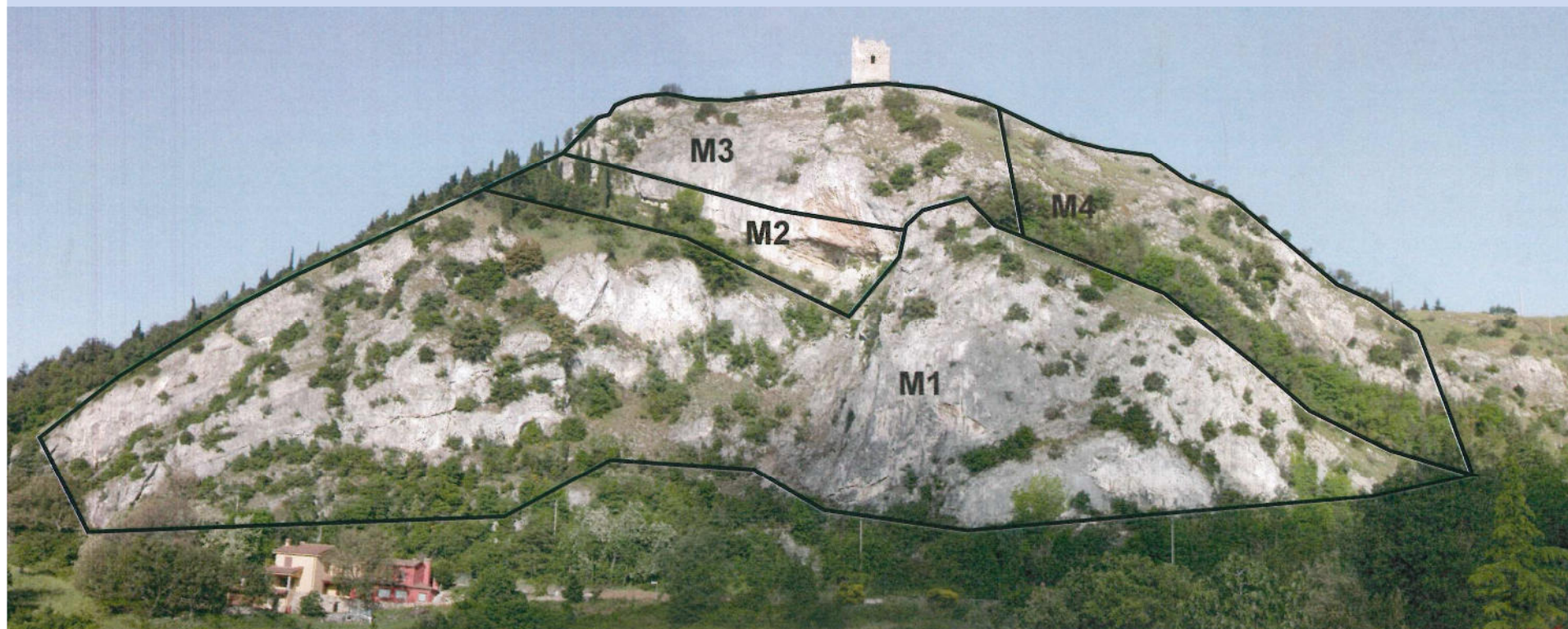
Parametro JCS da prove in situ con martello di Schmidt

| Superficie di prova | Posizione martello | | Numero rimbalzi | | | | | | | | | | | Media calcolata | Resistenza a compressione monoassiale (MPa) | Alterazione relativa delle superfici (R/r) |
|--------------------------------------|--------------------|---|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|-----------------|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kps; Dominio 1 | ↙ | r | 41 | 35 | 38 | 40 | 37 | 41 | 26 | 28 | 36 | 41 | 40,2 | 73 | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | |
| Kst Dominio 2; piano basale pilastro | ↙ | r | | | | | | | | | | | | 105 | | |
| | | R | 40 | 46 | 38 | 51 | 48 | 47 | 46 | 31 | 44 | 47 | 47,8 | | | |
| K5 Dominio 2; | ← | r | 39 | 40 | 31 | 43 | 47 | 30 | 32 | 30 | 40 | 24 | 41,8 | 74 | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | |
| K1; Dominio 3 | ↙ | r | 39 | 36 | 37 | 34 | 38 | 36 | 27 | 30 | 37 | 27 | 37,4 | 50 | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | |
| Kst; Dominio 3 | ↙ | r | 43 | 46 | 28 | 40 | 41 | 48 | 30 | 44 | 27 | 28 | 44,4 | 93 | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | |
| Kst; Dominio 3 | ↙ | r | 35 | 30 | 28 | 28 | 36 | 29 | 31 | 40 | 27 | 42 | 36,8 | 64 | | 1,28 |
| | | R | 40 | 36 | 47 | 50 | 46 | 43 | 50 | 35 | 40 | 38 | 47,2 | | | |
| Kst; Dominio 4 | ↙ | r | 38 | 28 | 32 | 44 | 37 | 42 | 43 | 35 | 39 | 30 | 41,2 | 75 | | |
| | | R | | | | | | | | | | | | | | |
| Parete di faglia; Dominio 4 | ← | r | 48 | 26 | 16 | 22 | 24 | 16 | 26 | 24 | 31 | 20 | 31 | 40 | 1,12 | |
| | | R | 32 | 34 | 27 | 31 | 32 | 34 | 42 | 28 | 30 | 30 | 34,6 | | | 50 |

r = 40 jcs = 70Mpa superficie alterata
R = 47 JCS = 100Mpa superficie sana

Domini geomeccanici

- Il Dominio M1 raggruppa i domini geo-strutturali 2, 3, 4, e 5;
- Il Dominio M2 è costituito dalla parte inferiore del dominio geo-strutturale 6;
- Il Dominio M3 è costituito dalla parte superiore del dominio geo-strutturale 6;
- Il Dominio M4 è costituito dalla zona del dominio geo-strutturale 1



Classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi appartenenti ai 4 Do..... con il metodo R.M.R di Bieniawski (1973, 1979)

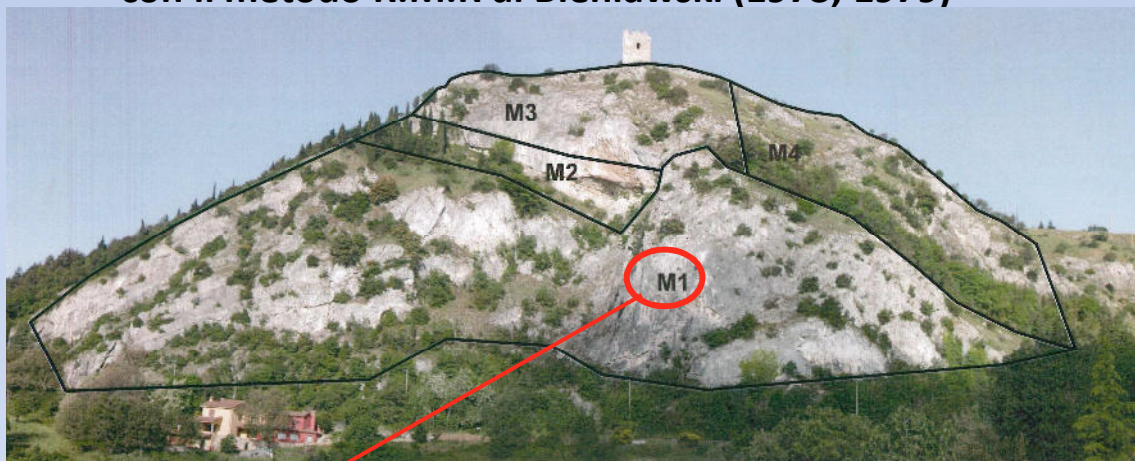
M1 = 61,5

M2 = 50

M3 = 56,5

M4 = 59,5

Classe III - Discreto



Caratterizzazione geomeccanica dell' ammasso roccioso

| Parametri significativi | | | Valori |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------|
| R1 | Resistenza a compressione monoassiale | 100 MPa | 9.5 |
| R2 | R.Q.D. | 50% | 10 |
| R3 | Spaziatura giunti | 200-600mm | 10 |
| R4 | Condizioni delle discontinuità | Poco rugose | 2 |
| | | Apertura 1-5mm | 1 |
| | | Lungh. 1-3m | 4 |
| | | Riemp. nessuno | 6 |
| | | Leggerm. alterati | 4 |
| | | | =17 |
| R5 | Venute d' acqua | Nessuna | 15 |
| B.M.R. = R1+R2+R3+R4+R5 | | | 61.5 |
| Coesione (KPa) = 5 x BMR | | | 307 |
| ϕ' (°) = (BMR/2)+5 | | | 35 |
| Modulo di deformazione E_m (GPa) | | | 23 |

Valori tipici rilevati

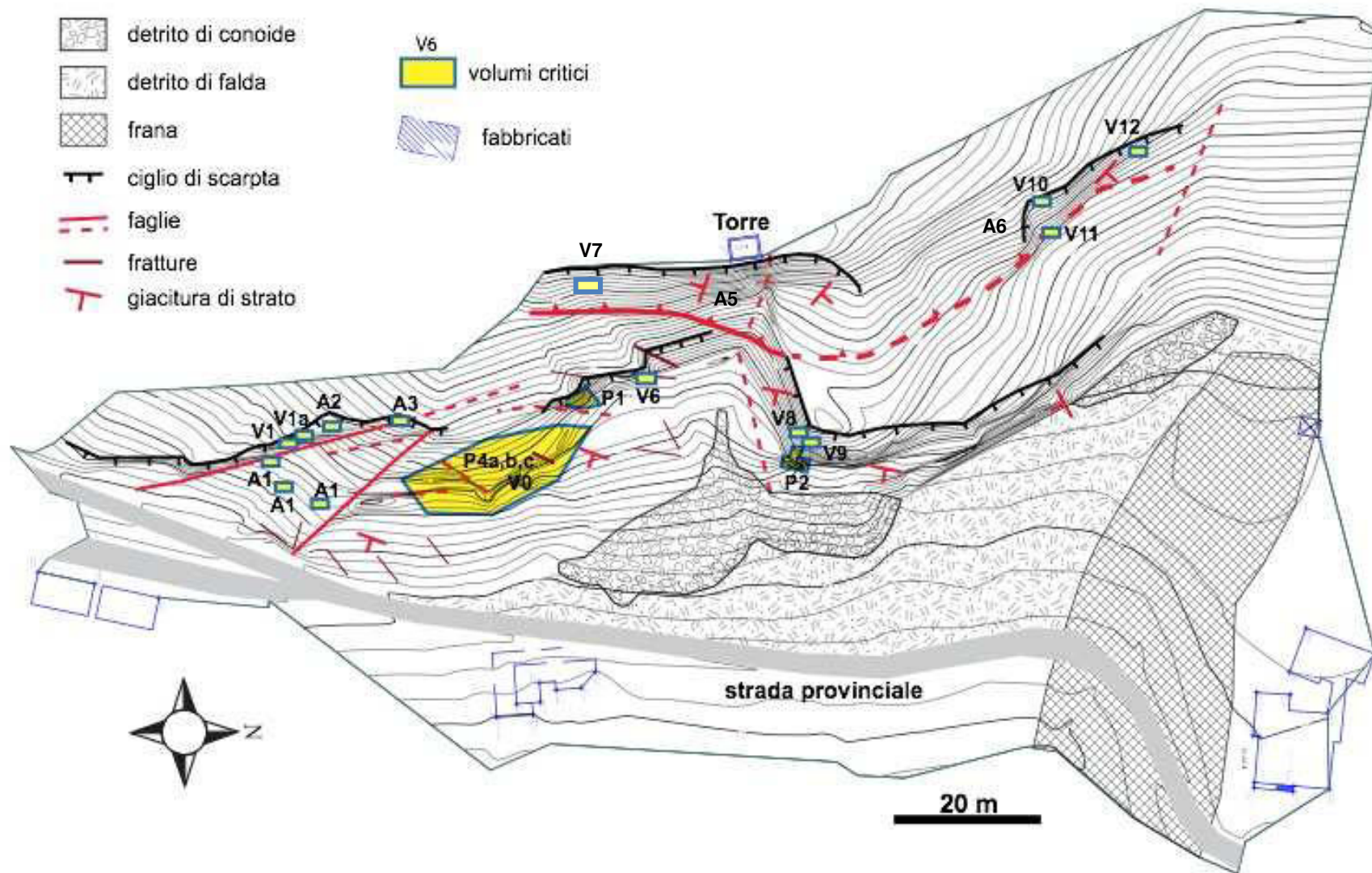
| PARAMETRI | VALORI TIPICI (min – max) | INDICE RMR (min – max) |
|-----------|---|------------------------|
| R1 | 40 ÷ 100 | 6 ÷ 12 |
| R2 | 30 ÷ 90 | 8 ÷ 17 |
| R3 | 200 mm ÷ 600 mm | 10 ÷ 15 |
| R4 | bassa persistenza superficie ondulate – lisce/ legg. scabre apertura 0,25 -10 cm pareti da fresche a legg. alterate | 10 ÷ 25 |
| R5 | da asciutto a umido | 10 ÷ 15 |

Volumi critici

Il rilievo geostrutturale, attraverso la raccolta dei parametri geometrici e morfologici delle fratture ha consentito di individuare alcune aree lungo la parete rocciosa ad elevata criticità con blocchi anche di volume importante in condizioni di equilibrio precario e potenzialmente suscettibili al crollo



Volumi critici



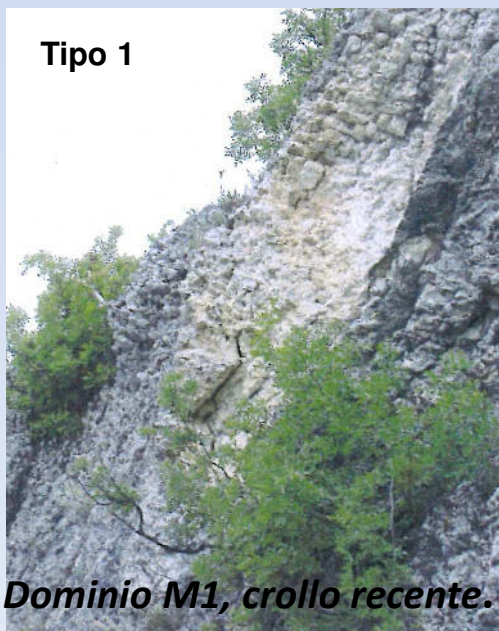
Volumi critici

Tipo 1: crollo corticale con ridotti volumi (max. 5 m³) che comporta la discesa a valle di detrito roccioso di piccola pezzatura. Interessa la porzione rilassata, intensamente fratturata dell'ammasso roccioso.

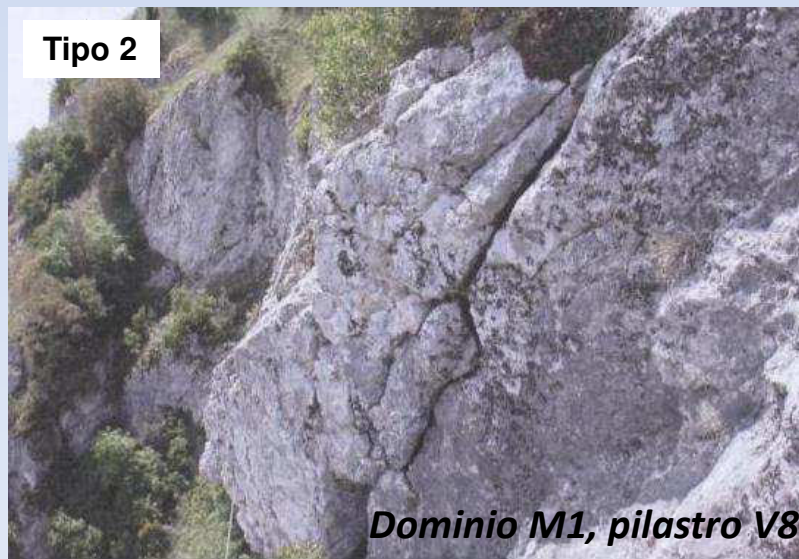
Tipo 2: rottura lungo piani di frattura persistenti e aperti che governano il rilascio di singole masse rocciose per scorrimento. Generalmente il piano di scorrimento è dato dalle famiglie Kst e Kps (o dalla loro intersezioni) mentre le superfici di rilascio a tergo è dato da giunti sub-verticali (*tension crack*) K2 e K5.

Tipo 3: rottura generalizzata per fenomeni di crollo che interessano porzioni aggettanti di ammasso roccioso fittamente fratturato e interessato all'interno da giunti subverticali e da giunti suborizzontali sfavorevoli alla stabilità. Fenomeno meno frequente.

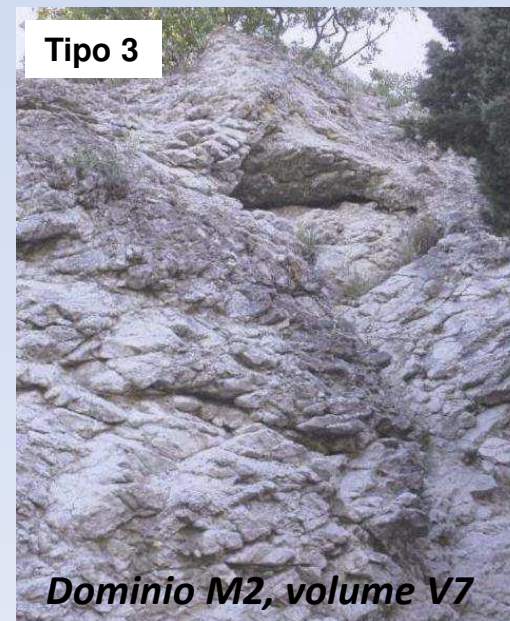
Tipo 1

*Dominio M1, crollo recente.*

Tipo 2

*Dominio M1, pilastro V8*

Tipo 3

*Dominio M2, volume V7*

Parametri geomeccanici

I parametri geomeccanici utilizzati per verifiche di stabilità fanno riferimento al criterio di rottura di Barton-Bandis (JRC, JCS, ϕ_{base} , ϕ_{res} , ϕ_{picco}) e al criterio di rottura Mohr-Coulomb (angolo di resistenza al taglio e coesione istantanei).

Tali parametri sono stati utilizzati per la modellazione dei blocchi rocciosi caratterizzati dal tipo 2 di rottura, presenti essenzialmente nei domini geomeccanici M1 e M4.

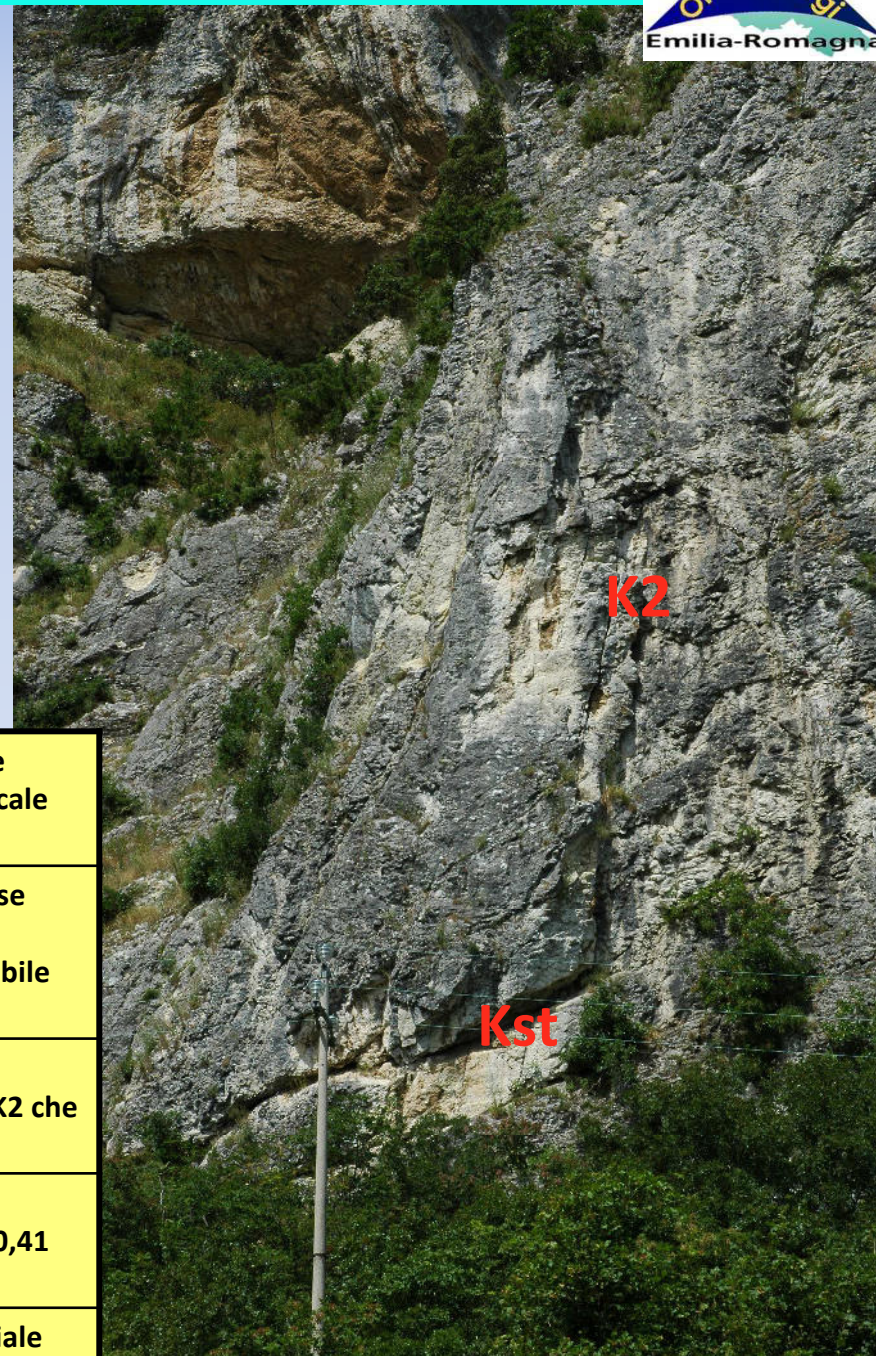
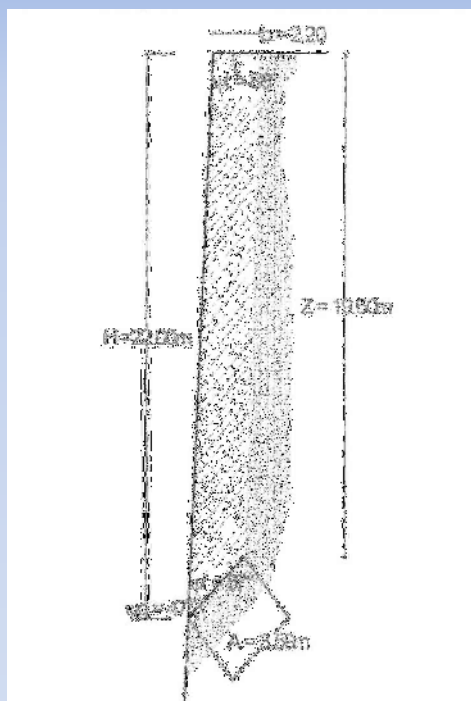
| BLOCCO INSTABILE | CARATTERISTICHE SUPERFICIE SCIVOLAMENTO | | | |
|---------------------|--|-----|-------------|----------------|
| | JCS | JRC | c' (kPa) | ϕ' (°) |
| V10 | 70 | 13 | 8 | 59 |
| V11 | 70 | 13 | 20 | 60 |
| V8 | 70 | 9 | 4 | 56 |
| V9 | 70 | 9 | 4 | 56 |
| P2 | 105 | 7 | 25 | 45 |
| P1 | 100 | 9 | 20 | 52 |
| P4C | 100 | 9 | 10 | 55 |
| A2 | - | - | 14 | 56 |
| A3 | - | - | 24 | 53 |
| A1 | 100 | 9 | 9 | 56 |
| V6* | | | 10 | 50 |

rottura lungo un unico piano

| BLOCCO INSTABILE | Giunto 1 | | | Giunto 2 | | |
|---------------------|----------|-------------|----------------|----------|-------------|----------------|
| | Imm/incl | c' (kPa) | ϕ' (°) | Imm/incl | c' (kPa) | ϕ' (°) |
| V12 | 120/78 | 0 | 29 | 45/70 | 14 | 56 |
| P4a | 36/50 | 49 | 50 | 107/46 | 49 | 50 |
| P4b | 36/50 | 69 | 48 | 107/46 | 69 | 48 |
| V0 | 135/70 | 0 | 56 | 85/48 | 14 | 56 |
| V6 | 100/46 | 28 | 52 | 354/64 | 28 | 52 |
| V1 | 180/85 | 0 | 29 | 85/55 | 14 | 54 |
| V1a | 35/42 | 0 | 29 | 110/77 | 8 | 59 |

rottura lungo due piani di discontinuità

Volume roccioso P2



| | |
|-------------------------------|---|
| Descrizione | Pilastro roccioso isolato alla base dal piano Kst e separato a monte da frattura parietale sub verticale K2 |
| Dimensioni | Pilastro di forma trapezoidale. Larghezza alla base 12.5m, larghezza in sommità 5m, altezza 22m, profondità 2.5-3.0m. Volume complessivo stimabile in 440 m ³ , per un peso di 1400tonn. |
| Cinematismo di rottura | Scivolamento planare lungo il piano Kst, a traversopoggio meno inclinato del pendio, con K2 che funge da tension crack |
| Stato di equilibrio | FS=1,03 condizioni asciutte; FS= -0,40 acqua nei giunti; FS=0,90 condizioni asciutte e sisma; FS=-0,41 acqua nei giunti e sisma |
| Elementi esposti | Il pilastro roccioso incombe sulla strada provinciale |

Verifiche di stabilità in condizioni piane: rottura lungo un unico piano di discontinuità inclinato verso l'esterno del pendio

| BLOCCO INSTABILE | Volume (m ³ /m) | Peso (kN/m) | Inclinazione giunto (°) | CARATTERISTICHE SUPERFICIE SCIVOLAMENTO | | | | COEFFICIENTE SICUREZZA | | | |
|---------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|--|-----|-------------|-----------|------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | | JCS | JRC | c' (kPa) | φ' (°) | Giunti asciutti | acqua nei giunti | Giunti asciutti e sisma | acqua nei giunti e sisma |
| V10 | 0.72 | 18 | 75 | 70 | 13 | 8 | 59 | 1.36 | - | 1.22 | - |
| V11 | 11.12 | 278 | 62 | 70 | 13 | 20 | 60 | 1.38 | - | 1.22 | - |
| V8 | 3.04 | 76 | 55 | 70 | 9 | 4 | 56 | 1.32 | 0.82 | 1.16 | 0.69 |
| V9 | 4.87 | 121.75 | 50 | 70 | 9 | 4 | 56 | 1.47 | 0.97 | 1.24 | 0.82 |
| P2 | 49.53 | 1238.25 | 47 | 105 | 7 | 25 | 45 | 1.03 | - | 0.9 | - |
| P1 | 45.45 | 1136.25 | 47 | 100 | 9 | 20 | 52 | 1.4 | 0.72 | 1.23 | 0.61 |
| P4C | 41.52 | 1038 | 55 | 100 | 9 | 10 | 55 | 1.16 | 0.89 | 1.01 | 0.75 |
| A2 | 2.67 | 66.75 | 53 | - | - | 14 | 56 | 1.68 | 0.54 | 1.50 | 0.44 |
| A3 | 12.76 | 319 | 43 | - | - | 24 | 53 | 1.73 | 0.92 | 1.52 | 0.81 |
| A1 | 8 | 200 | 43 | 100 | 9 | 9 | 56 | 1.90 | 1.33 | 1.67 | 1.15 |
| V6* | 80 | 2000 | 40 | | | 10 | 50 | 1.57 | 0.99 | 1.375 | 0.845 |

1. La maggior parte dei cunei analizzati presenta un coefficiente in condizioni statiche e con giunti asciutti $FS > 1,3$;
2. Solo alcuni superano il valore $FS > 1,5$ (valore soglia per condizioni a lungo termine);
3. Il valore diminuisce leggermente in condizioni sismiche.
4. I cunei in condizioni di stabilità critiche risultano essere quelli identificati con i codici P2 e P4C.
5. Il coefficiente di sicurezza dei cunei si riduce significativamente in presenza di acqua nei giunti






Verifiche di stabilità in condizioni tridimensionali:

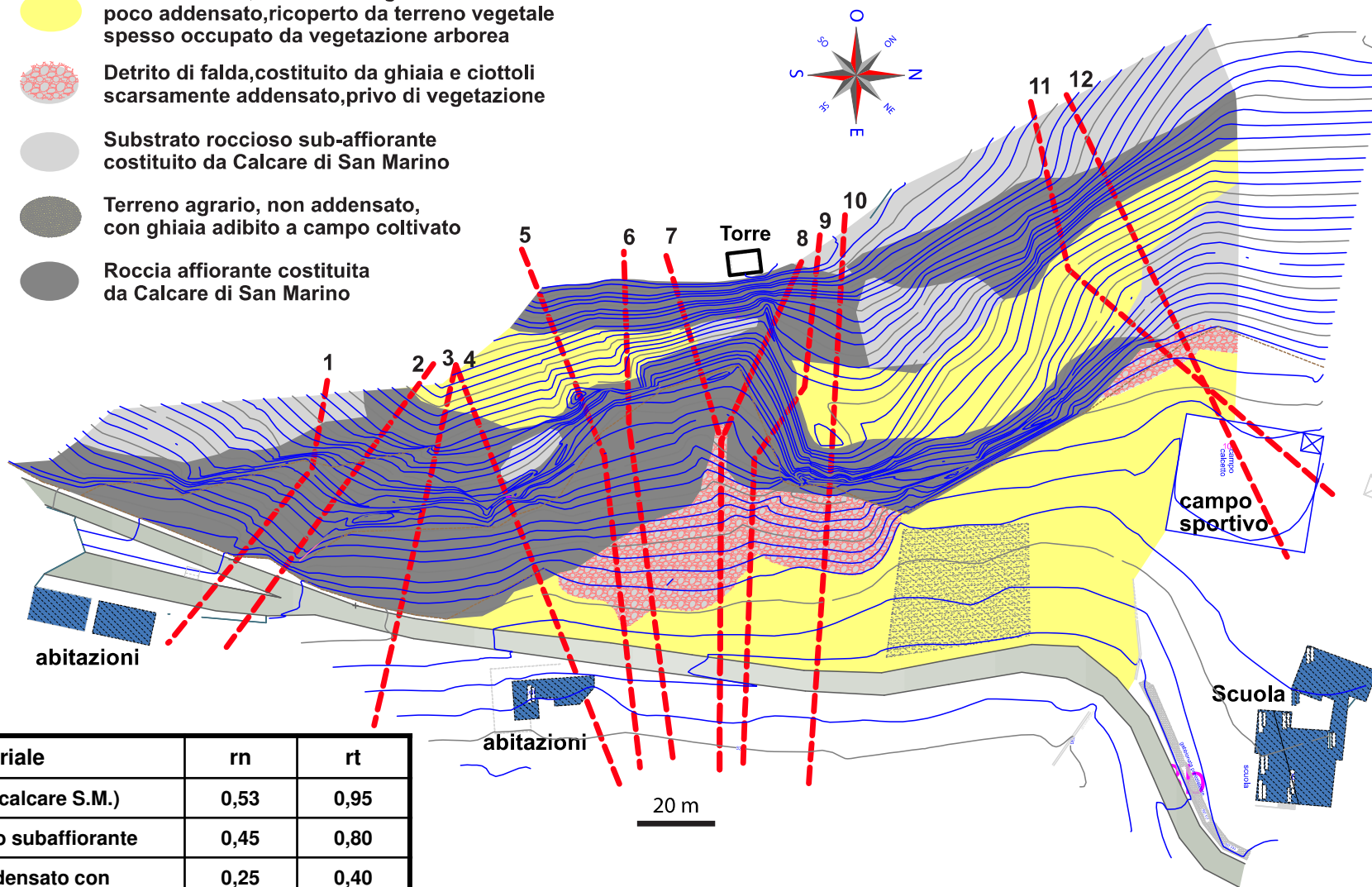
rottura lungo due piani di discontinuità inclinati con potenziale movimento lungo la linea di intersezione

| BLOCCO INSTABILE | Volume (m ³) | Peso (kN) | Giunto 1 | | | Giunto 2 | | | COEFFICIENTE SICUREZZA | | | |
|---------------------|-----------------------------|--------------|----------|-------------|-----------|----------|-------------|-----------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | | | Imm/incl | c' (kPa) | φ' (°) | Imm/incl | c' (kPa) | φ' (°) | Giunti asciutti | Giunti asciutti e sisma | acqua nei giunti | acqua nei giunti e sisma |
| V12 | 5.93 | 148.2 | 120/78 | 0 | 29 | 45/70 | 14 | 56 | 1.83 | 1.68 | - | - |
| P4a | 4116.01 | 102900 | 36/50 | 49 | 50 | 107/46 | 49 | 50 | 2.39 | 2.13 | 1.70 | 1.5 |
| P4b | 4522.87 | 113072 | 36/50 | 69 | 48 | 107/46 | 69 | 48 | 2.2 | 1.96 | 1.17 | 1.03 |
| V0 | 17.03 | 425.7 | 135/70 | 0 | 56 | 85/48 | 14 | 56 | 2.73 | 2.42 | 1.02 | 0.868 |
| V6 | 15.15 | 378.7 | 100/46 | 28 | 52 | 354/64 | 28 | 52 | 3.18 | 2.82 | 0.2 | 0.177 |
| V1 | 17.5 | 437.5 | 180/85 | 0 | 29 | 85/55 | 14 | 54 | 1.78 | 1.68 | 1.23 | 1.08 |
| V1a | 0.61 | 15.3 | 35/42 | 0 | 29 | 110/77 | 8 | 59 | 1.84 | 1.60 | 1.43 | 1.23 |

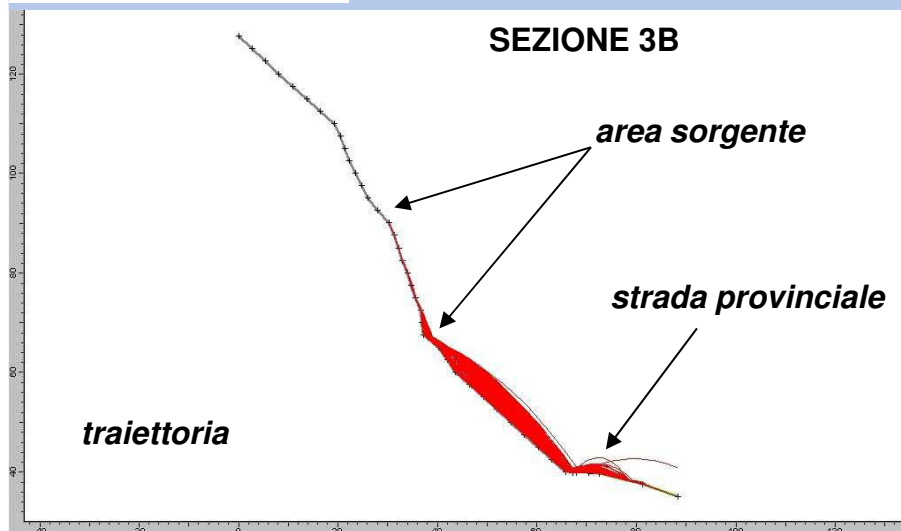
1. Per i blocchi analizzati il coefficiente di sicurezza nei confronti dello scivolamento in condizioni di giunti asciutti è risultato sempre maggiore di 1.5, sia in condizioni statiche sia in presenza di sisma;
2. Per alcuni cunei il coefficiente di sicurezza scende notevolmente in presenza di acqua nei giunti..

SERVIZIO TECNICO DI
BACINO ROMAGNA

-  Detrito di falda, costituito da ghiaia e ciottoli poco addensato, ricoperto da terreno vegetale spesso occupato da vegetazione arborea
-  Detrito di falda, costituito da ghiaia e ciottoli scarsamente addensato, privo di vegetazione
-  Substrato roccioso sub-affiorante costituito da Calcarea di San Marino
-  Terreno agrario, non addensato, con ghiaia adibito a campo coltivato
-  Roccia affiorante costituita da Calcarea di San Marino

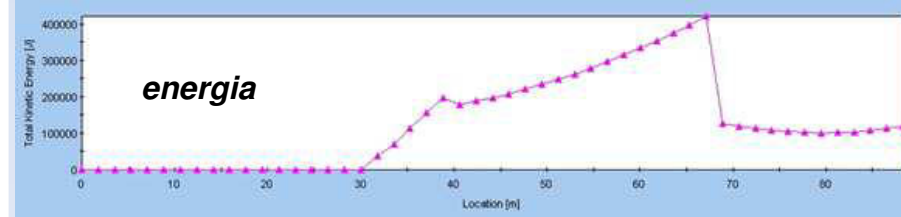
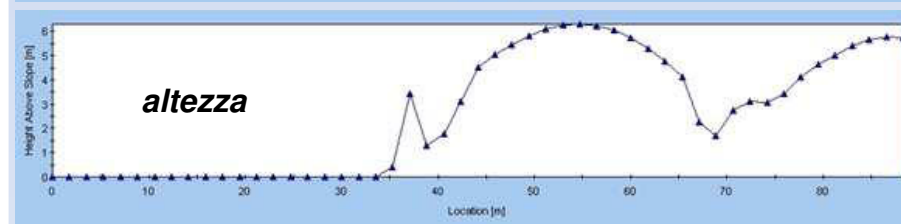
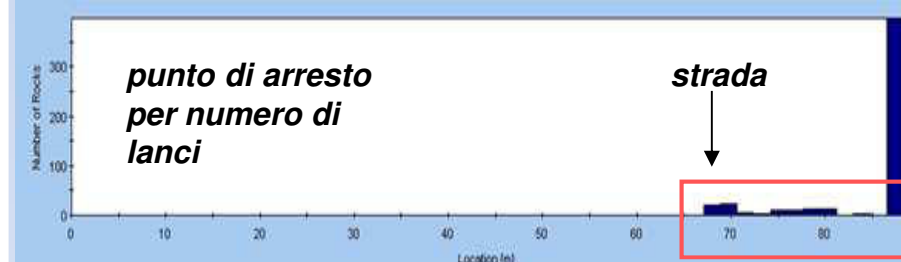


| Materiale | rn | rt |
|---|------|------|
| Rocchia affiorante (calcarea S.M.) | 0,53 | 0,95 |
| Substrato roccioso subaffiorante | 0,45 | 0,80 |
| Detrito di falda addensato con vegetazione | 0,25 | 0,40 |
| Detrito di falda scarsamente addensato privo di vegetazione | 0,20 | 0,50 |
| Terreno agrario | 0,15 | 0,35 |
| Asfalto | 0,40 | 0,90 |



Parametri di calcolo:

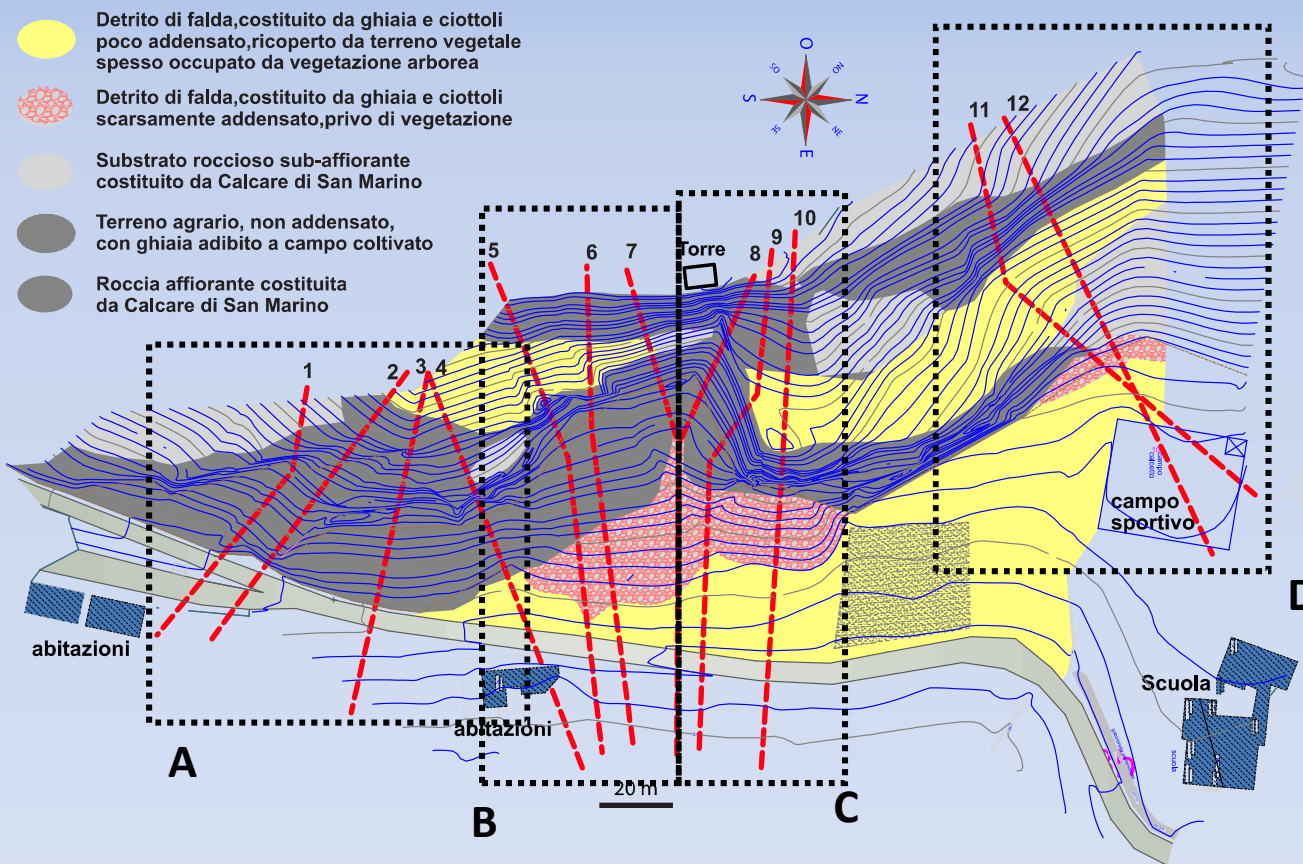
- ➔ topografia;
- ➔ tipo di substrato;
- ➔ area di distacco;
- ➔ forma e volume roccioso unitario;



Risultati restituiti dalla simulazione:

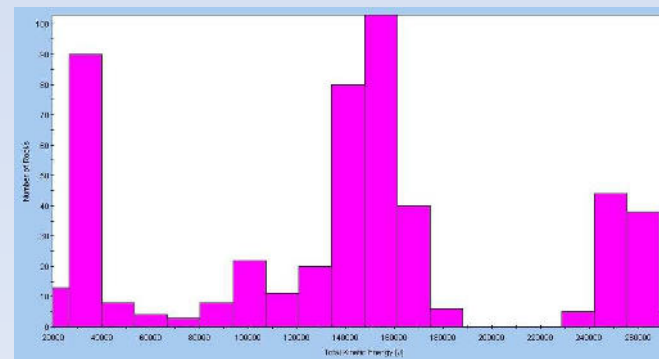
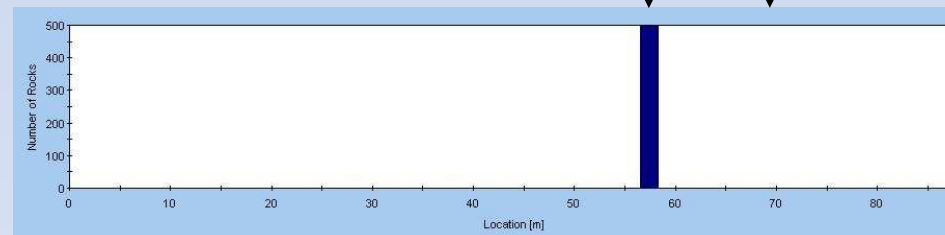
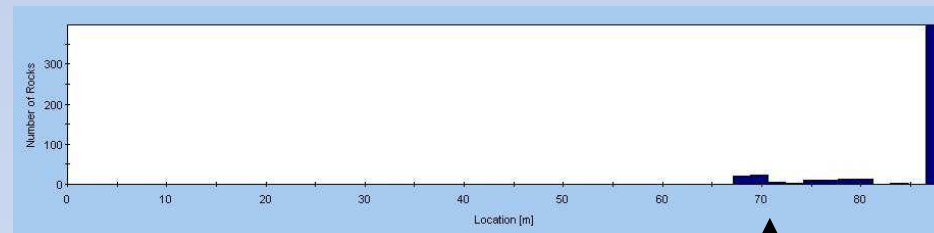
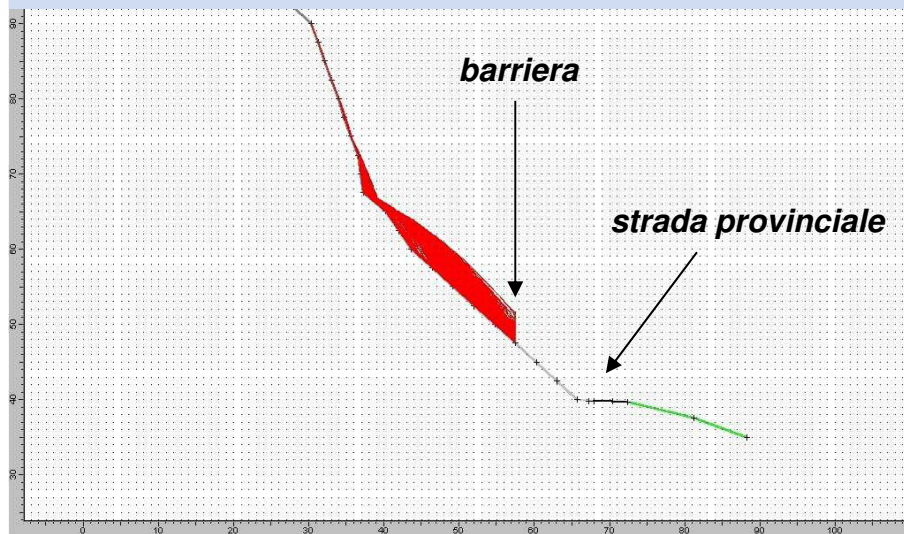
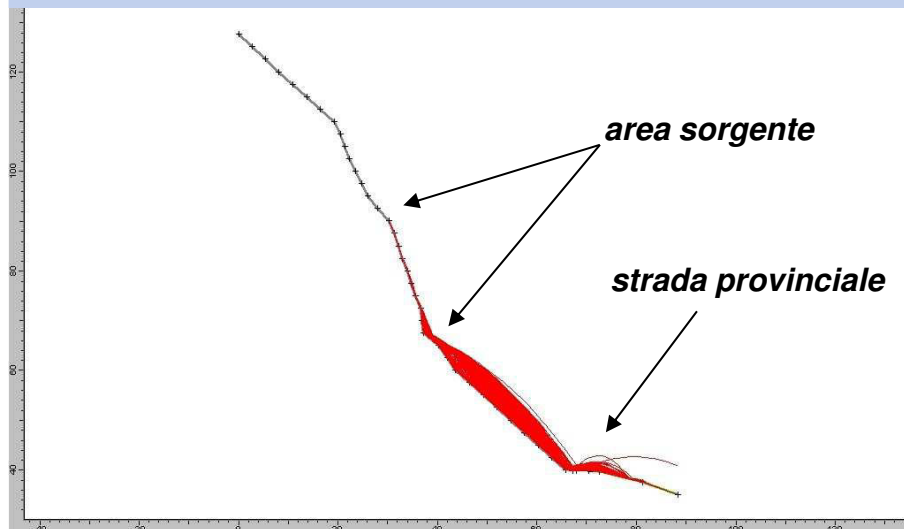
- ➔ traiettorie;
- ➔ punti di arresto;
- ➔ altezze di caduta;
- ➔ energia cinetica;

Simulazione caduta massi



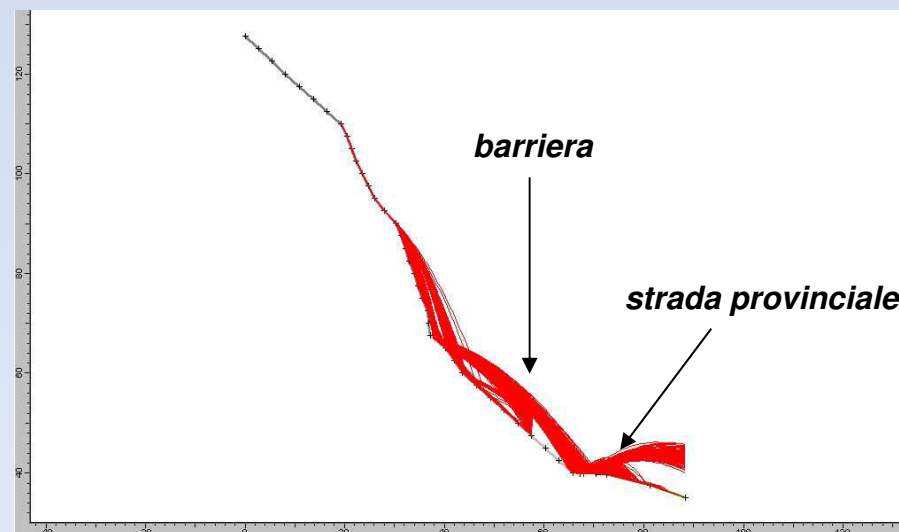
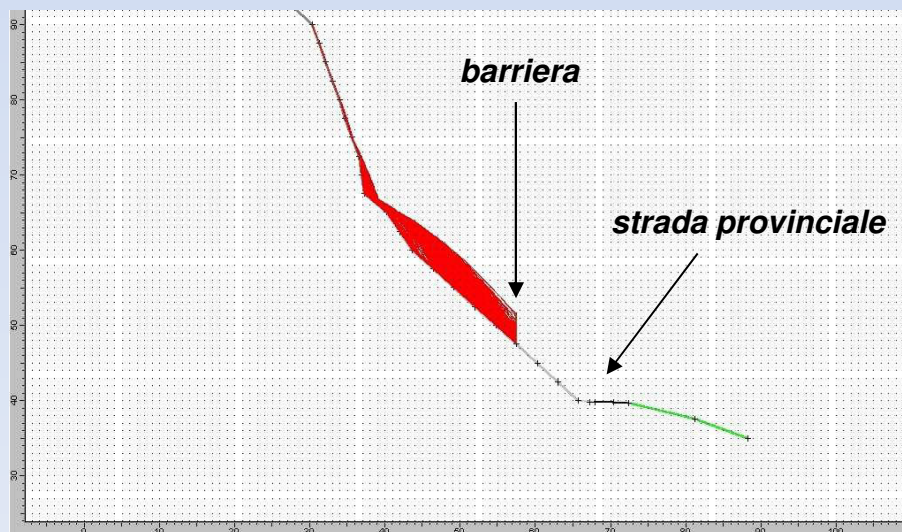
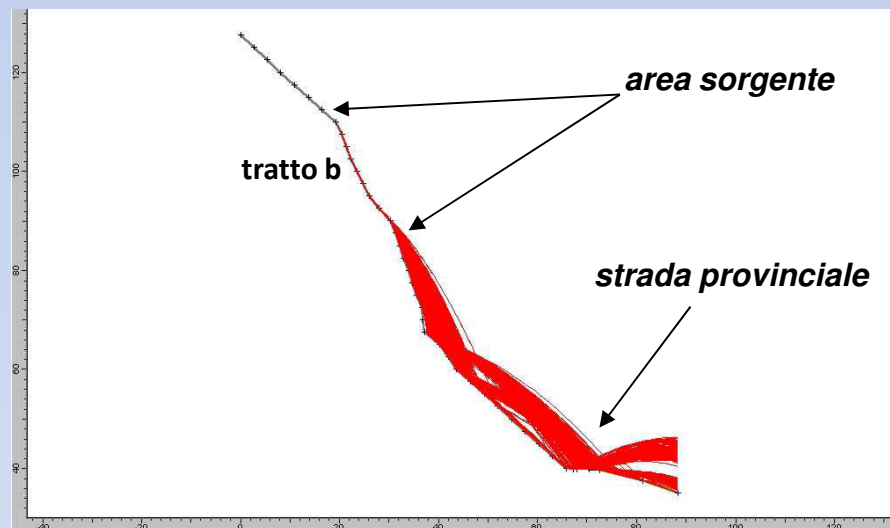
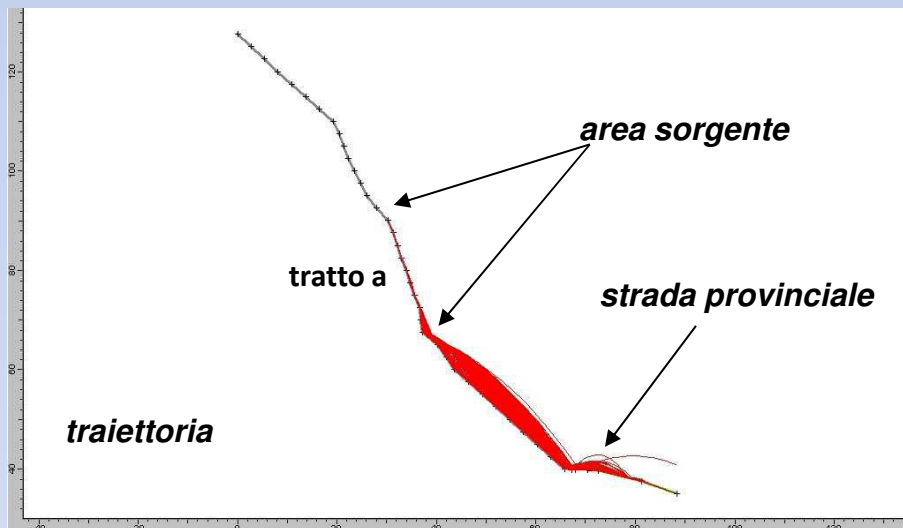
| Zona | Sezioni | Altezze max. rimbalzo | Energia cinetica max. | Elemento a rischio |
|------|------------|-----------------------|-----------------------|--|
| A | 1, 2, 3, 4 | 3 m ÷ 12 m | 250 kj ÷ 500 kj | strada provinciale, abitazioni private |
| B | 5, 6, 7 | 3 m ÷ 6 m | 300 kj ÷ 400 kj | strada provinciale, abitazione privata |
| C | 8, 9, 10 | 3 m ÷ 38 m | 250 kj ÷ 700 kj | strada provinciale |
| D | 11, 12 | 1,5 m ÷ 4 m | 250 kj ÷ 350 kj | campo sportivo |

Confronto simulazione con e senza barriera



Energia cinetica totale sulla barriera

sezione 3



Strategia e tipologia di intervento

La strategia di intervento per la mitigazione del rischio ed il consolidamento dell'ammasso roccioso è stata dettata dalle risultanze dello studio condotto e tenuto conto degli elementi esposti, avendo come fine ultimo quello di "garantire la sicurezza pubblica".



Il contesto è una parete rocciosa che incombe sopra un abitato.....

Interventi di difesa attiva

Opere che impediscono il distacco degli elementi lapidei del versante mantenendoli in posto sulla parete o aumentandone il coefficiente di sicurezza e tutti gli interventi che prevedono l'asportazione di elementi instabili mediante abbattimento (disgaggio).

Interventi di difesa passiva

Opere che hanno lo scopo di intercettare, deviare o fermare blocchi già in movimento.

Interventi di difesa attiva in parete



INTERVENTO TIPO A

INTERVENTO TIPO B

INTERVENTO TIPO C

INTERVENTO TIPO A

Rafforzamento corticale con rete metallica e reticolo di contenimento in funi di acciaio + dreni suborizzontali

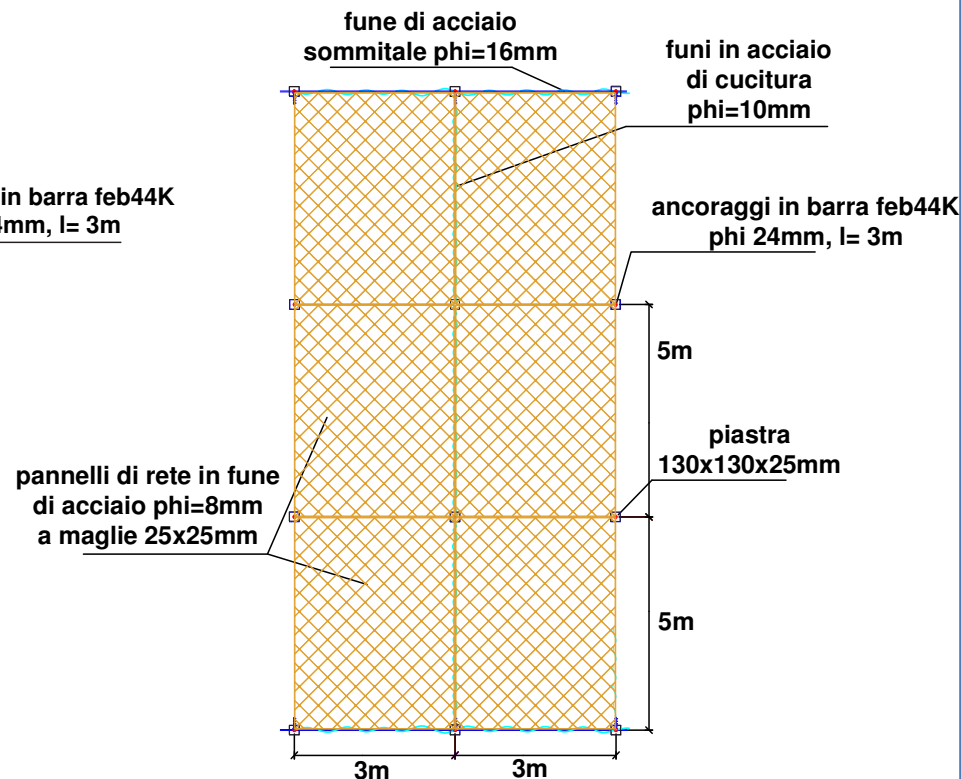
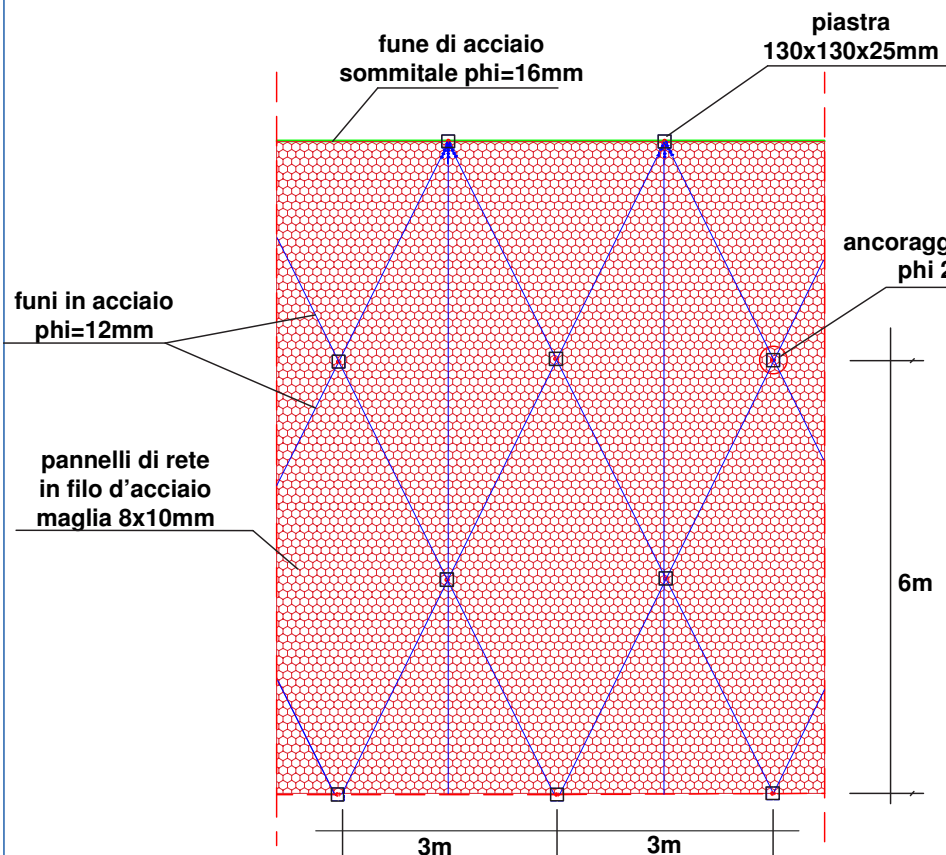
INTERVENTO TIPO B

Rafforzamento corticale con pannelli di rete in funi di acciaio + dreni suborizzontali

INTERVENTO TIPO C

Consolidamento con ancoraggi passivi + dreni suborizzontali

Interventi di difesa attiva in parete



INTERVENTO TIPO A

Rafforzamento corticale con rete metallica e reticolo di contenimento in funi di acciaio ancorati alla parete con chiodi in acciaio FeB44K (L=3m)

INTERVENTO TIPO B

Rafforzamento corticale con pannelli di rete in funi di acciaio ancorati alla parete con chiodi in acciaio FeB44K (L=3-4m)



reti metalliche con reticolo in funi di acciaio – intervento tipo A



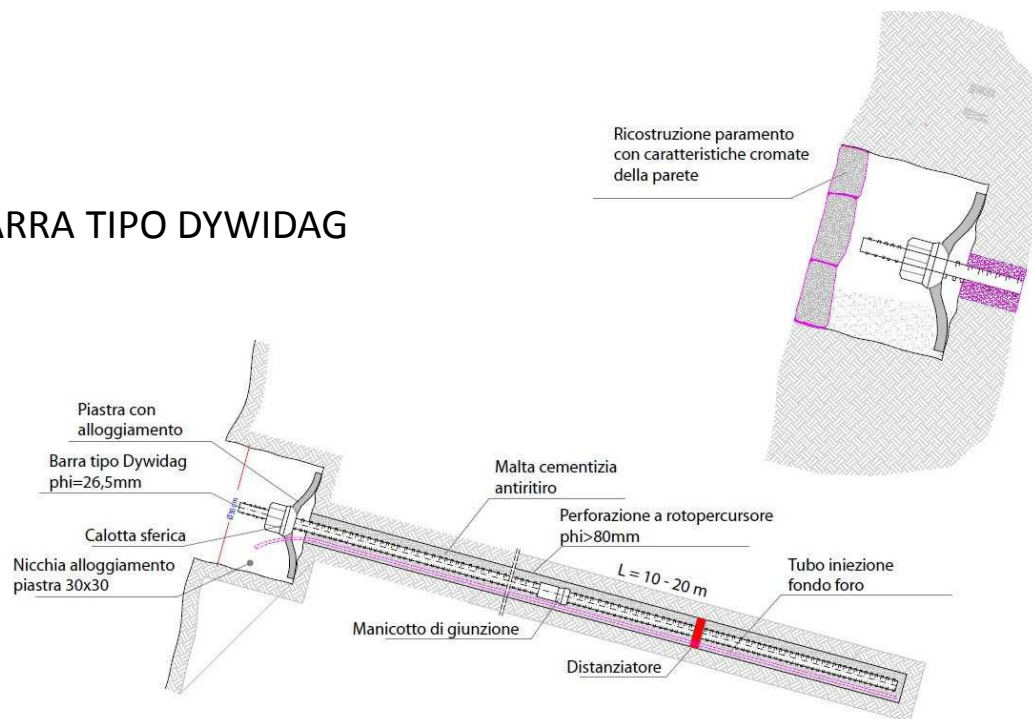
pannelli di rete in funi di acciaio – intervento tipo B

Interventi di difesa attiva in parete

INTERVENTO TIPO C

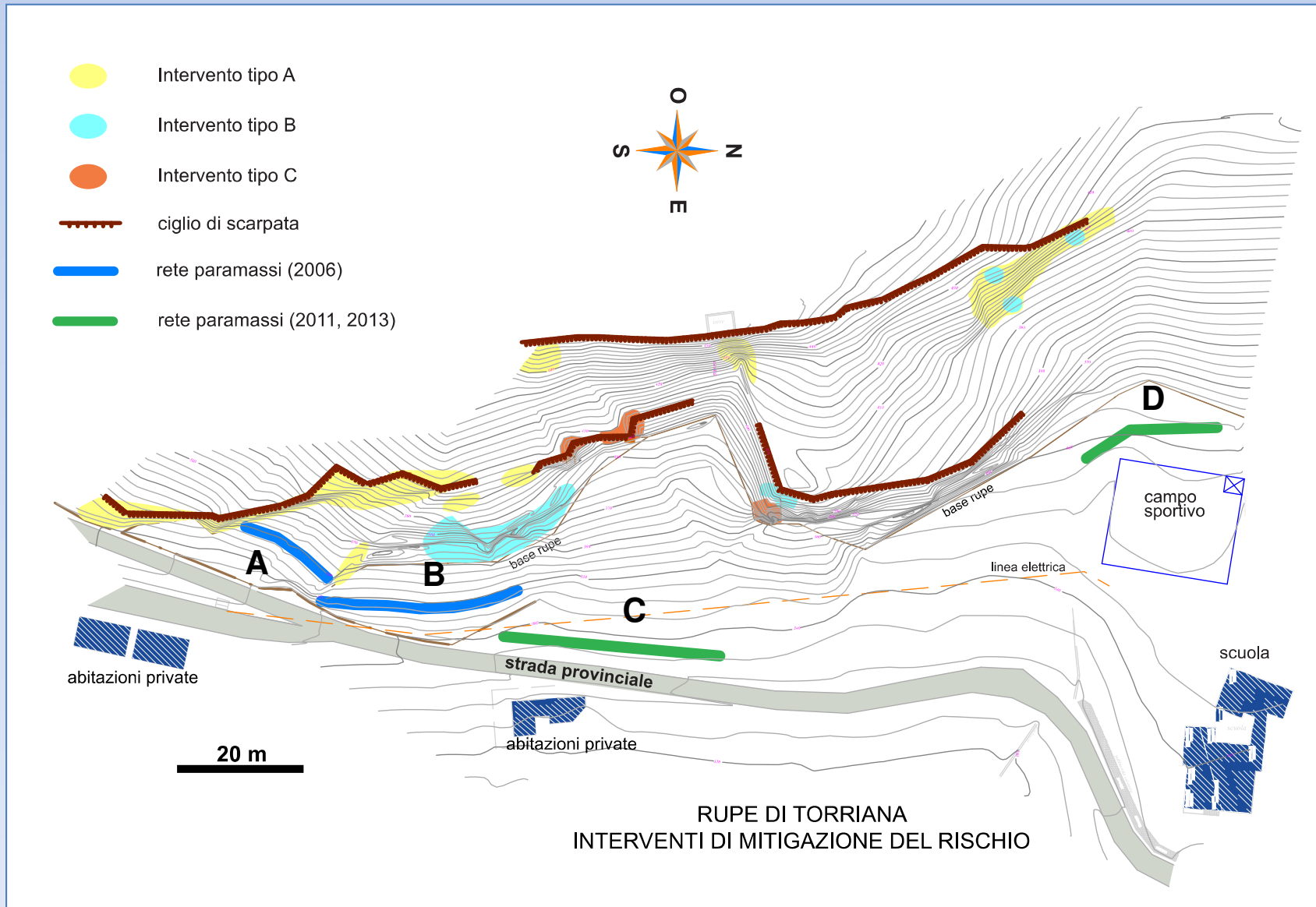
Consolidamento con ancoraggi passivi.

BARRA TIPO DYWIDAG

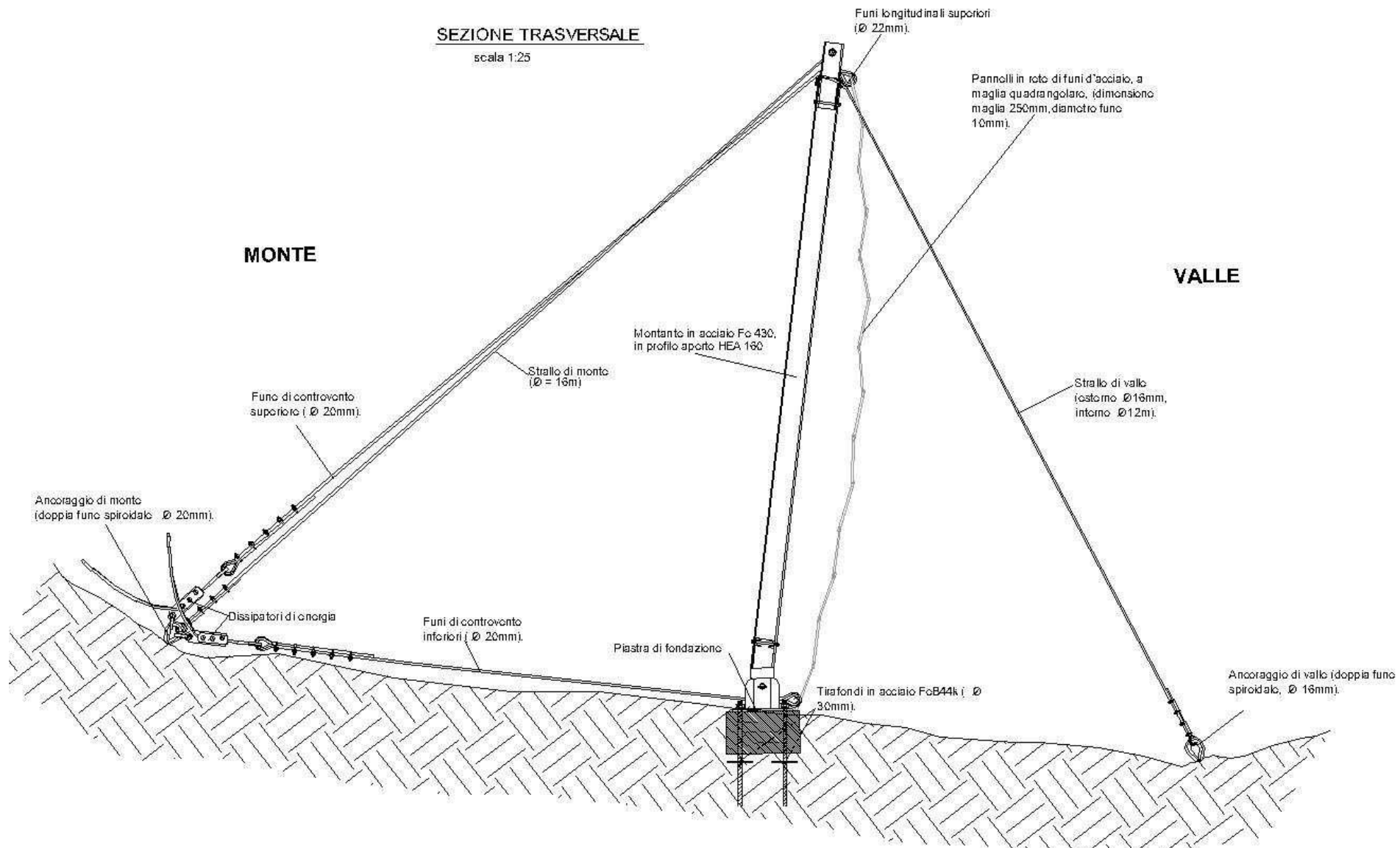


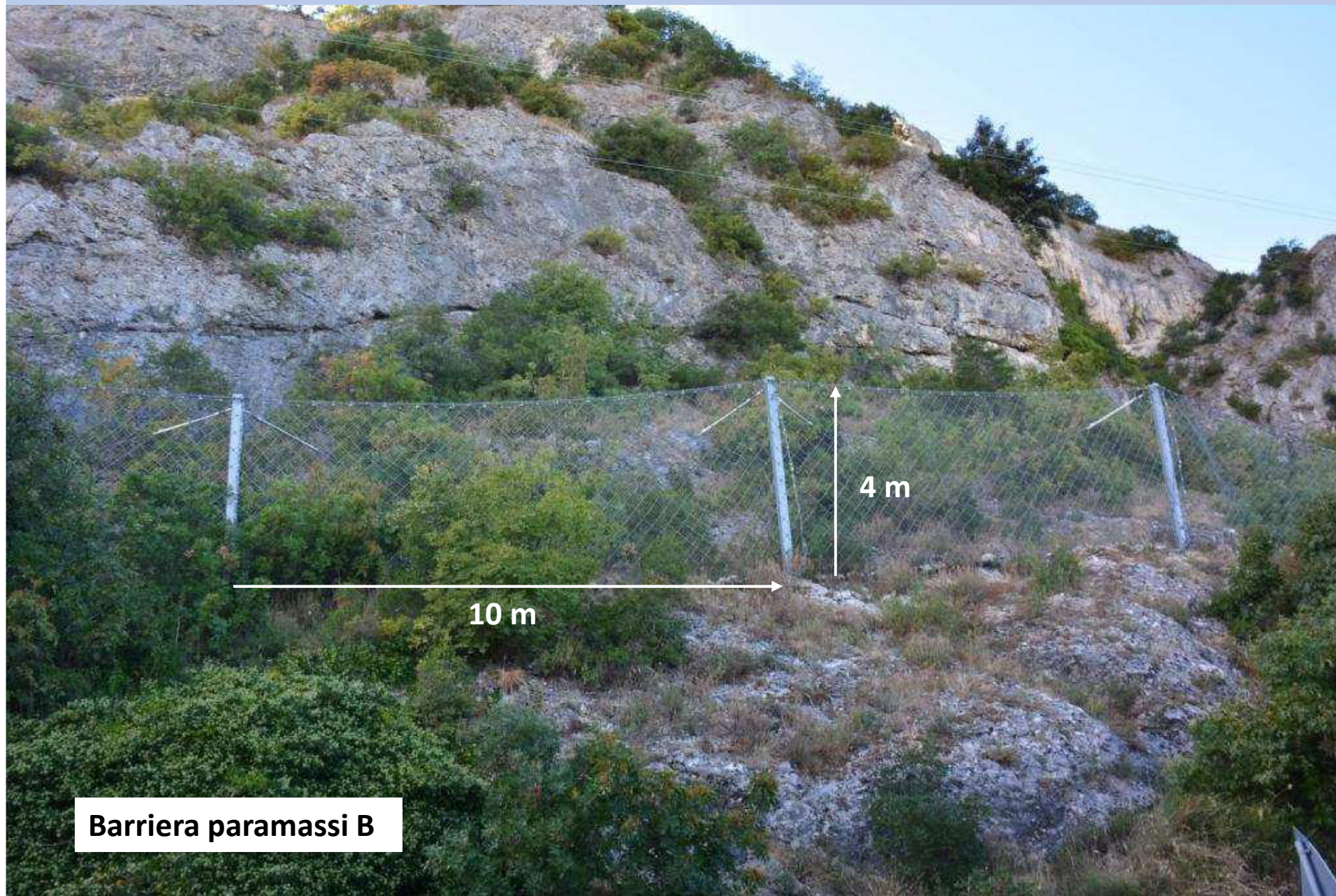
| Blocco | Caratteristiche intervento | | | Fs con intervento | | Fs senza intervento | |
|--------|----------------------------|----|----------|-------------------|---------|---------------------|---------|
| | Tipo e spessore barra | N. | Lung (m) | Statico | Sismico | Statico | Sismico |
| P1 | Dywidag Ø = 26,5 mm | 4 | 10 | 1,99 | 1,3 | 1,4 | 1,23 |
| P2 | Dywidag Ø = 26,5 mm | 5 | 10 | 1,56 | 1,36 | 1,03 | 0,9 |
| V6 | Dywidag Ø = 26,5 mm | 5 | 12 | 2,07 | 1,79 | 1,57 | 0,99 |

Interventi di difesa passiva base parete integrati con interventi in parete



Interventi di difesa passiva base parete

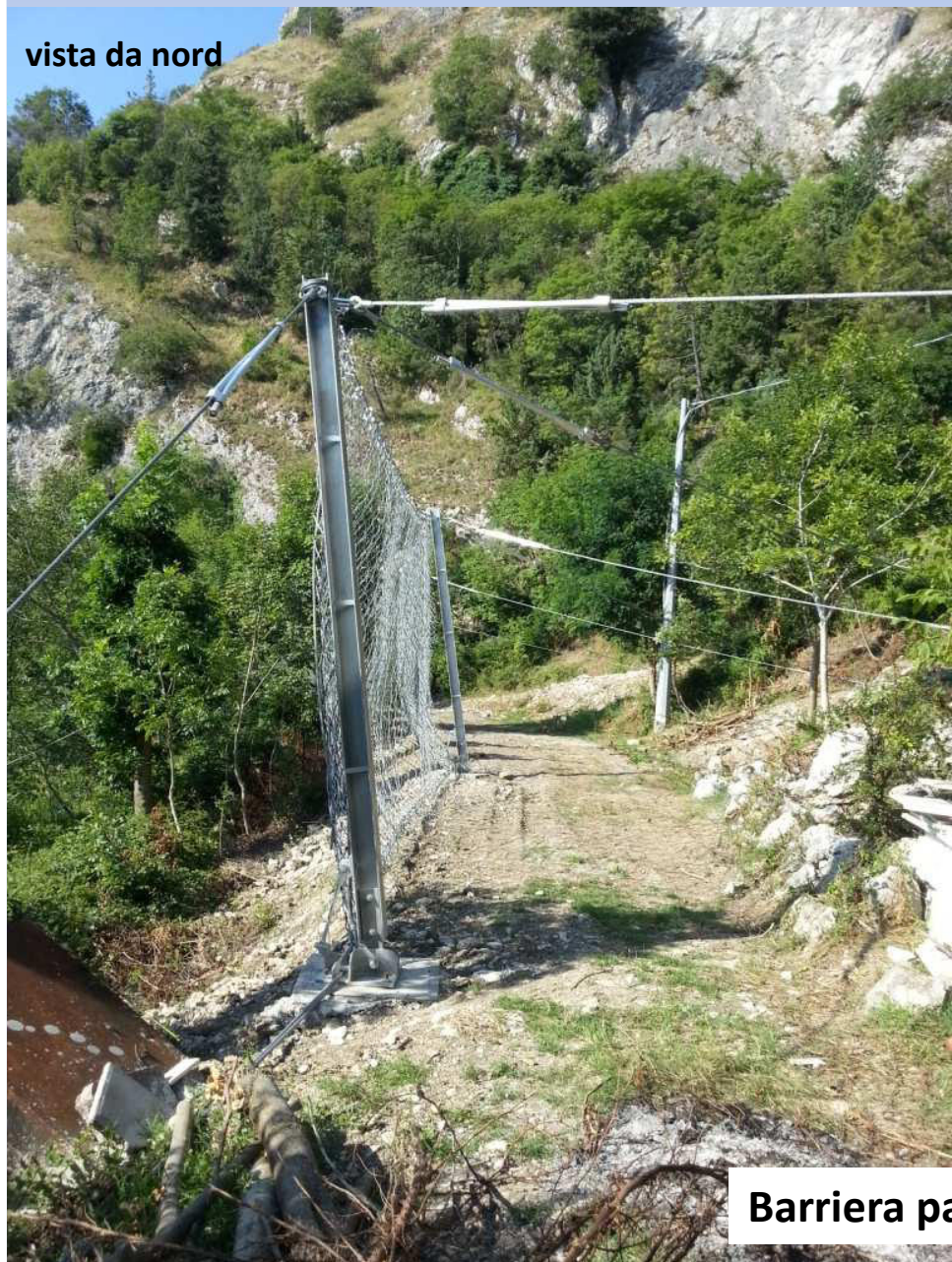




Barriera paramassi B

Interventi di difesa passiva base parete

vista da nord



vista da sud



Barriera paramassi D

- 1. Le ispezioni in parete condotte a tappeto e il rilievo geo-strutturale hanno permesso di caratterizzare l' ammasso roccioso e di determinare le aree più critiche, in condizioni di equilibrio precario.**
- 2. La simulazione di caduta massi condotta su diverse sezioni ha consentito di individuare gli elementi esposti e le aree più a rischio.**
- 3. Le analisi fatte hanno dettato la strategia di intervento per la mitigazione del rischio, in termini di tipologia, dimensionamento e ubicazione delle opere a garanzia della pubblica sicurezza.**

4. Necessità di un sistema di monitoraggio sia per le verifiche degli interventi eseguiti sia per il controllo di porzioni rocciose non consolidate



Geologia applicata degli ammassi rocciosi strutturalmente complessi
Pennabilli, 18 Settembre 2015

Grazie per l'attenzione

