

S.S. n.21 "della Maddalena"
 Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio
 Lotto 1. Variante di Demonte

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

I PROGETTISTI:

ing. Vincenzo Marzi
Ordine Ing. di Bari n.3594
ing. Achille Devitofranceschi
Ordine Ing. di Roma n.19116
geol. Flavio Capozucca
Ordine Geol. del Lazio n.1599

RESPONSABILE DEL SIA

arch. Giovanni Magarò
Ordine Arch. di Roma n.16183

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

geom. Fabio Quondam

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

ing. Nicolò Canepa

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA

Relazione geostrutturale-geomeccanica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	DPT005_D_1601_T00_GEO0_GEO_RE02_A.DOC		
DPT005	D	1601	CODICE ELAB. T00GEO0GEORE02	A	-
C					
B					
A	EMISSIONE		Novembre 2017	PAONE	CAPOZUCCA MAJETTA
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	4
3	UNITÀ STRUTTURALI DELLE ALPI OCCIDENTALI	7
4	CARTA GEOLOGICA	9
5	CONTESTO GEOSTRUTTURALE	13
6	ANALISI DELLA FRATTURAZIONE	17
7	ASPETTI APPLICATIVI	36
8	BIBLIOGRAFIA.....	39

1 PREMESSA

L'area oggetto di rilievo è ubicata all'interno della Valle Stura di Demonte (Fig.1).

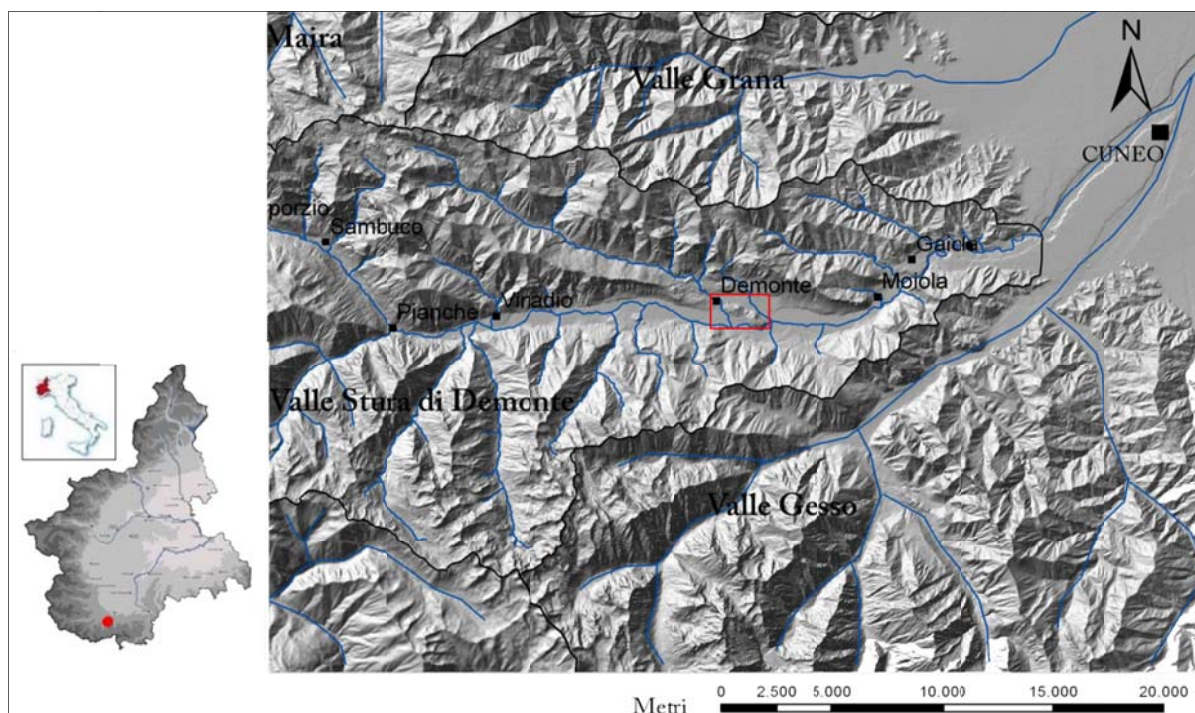


Figura 1- area da rilevare

Per la progettazione definitiva della variante di Demonte è stato progettato ed effettuato un rilievo geologico e geostrutturale di dettaglio, in scala 1:2000, ricavando la base topografica dal modello digitale del terreno (DTM) dal CTRN della regione Piemonte, a scala 1:10000.

Le informazioni geologico regionali della zona in esame sono sintetizzate nel Foglio n° 90 "Demonte" della Cartata Geologica d'Italia e nelle note illustrative dello stesso foglio. Inoltre, per lo studio preliminare dei rapporti stratigrafici e strutturali è stata significativa l'analisi della "Carta Geologica del Massiccio dell'Argentera" (scala 1:50.000), presentata nel corso del 64° Congresso della Società Geologica Italiana tenutosi a Cuneo. Dalla valutazione cartografica risulta evidente che la variante in progetto è ubicata in un settore vallivo in cui il substrato roccioso è composto da rocce di origine diversa.

Si può infatti riscontrare la presenza di terreni autoctoni del Massiccio Cristallino dell'Argentera, di formazioni sedimentarie di copertura aderenti al Massiccio, di formazioni sedimentarie non aderenti al Massiccio, di terreni appartenenti alle unità tettoniche sub-brianzonese.

Il substrato roccioso affiora solo in settori limitati, come tratti di versante molto acclivi ed aree che hanno subito marcati fenomeni erosivi. Infatti, in buona parte del territorio, il substrato roccioso è coperto da vaste e spesse coltri di terreni d'età quaternaria (riferibili ad antichi depositi glaciali o ad accumuli di detriti di frane o a depositi alluvionali). Ciò, unito ad una “singolare” situazione geostrutturale ed a litofacies molto variabili, ha reso la modellazione geologica particolarmente impegnativa.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

La valle Stura di Demonte è scavata tra imponenti montagne nelle Alpi Marittime per più di 50 Km prima di unirsi alla Pianura Padana nei pressi di Cuneo.

Le Alpi Marittime sono state profondamente plasmate dalle glaciazioni quaternarie prima che l'attuale morfogenesi fluviale prendesse il sopravvento sugli altri agenti modellatori. L'assetto geologico è costituito da formazioni a differente erodibilità appartenenti alle unità strutturali principali delle Alpi Occidentali, nonché l'evoluzione tettonica, dominata dalle vicende del Massiccio Cristallino dell'Argentera con la sua progressiva esumazione, hanno profondamente condizionato l'evoluzione geomorfologica della Valle Stura, compreso il glacialismo.

I processi di erosione e deposito glaciale hanno infatti determinato nel Pleistocene i principali lineamenti del rilievo. Per quanto riguarda i processi erosionali la litologia, data le numerose formazioni geologiche presenti, ha avuto un ruolo fondamentale, sia pur passivo, offrendo un grande panorama di erosione differenziale. Si può infatti riscontrare la presenza di terreni autoctoni del Massiccio Cristallino dell'Argentera, di formazioni sedimentarie di copertura aderenti al Massiccio, di formazioni sedimentarie non aderenti al Massiccio, di terreni appartenenti alle unità tettoniche subbrianzonesi, alle unità brianzonesi, alla zona dei Calcescisti e alla zona del Flysch ad Elmintoidi (Faure- Muret, 1955; Malaroda, 1957, 1970; Carraro, 1961; Carraro et al., 1970; Crema et al. 1971; Dal Piaz, 1995; Sacchi, 1959, 1995; Sturani, 1963).

Queste litologie sono il prodotto della messa in posto di più Unità alpine Interne, che includono anche relitti di crosta oceanica, sulle Unità Esterne corrispondenti al bordo del margine continentale europeo, rappresentato dalla Zona Delfinese, all'interno della quale affiora il Massiccio Cristallino dell'Argentera. L'esempio più classico di morfoselezione è dato dal contrasto fra le morfologie dolci a bassa energia di rilievo, in corrispondenza dei calcescisti, e quelle a fortissima energia, in corrispondenza delle dolomie triassiche. Infatti è molto evidente il contrasto fra i versanti dell'alta valle. Il versante destro, che è caratterizzato dalla presenza del Flysch Nero brianzonese e il subbrianzonese, dal Flysch d'Annot e dagli scisti varicolori del Complesso di Base del Flysch ad Elmintoidi, presenta una morfologia più dolce con una costante copertura di suolo.

È inoltre soggetto a movimenti gravitativi, tuttora attivi, come per esempio quello a valle del Colle della Maddalena. Il versante sinistro, invece, è acclive, e vi affiorano formazioni calcaree e dolomitiche, interrotte da fratture trasversali da cui discendono grandi coni detritici sia gravitativi che periglaciali. Il versante è soggetto a imponenti fenomeni di detritazione (Franceschetti, 1959, 1961). Una particolarità è data dalla presenza di doline a imbuto in corrispondenza dei gessi, verso l'apice della valle Stura, e di doline "ereditate" nelle alluvioni terrazzate o nelle conoidi presso Bersezio nell'alta valle e nei pressi di Rialpo nella bassa, per la presumibile presenza di gessi e carnioli al di sotto di esse (Marrucci, 2008).

Attualmente il principale agente morfogenetico attivo è quello fluviale che si è alternato, durante il Quaternario, all'azione glaciale nelle fasi di ritiro dei ghiacciai e si è sovrapposto a quest'ultimo dalla fine dell'ultima glaciazione. Infatti i morfotipi fluviali risultano notevolmente sviluppati, la loro estensione e frequenza è paragonabile a quelli di origine glaciale.

Nel modellamento del paesaggio, infine, non vanno trascurate le strutture gravitative e periglaciali; alla base dei versanti l'erosione glaciale ha dato luogo ad un'intensa produzione di detrito per gravità che ha determinato al piede la formazione di spesse coltri di materiali grossolani. Sono frequenti i trasporti in massa, spesso del tipo debris flows, ma anche frane di crollo, scivolamenti e ribaltamenti. I morfotipi periglaciali hanno raggiunto il massimo del loro sviluppo nell'Olocene e sono attivi ancora oggi, anche se limitatamente in alcuni settori. Una delle massime espressioni delle condizioni periglaciali è il permafrost, il cui creeping da origine ad una serie di forme, di cui i rock glaciers sono quelle più evidenti. Si ritrovano inoltre canali di valanga, falde detritiche stratificate, campi di pietre (block fields), colate di pietre (block streams) e diffusi fenomeni di soliflusso.

In alcuni settori si riscontrano infine morfologie tipiche dei fenomeni carsici dovute alla presenza dei numerosi litotipi calcarei e in particolare delle Carnioli del Trias e delle brecce carniolizzate del Retico-Oxfordiano, più degradabili di altri. Vanno infine considerati i rapporti della morfologia con la tettonica. Secondo studi geologico-strutturali le Alpi Occidentali sono state interessate da compressione tra la fine dell'Oligocene e l'inizio del Miocene, che ha causato il distacco e lo scorrimento delle coperture da NE verso SO ed anche dello zoccolo. Durante il Miocene Superiore, probabilmente a causa della variazione di direzione della compressione, che diviene N-S, si ha un parziale retro-scorrimento di una parte della copertura nord orientale del Massiccio dell'Argentera. Questa variazione di direzione assume un ruolo importante per la morfologia poiché si manifesta con faglie trascorrenti (destre; N 120-140), che

interessano la copertura e lo zoccolo. Infatti un ruolo decisivo, sull'assetto geomorfologico attuale, è dato dall'influenza della grande Faglia di Bersezio lungo il tracciato dello Stura, che ne segue sostanzialmente la direzione NO-SE.

Infine come sottolineato da Ribolini (1998), anche la morfologia glaciale, specialmente nel Cristallino, si è sviluppata, inizialmente, adattandosi alle strutture di deformazione erciniche e alpine. Naturalmente sia il modellamento glaciale che quello fluviale si sono poi sviluppati autonomamente rispetto alle strutture tettoniche, come è dimostrato dall'antecedenza dello Stura attraverso le strutture longitudinali dei complessi tettonici di copertura. Inoltre l'esumazione differenziata, sia nello spazio che nel tempo, del Massiccio dell'Argentera ha esercitato un forte condizionamento morfologico (Stuwe & Barr, 1988; Gilchrist & Sommerfield 1992; Bogdanoff, 1995; Bogdanoff et al., 2000; Musumeci et al., 2003).

Una dimostrazione, di ciò, è data dalla non coincidenza della superficie delle vette con l'attuale spartiacque (Ribolini, 2001), con un complesso gioco di movimenti verticali recenti, traslazione di parti di bacini idrografici e catture fluviali, che hanno vivacizzato i rapporti fra le valli provenzali della Tineé, Vesubie e della Roja con le valli italiane del Gesso e della Stura (Malaroda, 2000 a, b, c; Federici & Malaroda, 2006; Ribolini & Spagnolo, 2008).

3 UNITÀ STRUTTURALI DELLE ALPI OCCIDENTALI

Tradizionalmente le Alpi Occidentali si suddividono in:

- ✓ *Unità Esterne*: strutture oligoceniche - mioceniche e plioceniche, corrispondenti al bordo del margine continentale Europeo. Rappresentano l'evoluzione della zona Delfinese (all'interno della quale affiora il Massiccio dell'Argentera) e sono unità costituite da thrust di basamento piegato, nei quali il metamorfismo è anchizionale o di scisti verdi e da una copertura mesozoico - cenozoica.
- ✓ *Unità Interne*: strutture cretaceo - paleogeniche, che includono relitti di crosta oceanica, prodottesi dall'evoluzione delle zone Sub-Brianzone, Brianzone, Pre Piemontese, Piemontese ed interessate localmente da metamorfismo di alta pressione e alta temperatura.

Dal punto di vista paleogeografico si distinguono:

- ✓ *Zona Delfinese*: può essere suddivisa in due parti, una parte stratigraficamente inferiore, rimasta aderente ed implicata nelle strutture essenziali del Massiccio Cristallino, ed una superiore costituita da gessi e carnioli triassiche, le cui caratteristiche plastiche hanno favorito lo scollamento preferenziale delle serie di coperture del Massiccio durante le fasi dell'orogenesi alpina. Il Permiano è rappresentato da conglomerati, quarziti arenarie e talvolta argilliti, discordanti sia sul Carbonifero sia sul basamento cristallino (il verrucano alpino). Al di sopra del Werfeniano segue il primo orizzonte evaporitico di dolomie, gessi e carnioli del Trias Medio, le Carnioli Inferiori. Il Trias Medio continua con una barra calcarea - dolomitica, seguita dal secondo orizzonte evaporitico (Carnioli Superiori) che progressivamente sono sostituite da formazioni argilloscistiche del Keuper. Le Carnioli sono ben rappresentate lungo tutta la Valle Stura; in sinistra idrografica affiorano fra Demonte e Vinadio in destra idrografica da Demonte a Aisone mentre il Keuper è presente in due vallecole tributarie a S di Aisone. La serie prosegue con marne e calcari del Keuper - Retico e con calcari e calcari brecciati dell'Oxfordiano, ben rappresentati dall'apparato del Monte Ciapel e del Monte Chiot ed in sinistra idrografica della Valle Stura nel tratto Aisone - Sagna. Il Giurese è composto da calcari e calcari marnosi in facies provenzale, e da facies scistose, la Formazione delle Terre Nere: argilloscisti e scisti ardesiaci dell'Oxfordiano - Batoniano. Il Cretaceo è rappresentato da facies calcarea e calcarea - dolomitica, talvolta da facies detritiche come i Calcari del Puriac (Santoniano - Turoniano Superiore), abbondantemente rappresentate lungo le Punte Chiavardine. La serie termina con il flysch oligocenico d'Annot (arenarie arcose o litiche) (Fig. 2). Spostandosi

verso l'interno della catena (verso E, verso il versante Padano) incontriamo i domini Subbrianzonese, e Piemontese.

- ✓ *Zona Subbrianzonese*: il Trias è rappresentato da facies carbonatiche ed evaporitiche seguono depositi calcarei e neritici del Lias - Dogger. Il Malm ed il Cretaceo Superiore sono composti da facies pelagiche e flysch. La serie termina con il Flysch Nero eocenico.
- ✓ *Zona Brianzonese*: costituita da uno zoccolo permio - carbonifero e da una copertura variabile secondo il dominio paleogeografico dove si è deposta. In genere presenta un Carbonifero di depositi lagunari, un Permiano continentale e un Trias Inferiore costituito da conglomerati quarziticci a ciotoli riolitici. La copertura anch'essa influenzata dalla variabile paleogeografica presenta un Trias di ambiente litorale e di piattaforma carbonatica (quarzoareniti calcari e dolomia) assenza di Lias e Dogger per una lacuna stratigrafica dovuta ad emersione ed un Malm composto da depositi pelagici (scisti neri e calcari) Il Cretaceo è rappresentato da peliti e calcari silice, mentre l'Eocene si chiude con il Flysch Nero.
- ✓ *Zona Prepiemontese*: la serie stratigrafica è analoga a quella Brianzonese fino al Carnico, dove appaiono evaporiti e brecce dolomitiche, cui seguono nel Norico dolomie e nel Retico argilliti, dolomie e calcari. Nel Malm – Cretaceo inferiore la sedimentazione diventa pelagica e analoga al dominio Brianzonese.

4 CARTA GEOLOGICA

L'assetto geologico dell'area in esame è stato rappresentato su di una carta geologica a scala 1:5000 (Tavola T00GE00GEOCG02A), che consentisse di incardinare la tettonica di dettaglio in un contesto più ampio; si è ritenuto inoltre necessario non utilizzare la classificazione riportata nel Foglio n° 90, ma editare una legenda specifica con le caratteristiche litostratigrafiche locali.

Successione litostratigrafica - I terreni affioranti possono essere suddivisi in depositi quaternari e substrato (di età compresa tra il Paleozoico e l'Oligocene).

Depositi Quaternari

✓ *Alluvioni di fondovalle (1)*

Depositi alluvionali attuali del Fiume Stura di Demonte e dei relativi affluenti;

✓ *Detrito di versante (2)*

Depositi incoerenti a spigoli vivi;

✓ *Depositi alluvionali e fluvio-glaciali recenti (3)*

Materiali sabbioso-ghiaiosi con rare lenti limo-sabbiose;

✓ *Conoide alluvionale (4)*

✓ *Depositi alluvionali e fluvio-glaciali terrazzati (5)*

Terreni caratterizzati dalla presenza di ciottoli arrotondati a dimensione variabile immersi in una matrice più fine;

✓ *Detrito di versante cementato (6)*

Depositi di versante ghiaiosi ben cementati;

✓ *Depositi morenici (7)*

Substrato

✓ *Flysch di Annot (8)*

Arenarie arcosiche più o meno litiche spesso in grosse bancate, più o meno regolarmente alternate con argilloscisti ed ardesie nere (Oligocene).

✓ *Flysch di Demonte-Aisone (9)*

Ardesie e scisti ardesiaci verdicci o verdi argentei a granato, con patina giallastra più o meno accentuata; ardesie nerastre ed ardesie nettamente verdastre; filladi calcaree verdognole (Eocene).

✓ *Metacalcari (10)*

Calcari compatti grigi a grana fine, alternati ad ardesie e a calcari microbrecciati. Intensamente foliati e fratturati. Talora alla base della successione, in eteropia di facies, è possibile trovare banchi di metarenarie (10a) (Giurassico).

✓ *Carniole (11)*

Calcari a cellette e dolomie cariate con subordinate masse di gessi ed anidriti. Ove distinti, in eteropia di facies al top della formazione delle Carniole, si trovano argilliti e argilliti

Calcaree violacee o verdastre o giallastre con subordinate intercalazioni di calcari a cellette (Trias) (11a).

✓ *Anatessiti biotitiche (12)*

Anatessiti biotitiche con subordinati passaggi a granito microgranulare di anatessi e talora a facies di anatessi biotitiche debolmente occhiate.

✓ *Granito Aplitico (13)*

Granito aplitico microgranulare muscovitico o biotitico-muscovitico, talora con passaggi anatessitici biotitici.

Di seguito nelle figure 2 e 3 vengono riportati gli affioramenti tipo e i plot delle superfici di strato e delle foliazioni principali del substrato che affiora nell'area rilevata.

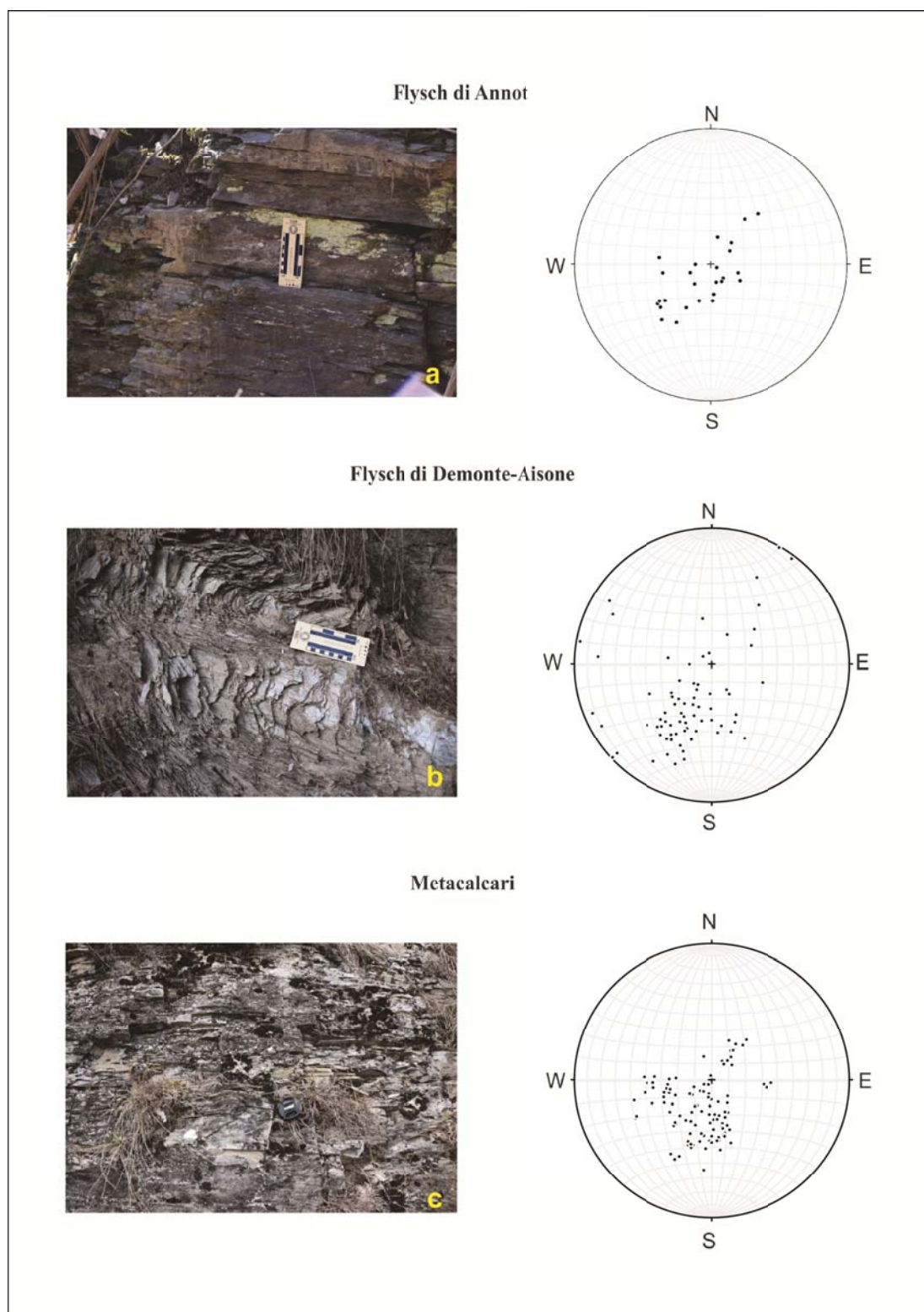


Figura 2 – Affioramenti tipo del substrato e relativi stereogrammi dei poli della foliazione principale che risulta parallela alla stratificazione.

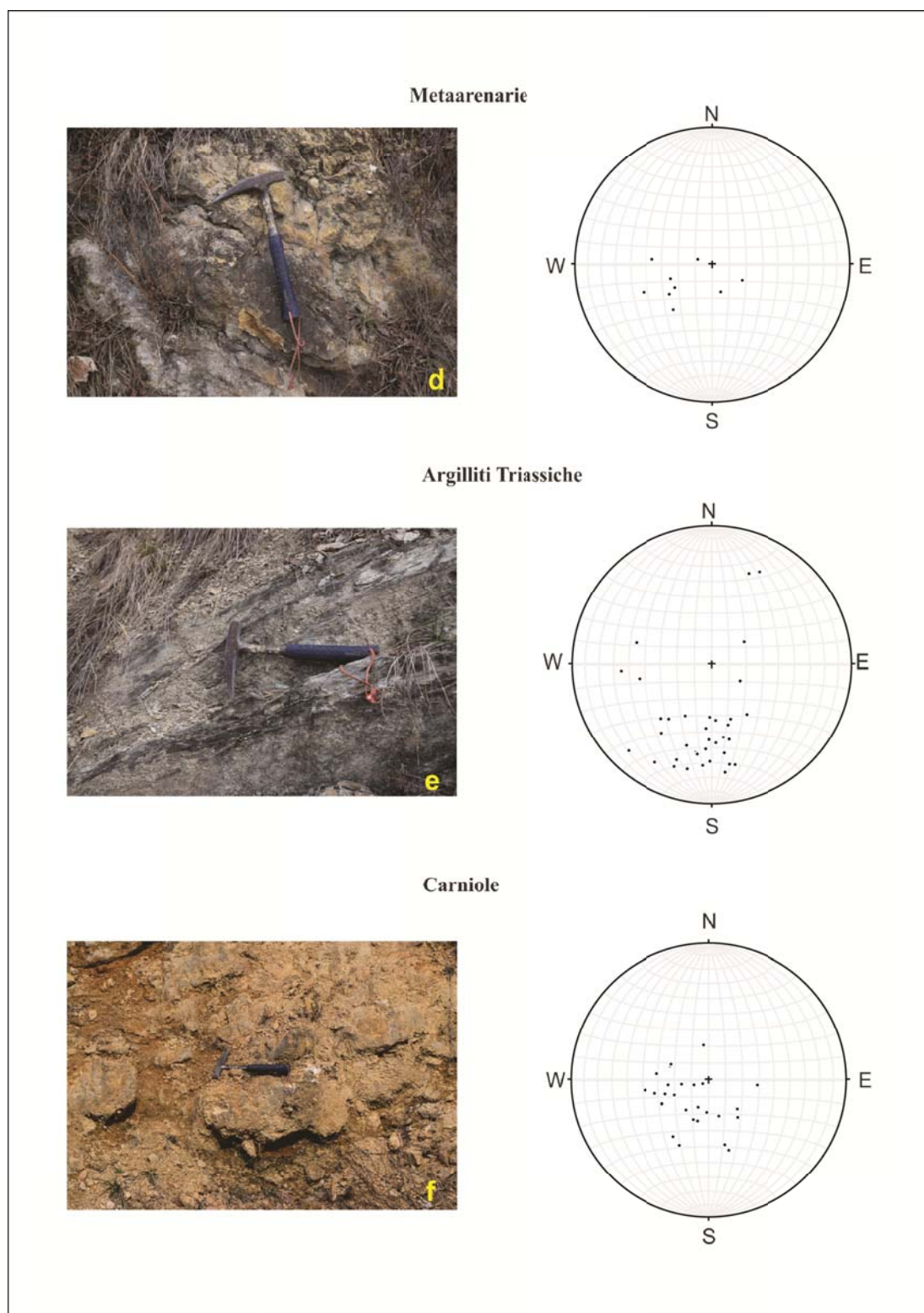


Figura 3 – Affioramenti tipo del substrato e relativi stereogrammi dei poli della foliazione principale che risulta parallela alla stratificazione.

5 CONTESTO GEOSTRUTTURALE

Le osservazioni di terreno hanno messo in evidenza strutture associate a raccorciamento crostale, già ben note nell'orogene alpino. L'area del rilevamento geologico è interessata da un sovrascorrimento regionale (T1; Fig.5) che sovrappone terreni più antichi (Triassici alla base della falda di ricoprimento di tetto) a terreni più recenti (Paleogene al top dell'unità di letto; Fig.4). L'immersione generale verso NNE che caratterizza le rocce del substrato nell'intera area del rilevamento fa assumere una direzione circa NW-SE al sovrascorrimento T1, il quale è comunque caratterizzato da una cinematica generalmente di top verso ovest, dominante nel settore in esame delle Alpi Occidentali.

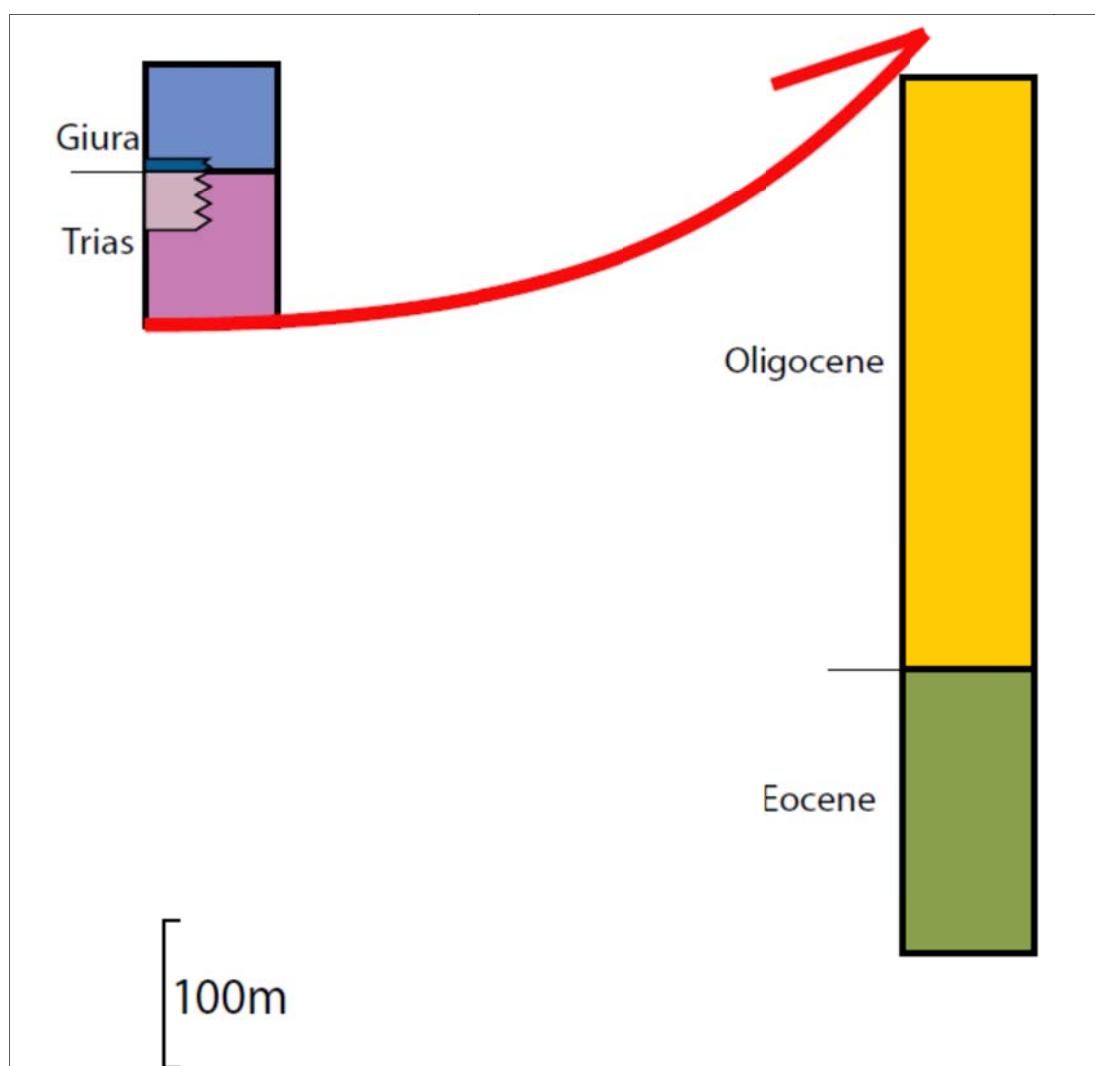


Figura 4 - schema dei rapporti stratigrafici



Figura 5a - piano di faglia

Al centro dell'area rilevata in località castello (Poggio) sono state individuate due faglie (Fig. 5a – 5b) che non hanno una rilevanza regionale (presentano rigetto di pochi metri) ma che, alla scala del rilevamento eseguito, risultano importanti.

La prima, F1, è presente nella formazione delle Carniole (coordinate: 44°18'44" N, 007°18'24" E).

La seconda, F2, nella formazione dei Calcari giurassici (coordinate: 44°18'40" N, 007°18'11" E).



Figura 5b - Affioramento di Carniole in cui è presente il piano di faglia F1.

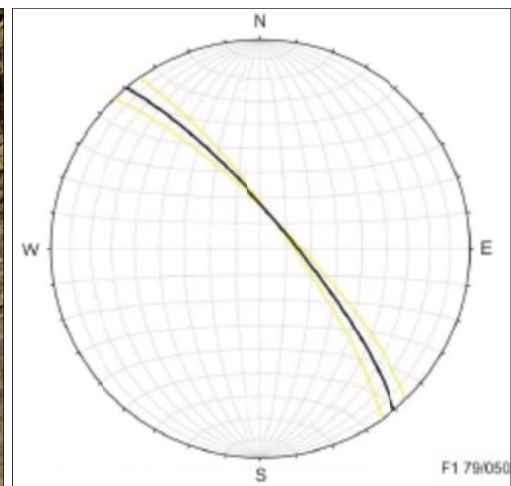


Figura 6 - piano di faglia F1



Figura 7- Affioramento di Calcari Giurassici in cui è presente il piano di faglia F1

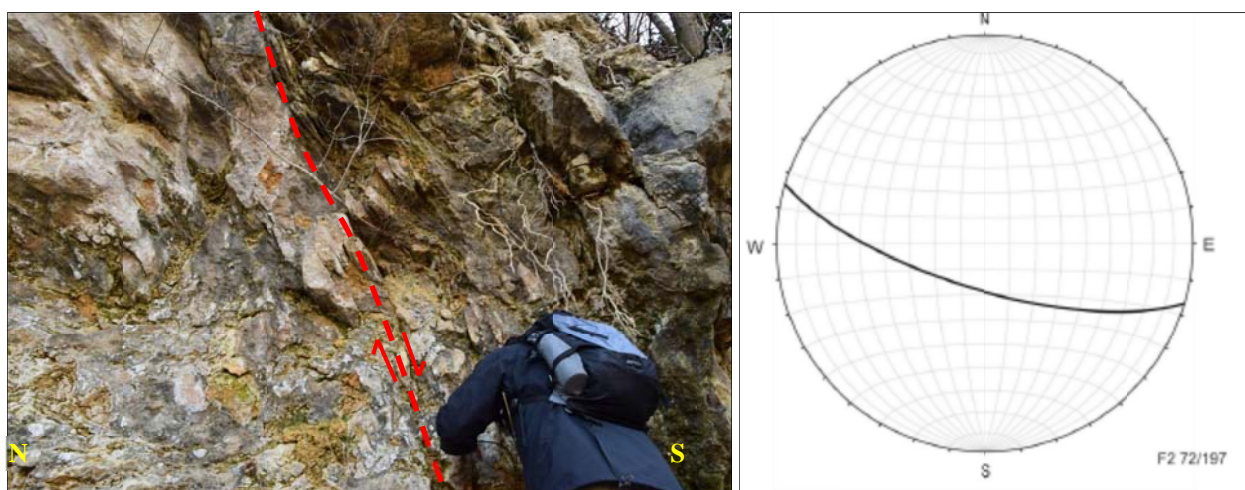


Figura 8 - piano di faglia F2

6 ANALISI DELLA FRATTURAZIONE

Per quanto concerne i dati relativi alle fratture analizzate ed alle caratteristiche strutturali delle rocce incassanti sono state realizzate 6 scan lines, ognuna lunga 4m. L'analisi della fratturazione è stata effettuata su tre unità litostratigrafiche appartenenti alla successione sub-brianzonese che affiorano nell'area di interesse: Carniola, Argilliti Triassiche, Calcari Giurassici.

Nello specifico sono state effettuate 4 scan lines nei Calcari Giurassici affioranti sul Poggio, mentre per quanto riguarda la Carniola e le Argilliti Triassiche il rilievo è stato effettuato su due affioramenti distanti dal Poggio, ma considerati caratteristici delle suddette litologie.

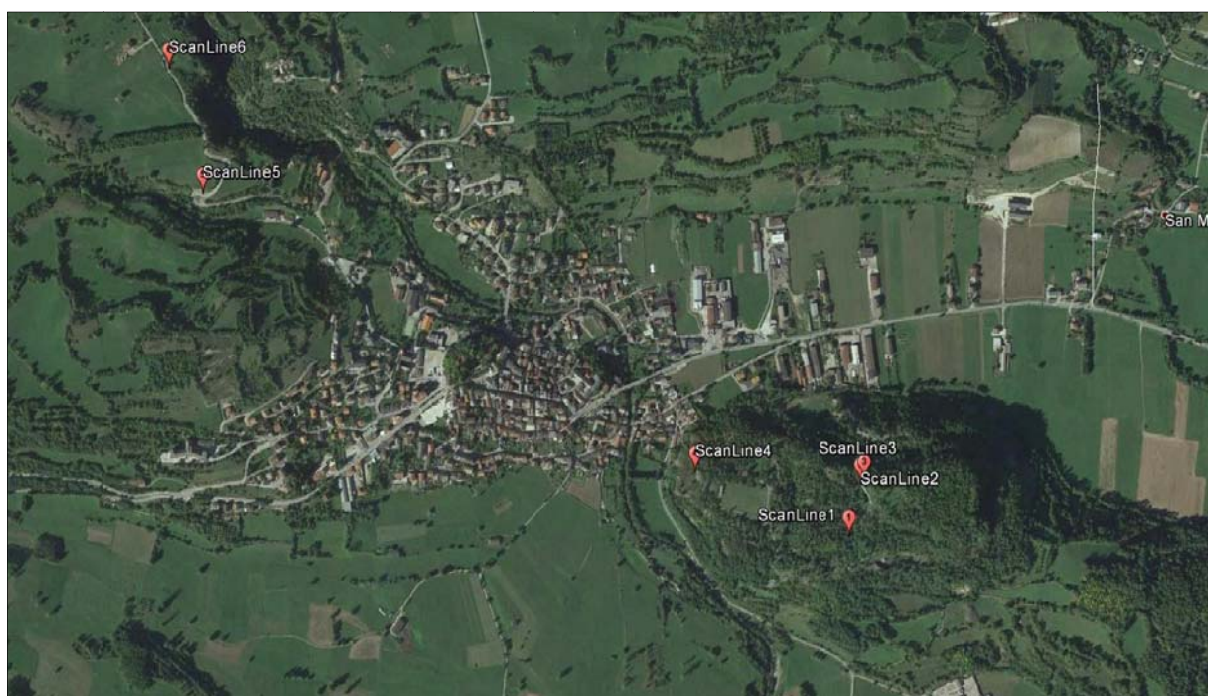


Figura 9 – Ubicazione scan-lines

L'analisi degli affioramenti è consistita nel rilevamento di vene e fratture attraverso la misurazione dei seguenti parametri: lunghezza (cm), apertura (mm), distanza dall'origine (cm), giacitura e riempimento. L'apertura dei joint è stata misurata utilizzando un comparatore logaritmico (Ortega et al., 2006), il quale contiene linee con spessore crescente in scala logaritmica da 0.215 mm a 5 mm.

Le tre unità litostratigrafiche analizzate, seppure in successione stratigrafica, sono caratterizzate da metamorfismo di basso grado e da una intensa trasposizione che, soprattutto nei Calcari Giurassici, ha pressoché obliterato l'originale stratificazione.

L'anisotropia planare principale nei calcari e nelle argilliti è costituita da una foliazione tettonica, su cui è presente una lineazione minerale ben sviluppata nei calcari. A causa della presenza di tale foliazione pervasiva e dell'obliterazione della originale stratificazione, le fratture ad alto angolo sono invariabilmente di tipo non-stratabound.

I dati raccolti sono rappresentati con delle proiezioni stereografiche equi-areali (emisfero inferiore) e dei contour plot, ossia dei diagrammi con isolinee di densità dei poli dei piani proiettati, i quali consentono di identificare i set di fratture presenti nel campione rilevato. Le direzioni dei set di frattura principali sono inoltre ben evidenti nei rose diagram.

Nell'analisi della fratturazione di background si è evitato il rilevamento in prossimità di faglie, in modo da escludere l'influenza locale di damage zone. Inoltre, la direzione dell'affioramento, in relazione all'orientazione del set di fratture in esame, può determinare una diversa esposizione e un'alterazione di alcune caratteristiche di un determinato set, come lo spacing. Per tale motivo si è sistematicamente misurata l'orientazione della scan line, oltre che delle fratture, ed è stata apportata la correzione trigonometrica nota come correzione di Terzaghi.

Si segnala che sulle pareti rocciose del Podio, costituite dai Calcari Giurassici, è spesso presente un forte impatto antropico che ha attutito e a volte quasi del tutto cancellato il reale aspetto geologico degli affioramenti (le pareti risultano fortemente liscivate e di conseguenza i piani di fratturazione non sono più individuabili).

Di seguito sono riportate le caratteristiche principali dei set di frattura rilevate nelle tre unità litostratigrafiche menzionate in precedenza.

La formazione della Carniola è caratterizzata da un unico sistema di fratture, orientato NW-SE, che presenta una lunghezza media delle fratture analizzate pari a 49 cm, con apertura media 0.4 mm e uno spacing medio 11.4 cm.



Figura 10 – Scan-line 6

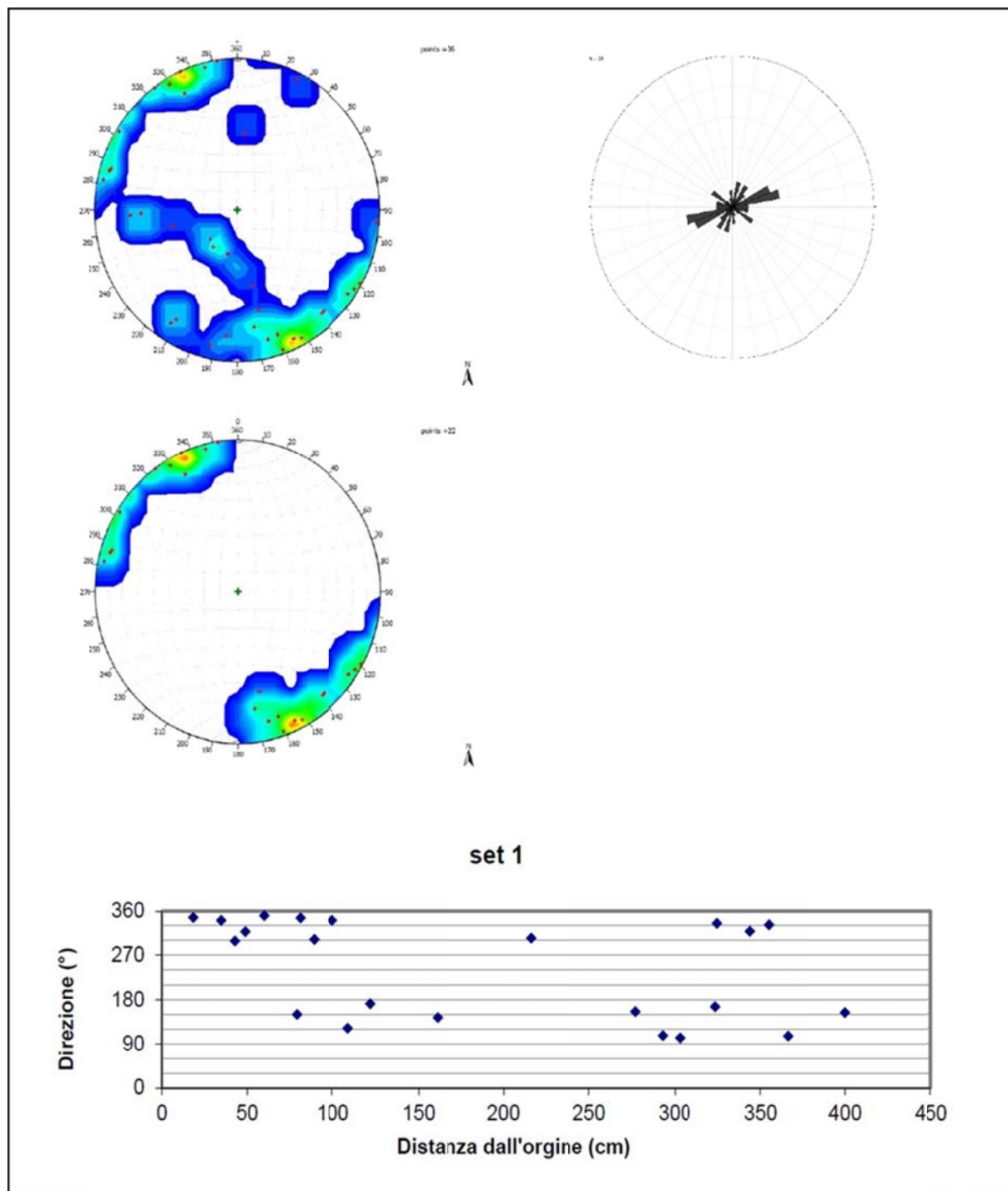


Figura 11 – Stereoplot, rose diagram e grafico della distribuzione delle fratture rilevate nell'unità litostratigrafica della Carniola

La formazione dei Depositi Triassici è caratterizzata dalla presenza di due sistemi di fratture, uno orientato NW-SE e l'altro orientato NNE-SSW.

Nello specifico il Set 1 ha uno spacing medio di 15.8 cm, apertura media di 0.77 mm e lunghezza media delle fratture di 35.93 cm, il Set 2 ha uno spacing medio di 9.98 cm, apertura media di 0.30 mm e lunghezza media delle fratture di 36.5 cm



Figura 12– Scan-line 5

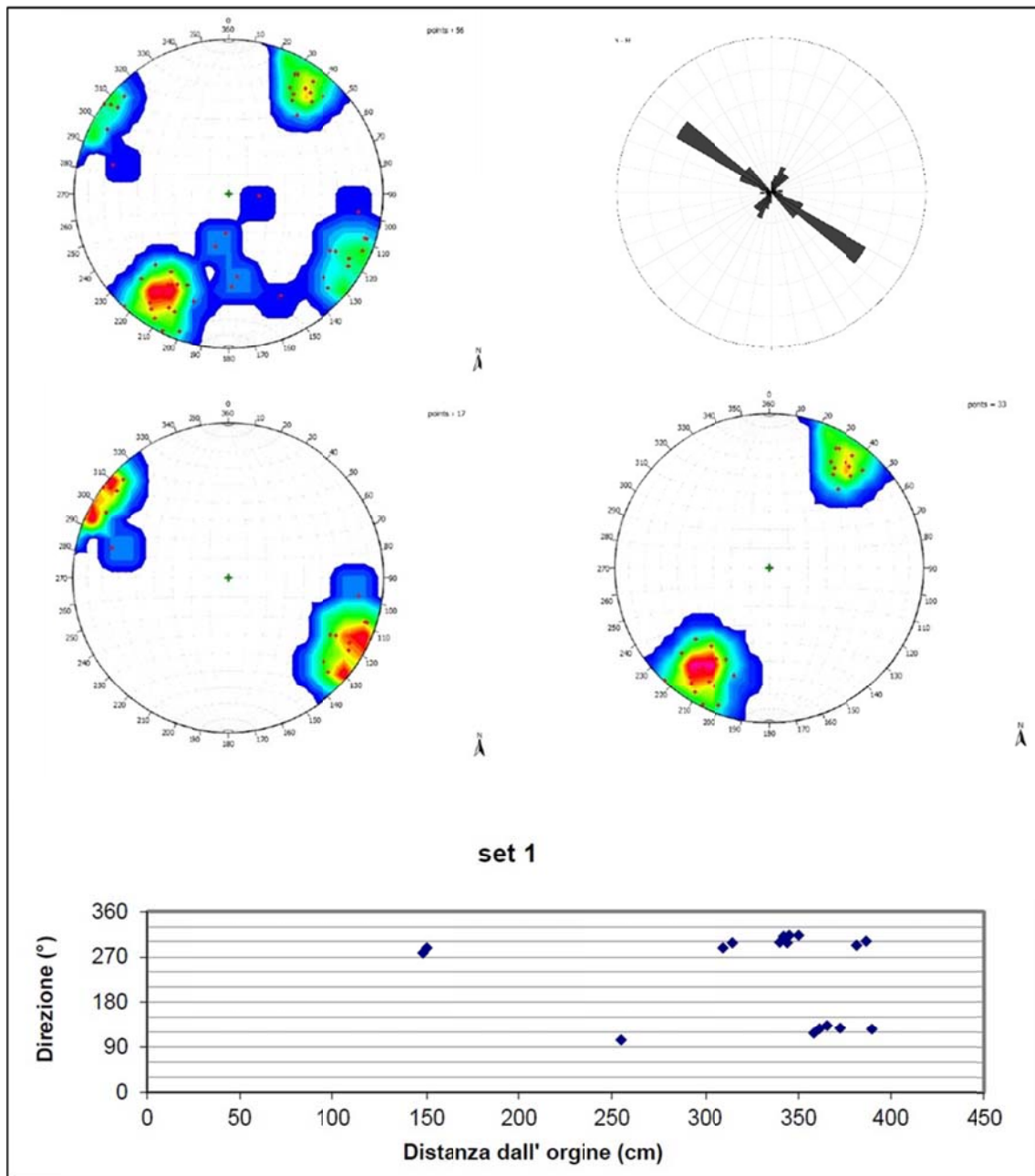


Figura 13 – Stereoplot, rose diagram e grafico della distribuzione del set 1 delle fratture rilevate nell'unità litostratigrafica delle Argilliti Triassiche

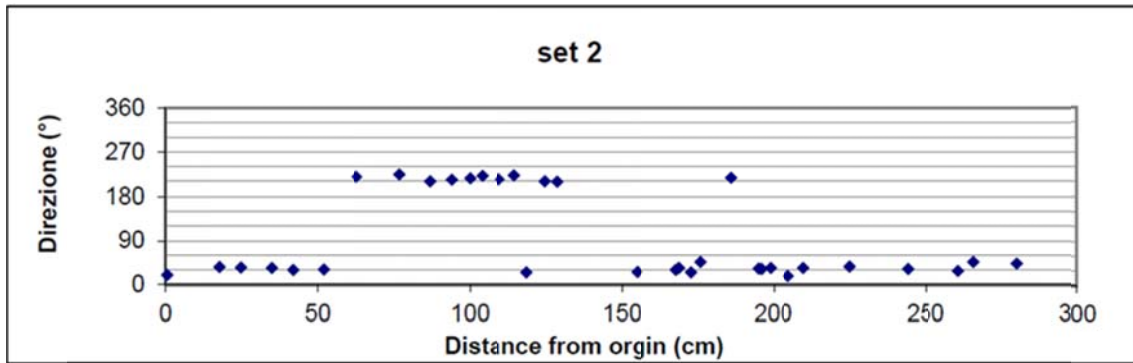


Figura 14 – Grafico della distribuzione del set 2 delle fratture rilevate nell'unità litostratigrafica dei Depositi Triassici

Infine, la formazione dei Calcari Giurassici è caratterizzata dalla presenza di due sistemi di fratture ben sviluppati, uno con direzione WNW-ESE ed uno con direzione NNE-SSW.

Nello specifico il Set 1 ha uno spacing medio di 7.37 cm, apertura media di 0.27 mm e lunghezza media delle fratture di 51.44 cm, il Set 2 ha uno spacing medio di 11.4 cm, apertura media di 0.32 mm e lunghezza media delle fratture di 46.5 cm

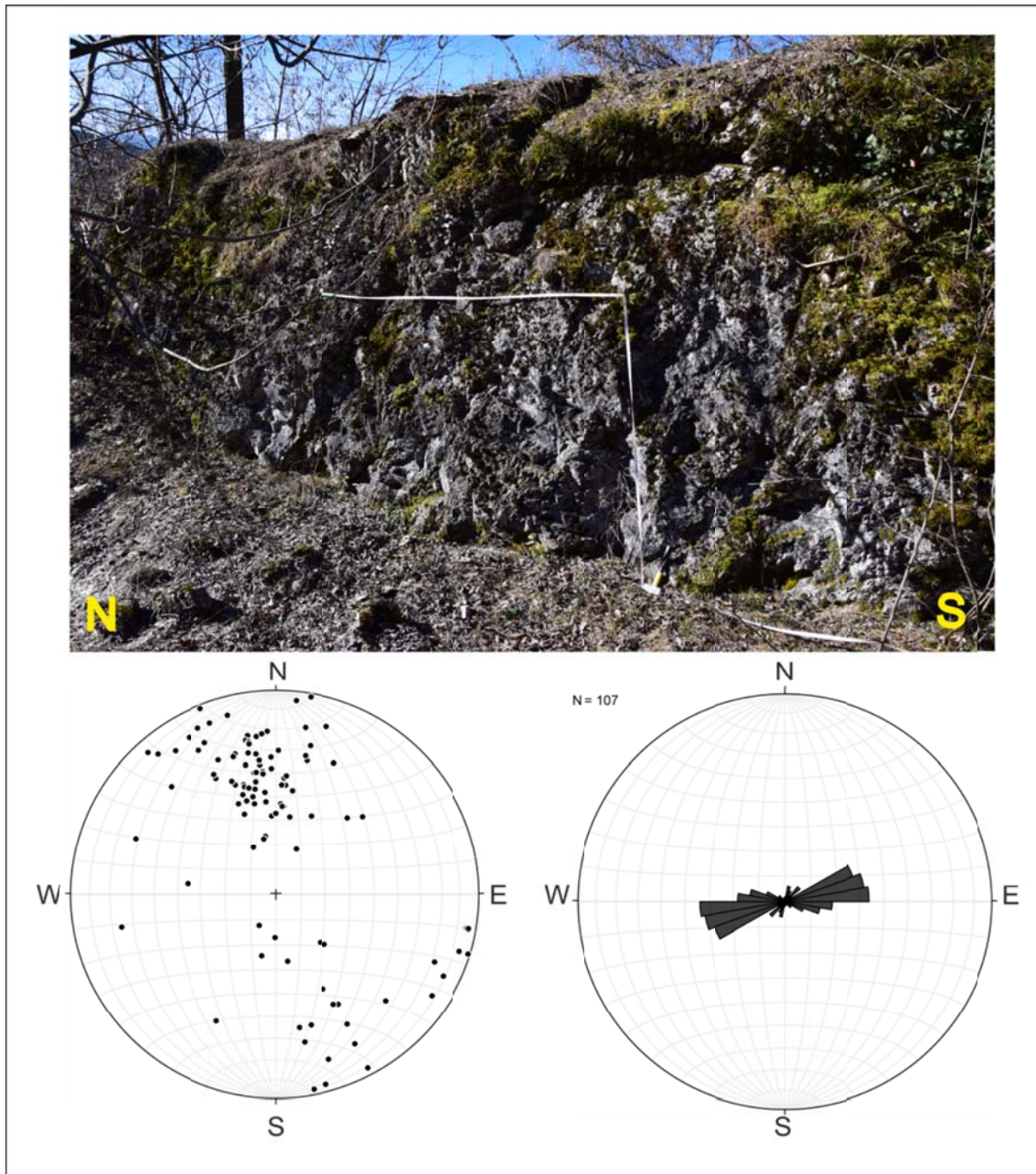


Figura 15 – Scan-line 1

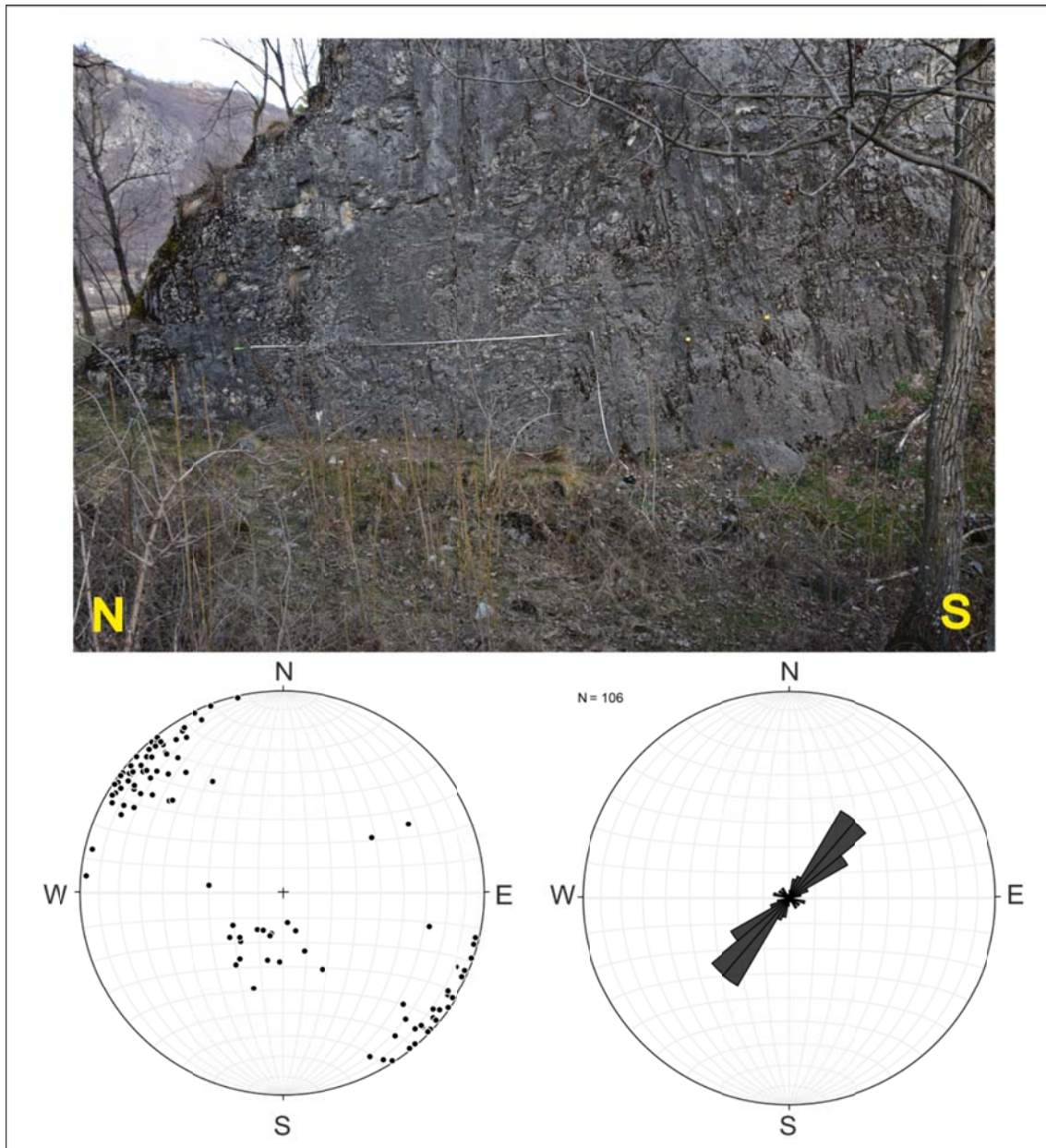


Figura 16 – Scan-line 2

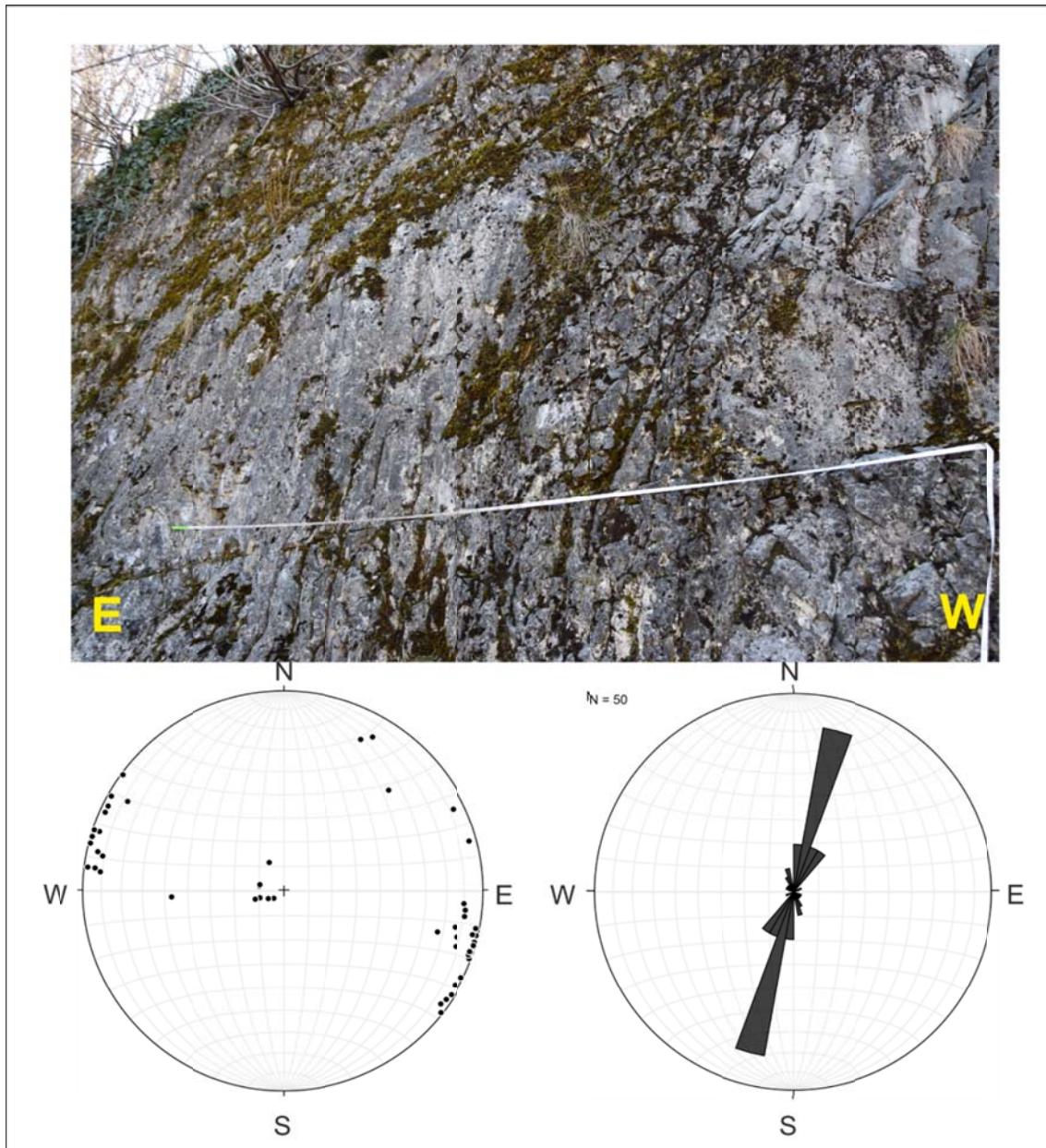


Figura 17 – Scan-line 3

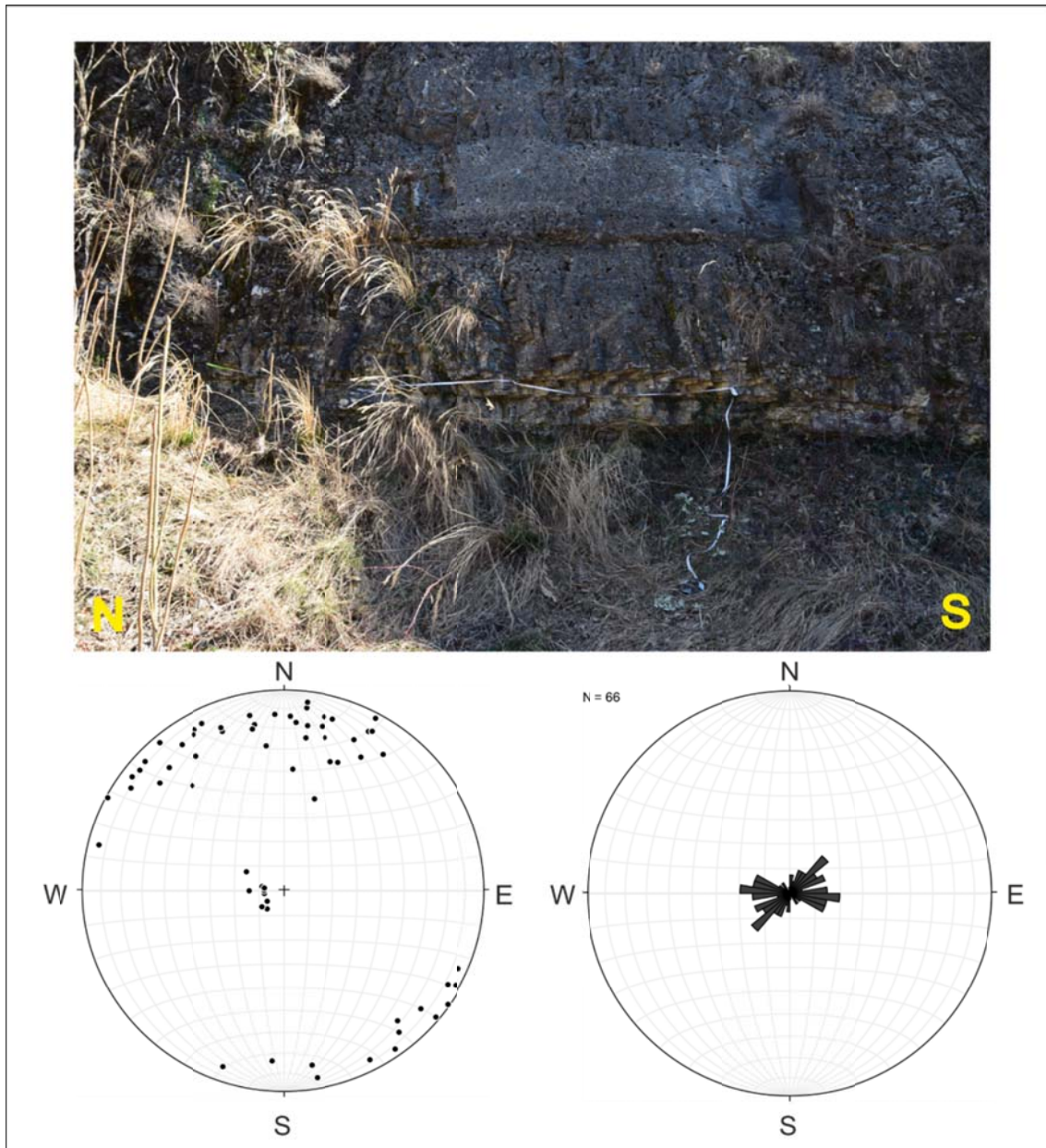


Figura 18– Scan-line 3

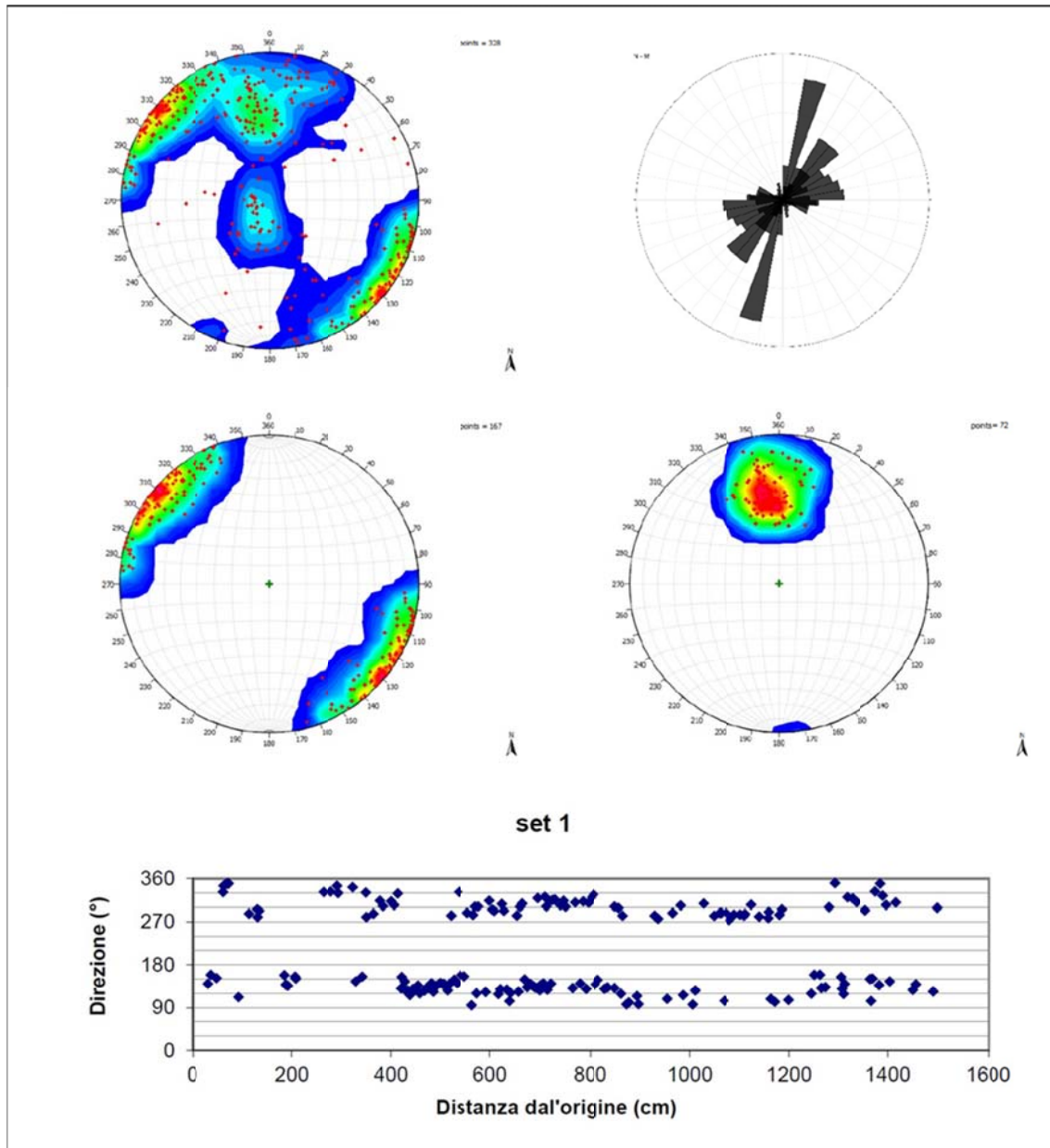


Figura 19 – Stereoplot, rose diagram e grafico della distribuzione del set 1 delle fratture rilevate nell'unità litostratigrafica dei Calcari Giurassici

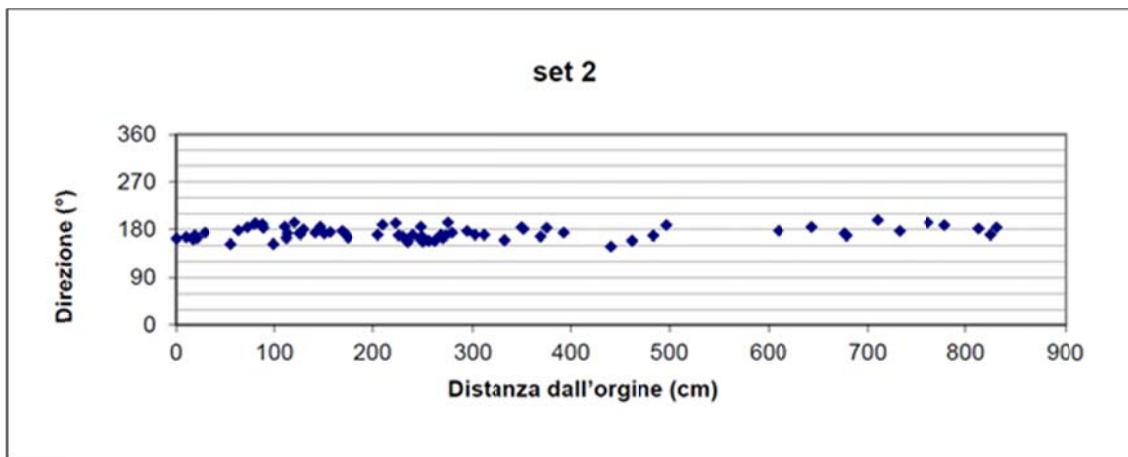


Figura 20 – Grafico della distribuzione del set 2 delle fratture totali rilevate nell'unità litostratigrafica delle Calcari Giurassici

Si può quindi concludere che i sistemi di fratture analizzate mostrano spaziature irregolari, con valori di spacing che seguono una distribuzione esponenziale.

Le lunghezze delle fratture sono regolate da una legge di tipo log-normale, mentre la distribuzione delle aperture per gli strati analizzati segue una legge di potenza, similmente a quanto già osservato in numerosi studi da tutto il mondo (e.g. Ortega & Marrett, 2000; Ortega et al., 2006; Guerriero, 2010).

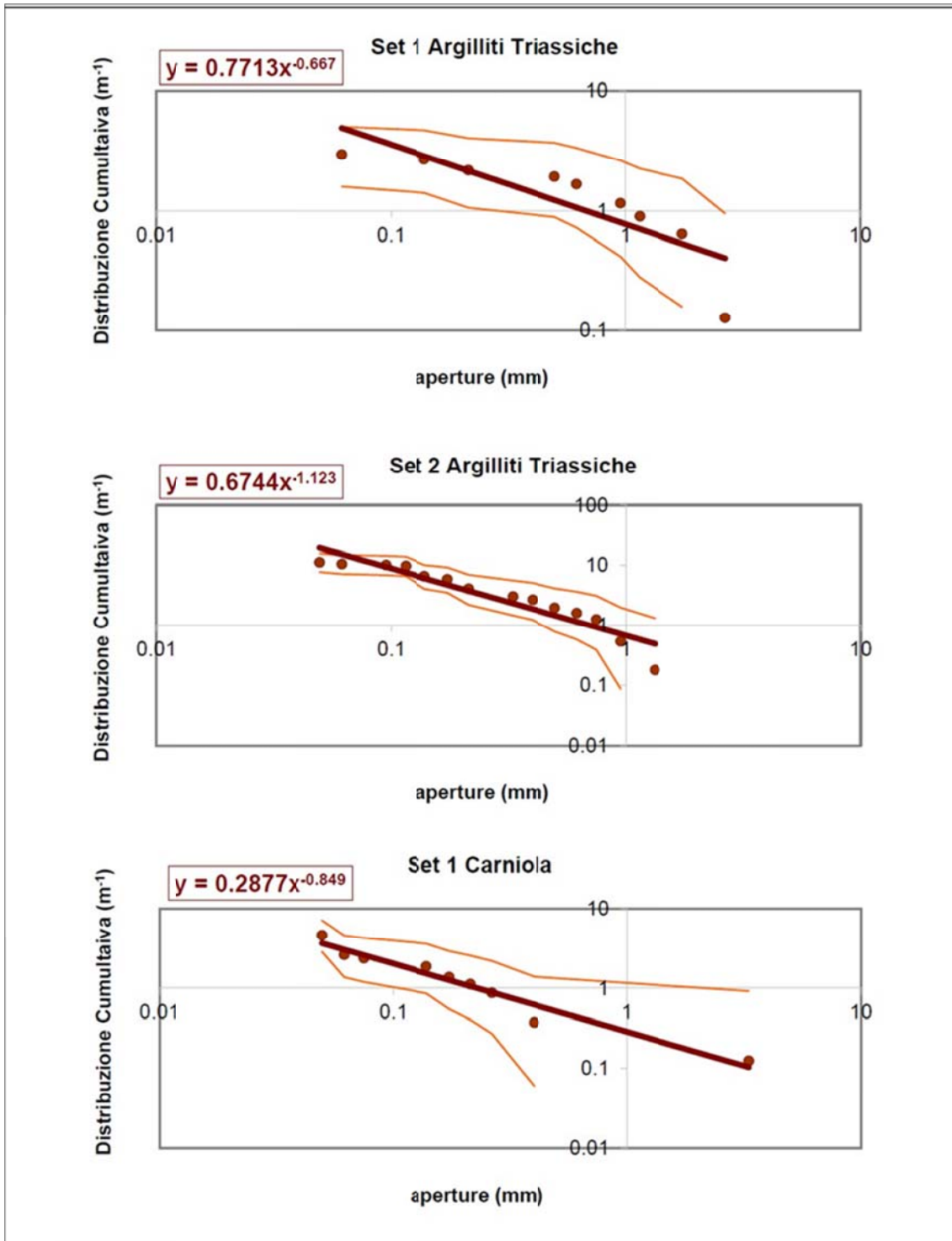


Figura 21 – Frequenza cumulativa delle aperture delle fratture.

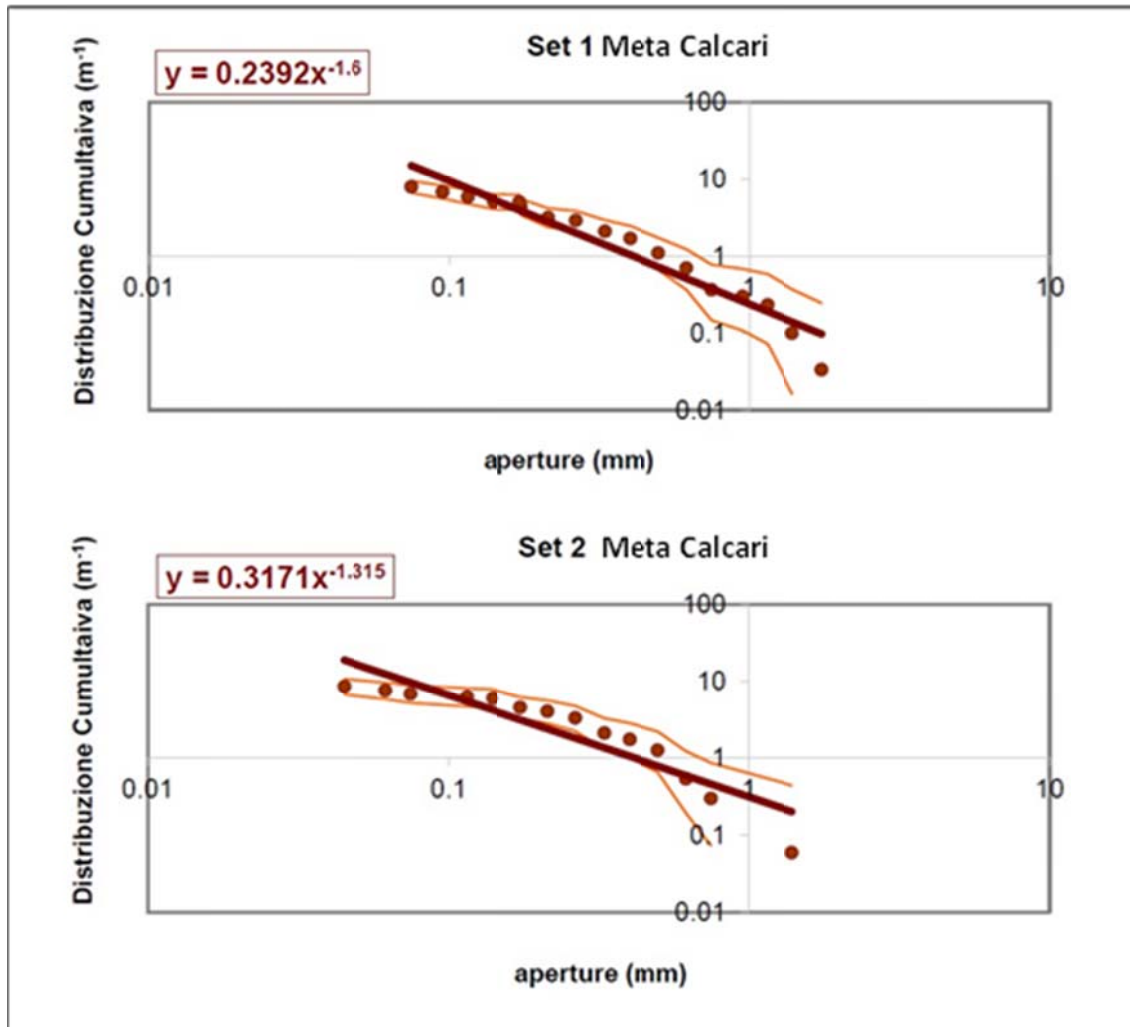


Figura 22 -Frequenza cumulativa delle aperture delle fratture.

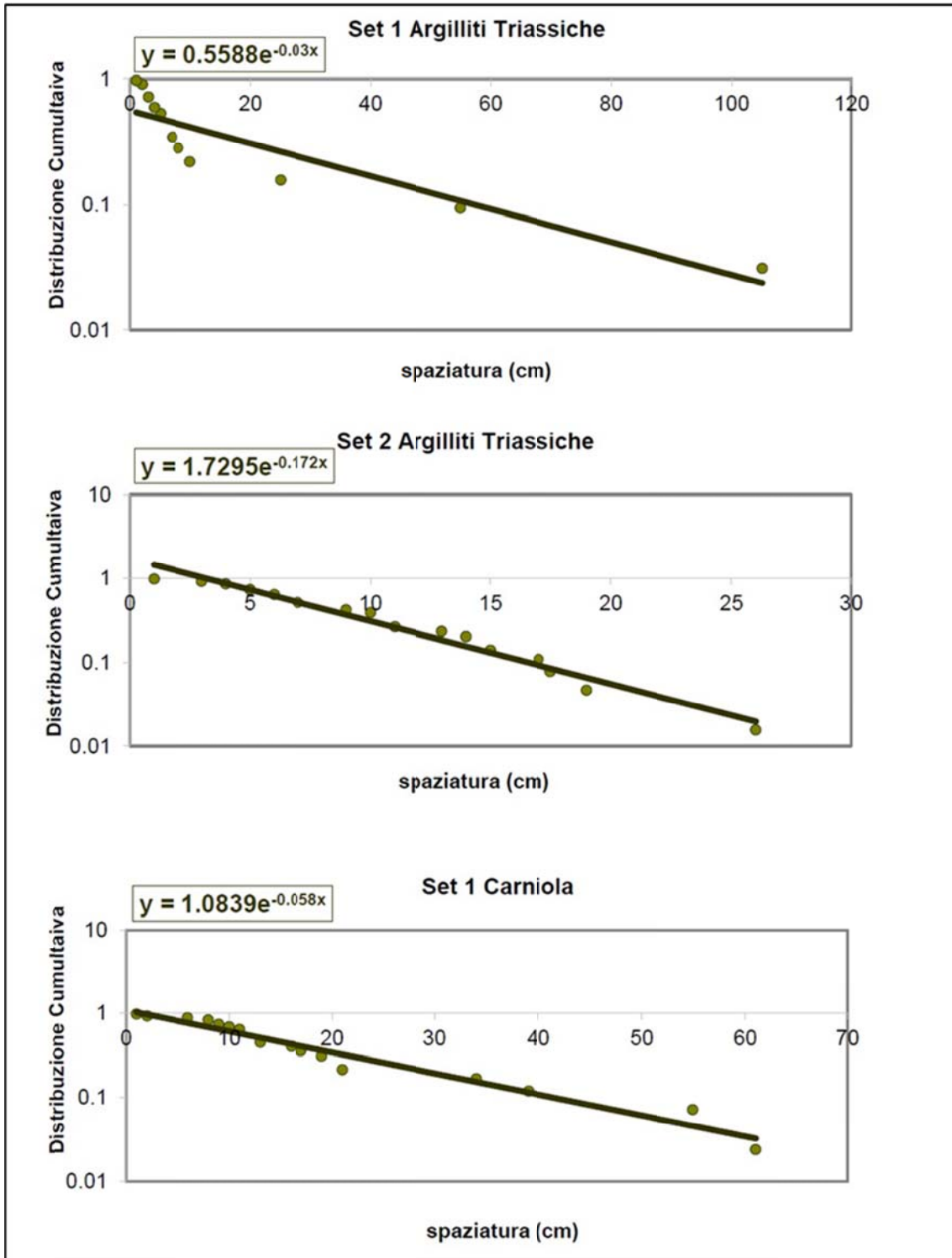


Figura 23 – Frequenza cumulativa dello spacing delle fratture.

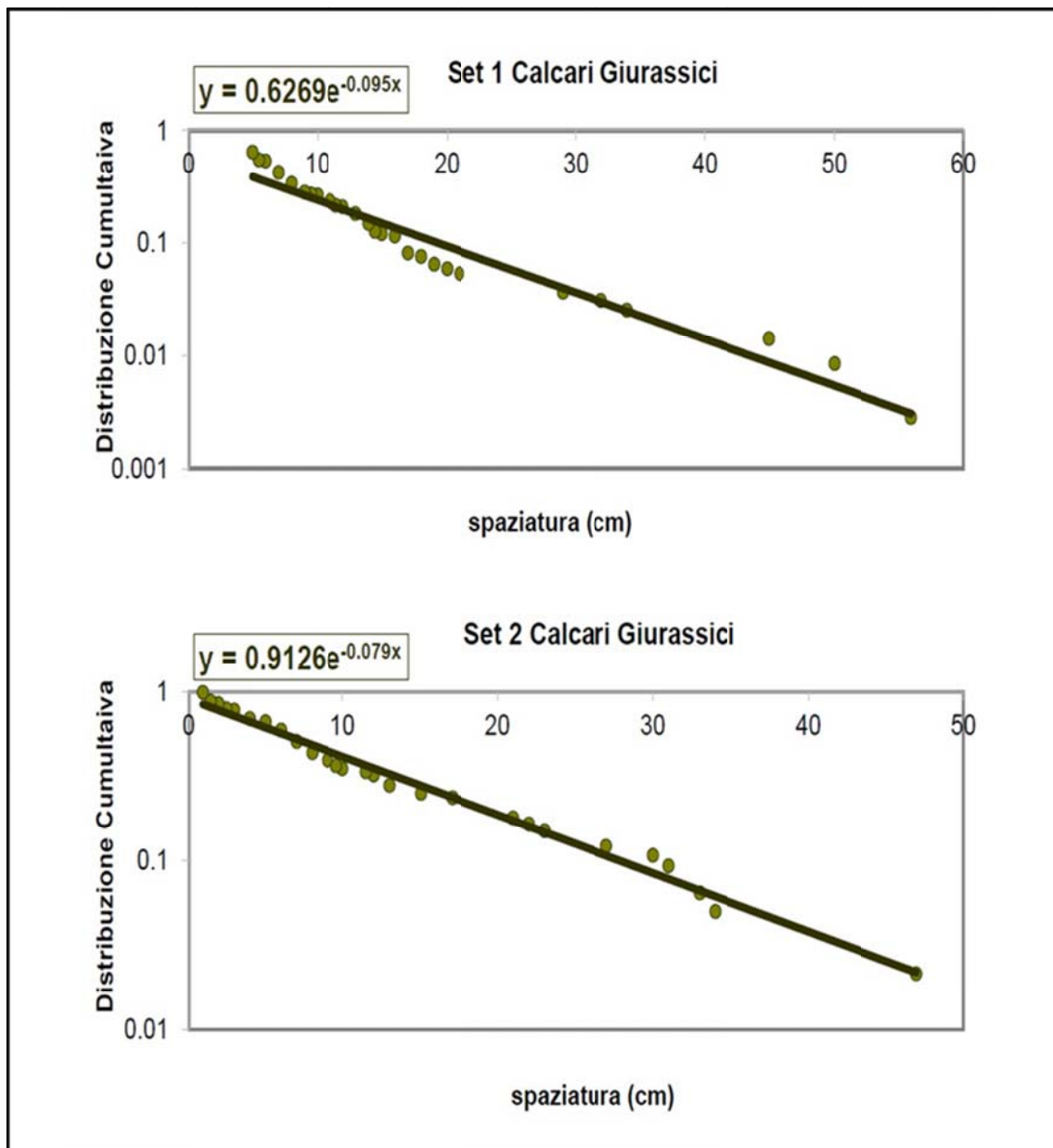


Figura 24 – Frequenza cumulativa dello spacing delle fratture

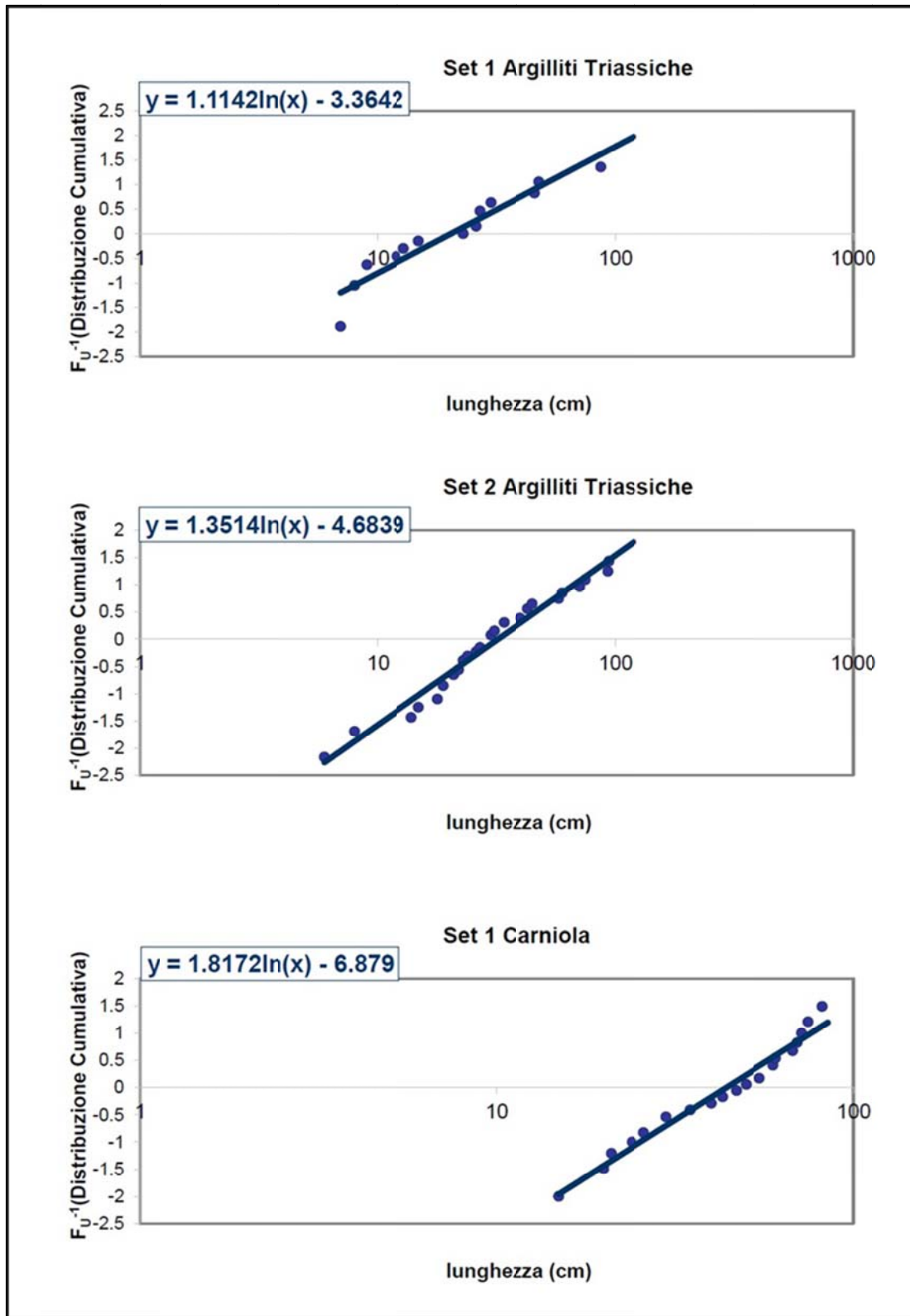


Figura 25– Frequenza cumulativa delle lunghezze delle fratture

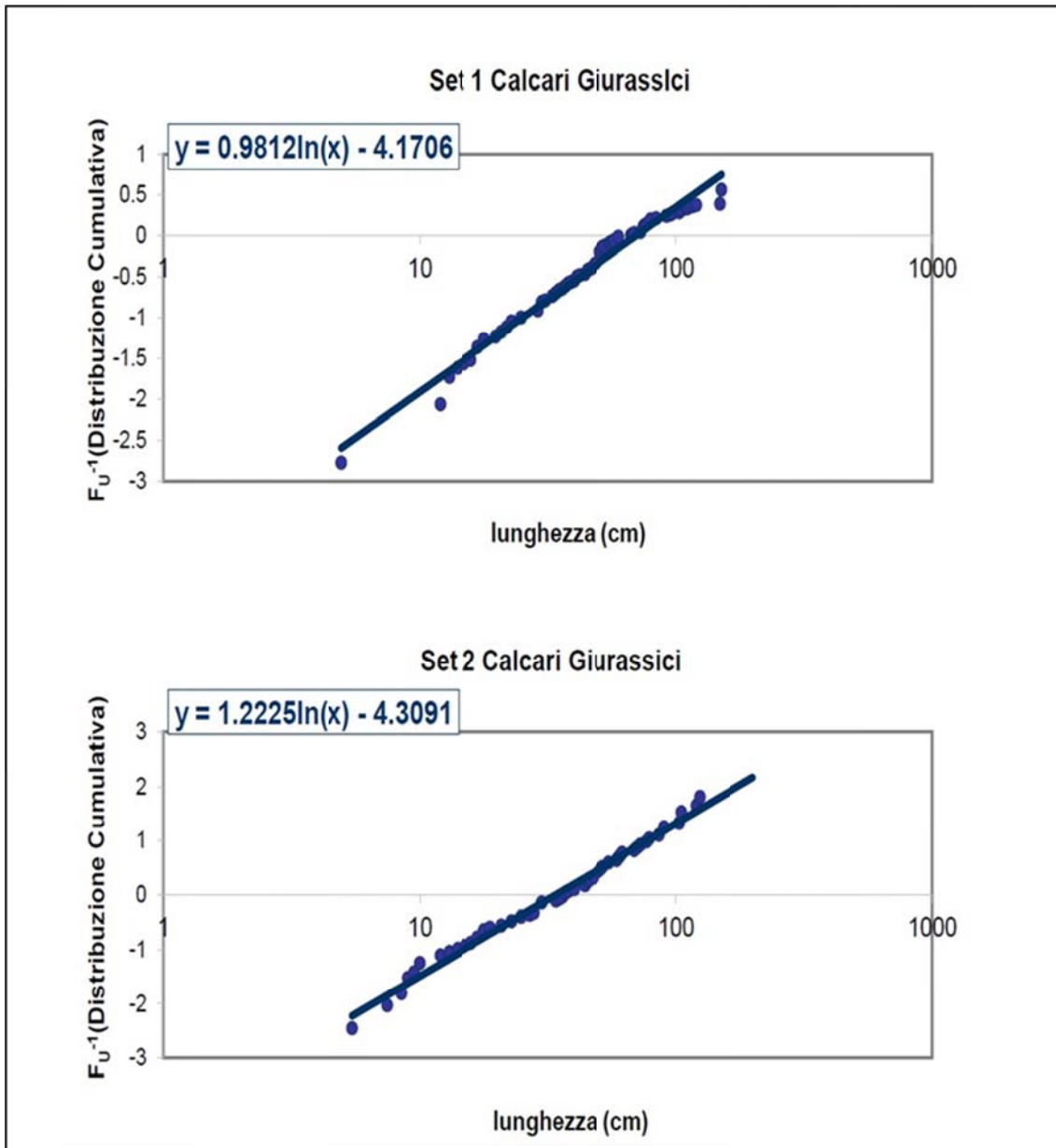


Figura 26 – Frequenza cumulativa delle lunghezze delle fratture

7 ASPETTI APPLICATIVI

La variante di Demonte non presenta particolari pericolosità o criticità geologiche\geomorfologiche. E' caratterizzata sostanzialmente da tre tipologie di opere: rilevati, viadotti e galleria naturale. Quest'ultima attraversa un ammasso roccioso fortemente caratterizzato dalla tettonica locale, descritta nei paragrafi precedenti. Di seguito una descrizione degli aspetti di dettaglio con i conseguenti risvolti applicativi nelle fasi di scavo, con cui deve confrontarsi la progettazione delle sezioni di scavo.

Galleria Il Podio – è l'opera principale, con una geologia inaspettatamente complessa e particolare per alcuni aspetti. L'elaborazione del modello geologico, delineato preliminarmente sulla base dei dati bibliografici e successivamente affinato, ha seguito in questa progettazione un percorso particolare, in quanto il rilevamento geologico di dettaglio, eseguito preliminarmente, ha condizionato la campagna di indagini in corso d'opera, ottimizzandone l'esecuzione in funzione dei dati via via ottenuti.

Il MGR elaborato è frutto pertanto dell'analisi integrata di dati di varia provenienza (rilevamento, sondaggi, geofisica, stazioni geostrutturali, analisi tettonica regionale) che hanno consentito di validare un contesto geologico piuttosto infrequente. Infatti gran parte dello scavo si svolge nella formazione delle Carniole, abbastanza frequente nelle alpi Occidentali, ma scarsamente affiorante nell'area in esame.

A fronte di una certa uniformità del grado di fratturazione a scala d'ammasso, corrisponde una sensibile variazione delle litologie presenti nella formazione, come riscontrato dalle perforazioni eseguite. Una particolarità è costituita dalle breccie di dissoluzione, che presentano buone caratteristiche geomeccaniche e scarso grado di fratturazione. In perforazione hanno fornito infatti testimoni di perforazione in perfette condizioni, dall'aspetto simile ad un "calcestruzzo naturale". Nel tempo sulla componente argillitica si sviluppa una certa alterazione, che frammenta al carota in più elementi.

Salvo imbocco Ovest, dove la presenza di modeste porzioni fortemente alterate delle metaarenarie (figura 27) e l'interferenza con una viabilità comunale necessita di un approccio specifico, gran parte della galleria non presenta criticità particolari né allo scavo, né nei sistemi necessari di presostegno del cavo (fig. 28).



Figura 27 – elevata alterazione delle metarenarie - sondaggio orizzontale imbocca Ovest

Le indagini geofisiche effettuate individuano tuttavia zone con elevati gradienti di velocità e di resistività, in cui è possibile la presenza di tratte a fratturazione più elevata. Queste si presenteranno tuttavia per estese limitate, dell'ordine di qualche metro, come si è potuto riscontrare in superficie su affioramenti significativi.

L'attraversamento di queste tratte e la giacitura delle formazioni potrà generare tuttavia un locale maggior impiego di spritz beton, rispetto le sezioni tipo. Ciò consentirà in alcuni casi di ridurre od evitare cambi sezione in avanzamento dovuti a semplici fuori sagoma, o modesti distacchi localizzati. Questo effetto allo scavo è dovuto alle famiglie di giunti presenti, che possono isolare blocchi di modesto volume unitario con conseguente distacco in fase di avanzamento con ripper od esplosivo.

L'insieme dell'ammasso roccioso, sulla base dei rilevamenti geostrutturali e di un sistematico rilevamento geomeccanico dei testimoni di perforazione è stato classificato prevalentemente in classe III di Beniaowski, con tratte di IV classe.



Figura 28 – pareti di natura antropica in metacalcri, realizzate sul perimetro della fortezza sabauda

8 BIBLIOGRAFIA

- ✓ Barale, Luca, et al. "Geology of the Entracque–Colle di Tenda area (Maritime Alps, NW Italy)." *Journal of Maps* 12.2 (2016): 359-370.
- ✓ Bove, A., Casaccio, D., Destefanis, E., De Luca, D. A., Lasagna, M., Masciocco, L., ... & Tonussi, M. *Assetto geoidrologico della regione Piemonte*. Cd Rom). *Idrogeologia della Pianura Piemontese, Regione Piemonte* (2005).
- ✓ Brizio, F. D., Deregibus, C., Eusebio, A., Gallo, M., Gosso, G., Rattalino, E., Oxilia, M.. *Guida all'escursione: i rapporti tra la zona Brianzonese Ligure e il Flysch a Elmintoidi, Massiccio del Marguareis*. (Limone Piemonte-Certosa di Pesio, Cuneo, 14/15 Settembre 1983) [Field trip guide: Relationships between the Ligurian Briançonnais Zone and the Helminthoides Flysch, Marguareis Massif. (Limone Piemonte-Certosa di Pesio, Cuneo, September 14/15th, 1983)]. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 26, 579–595. (1983)
- ✓ Capitani, Marco, and Monica Marrucci. "The Demonte terrace in the Stura Valley (Maritime Alps) between climatic changes and tectonic movements." *GEOGRAFIA FISICA E DINAMICA QUATERNARIA* 31.1 (2008): 5-12.
- ✓ Crema, G., Dal Piaz, G. V., Merlo, C., & Zanella, E. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli 78–79–90, Argentera–Dronero–Demonte* [Explanatory notes of the Geological Map of Italy at 1:100,000, sheets 78–79–90, Argentera–Dronero–Demonte]. Roma: Servizio Geologico Italiano. (1971).
- ✓ Gianolla, Daniele, Oreste, Cavallo, and Edoardo Martinetto. "I molluschi pleistocenici della Rocca Del Campione (Cherasco, CN) nel quadro dell'evoluzione geologica E paleoambientale del fiume Tanaro." (2015).
- ✓ Guerriero, V., Iannace, A., Mazzoli, S., Parente, M., Vitale, S., Giorgioni, M., 2010. Quantifying uncertainties in multi-scale studies of fractured reservoir analogues: implemented statistical analysis of scan line data. *Journal of Structural Geology*, 32, 1271 –1278.
- ✓ Malaroda, R. *Studi geologici sulla dorsale montuosa compresa tra le basse Valli della Stura di Demonte e del Gesso (Alpi Marittime)* [Geological study on the mountain range between the lower Stura di Demonte and Gesso valleys (Maritime Alps)]. *Memorie Istituto Geologia e Mineralogia*. (1957). Università di Padova, 20, 1–130.

- ✓ Molli, G., Crispini, L., Malusa`, M. G., Mosca, P., Piana, F., & Federico, L. Geology of the Western Alps–Northern Apennine junction area: A regional review. In M. Beltrando, A. Peccerillo, M. Mattei, S. Conticelli, & C. Doglioni (Eds.), *The geology of Italy: Tectonics and life along plate margins*. Journal of the Virtual Explorer, 36, 10. doi:10.3809/jvirtex.2010.00215. (2010).
- ✓ Musumeci, G., Ribolini, A., Spagnolo, M. - The effect of late Alpine tectonics in the morphology of the Argentera Massif (Western Alps, Italy–France). *Quaternary International* 101 -102, 191–201. (2003).
- ✓ Ortega, O., Marrett R., 2000. Prediction of macrofracture properties using microfracture information, Mesaverde Group sandstones, San Juan basin, New Mexico. *Journal of Structural Geology*, 22, 571–588.
- ✓ Ortega, O., Marrett, R., Laubach, E., 2006. Scale-independent approach to fracture intensity and average spacing measurement. *AAPG Bulletin*, 90, 193–208.
- ✓ Perotti, E., Bertok, C., d’Atri, A., Martire, L., Piana, F., & Catanzariti, R. A tectonically-induced Eocene sedimentary mélangé in the West Ligurian Alps, Italy. *Tectonophysics*, 568–569, 200–214. (2012).
- ✓ Spagnolo, Matteo. "Illustrative notes of the geomorphological map of the upper Arma Valley (Stura di Demonte Valley, Maritime Alps)." *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 30.1 (2007): 117-125.
- ✓ Sturani C.- La couverture sédimentaire de l’Argentera – Mercantour dans le secteur compris entre les Barricate et Vinadio (haute vallée de la Stura di Demonte, Italie). *Travaux du Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de l’Université de Grenoble*, 39, 83-124. (1963).