

**Variante alla S.S. 45 "Val di Trebbia"**  
**Comuni di Torriglia e Montebruno**  
**dal Km 31+500 (Costafontana) al Km 35+600 (Montebruno)**  
**2° stralcio funzionale**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**I PROGETTISTI:**

*Ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n. 3594*

*Ing. Giuseppe Danilo Malgeri*  
*Ordine Ing. di Roma n. A34610*

*Geol. Serena Majetta*  
*Ordine Geologi del Lazio n. 928*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*Geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*Ing. Giancarlo Luongo*

PROTOCOLLO

DATA

**GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE**

Relazione sui rilievi geomeccanici

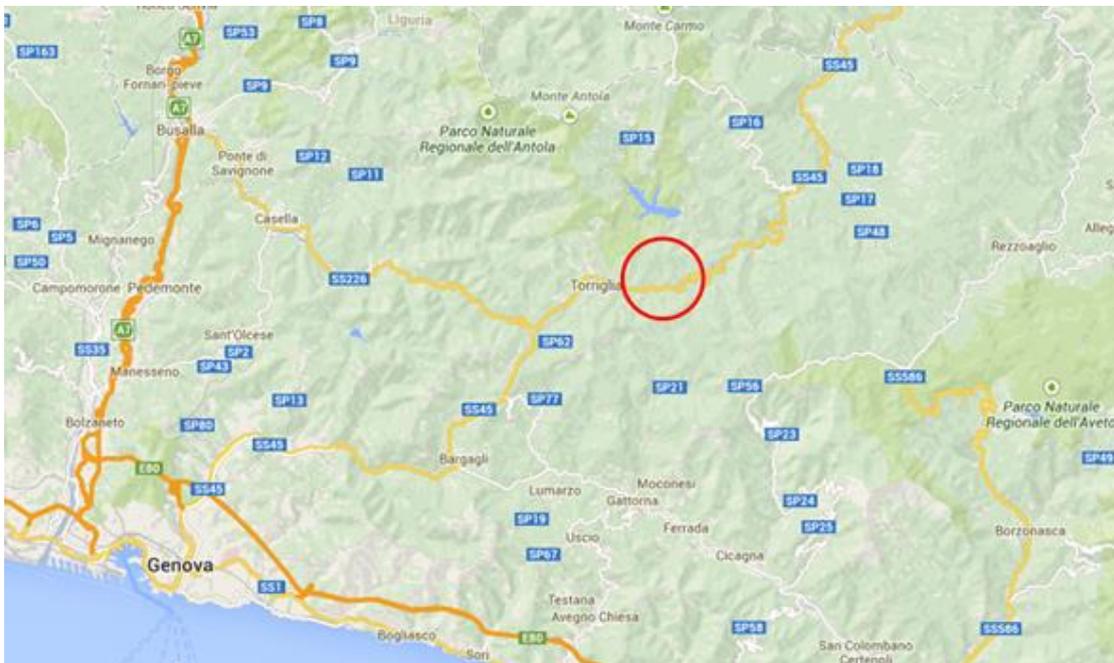
CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00GE00GEORE02_A.dwg			
DPGE03	D	1701	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE02	A	-
D						
C						
B						
A	Emissione		OTTOBRE 2018	Geol. S. Rottaris	Geol. S. Serangeli	Geol. S. Majetta
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSE</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE PROGETTUALI</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>RILIEVI GEOMECCANICI</b>	<b>11</b>
4.1	<b>Stazione S(L) – Progetto Preliminare</b>	<b>14</b>
4.2	<b>Stazione S(M) – Progetto Preliminare</b>	<b>20</b>
4.3	<b>Stazione S(O) – Progetto Preliminare</b>	<b>26</b>
4.4	<b>Stazione S(R) – Progetto Preliminare</b>	<b>32</b>
4.5	<b>Stazione S(Z) – Progetto Preliminare</b>	<b>38</b>
4.6	<b>Stazione S(1) – Progetto Definitivo</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>SISTEMI DI CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA</b>	<b>51</b>
6.1	<b>Sistema R.M.R.</b>	<b>52</b>
6.2	<b>Sistema GSI</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>66</b>

## 1 PREMESSE

La presente relazione sui rilievi geomeccanici è stata redatta nell'ambito delle attività di progettazione definitiva condotte dalla Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori di ANAS S.p.A., per la realizzazione della variante alla S.S. 45 "Val di Trebbia" estesa dal km 31+500 (in loc. Costafontana) al km 35+600 (in loc. Montebruno), situati presso i comuni di Torriglia e Montebruno (vedi **Figura 1**).



**Figura 1. Ubicazione del sito oggetto dell'intervento. L'area in esame è indicata dal cerchio di colore rosso. Immagine non in scala.**

In particolare l'elaborato in esame descrive i risultati dei rilievi geomeccanici eseguiti contestualmente alla fase di studio geologico (s.l.) del 2° stralcio funzionale composto di due tratte, la prima estesa tra i km 32+445 ÷ 32+618,94 e la seconda tra i km 33+090,5 ÷ 34+819,41.

La realizzazione del presente elaborato conclude quindi un processo di studio articolato secondo le seguenti fasi di lavoro:

- acquisizione dei rilievi geomeccanici eseguiti in fase di Progettazione Preliminare nell'area di interesse;
- esecuzione di rilievi geomeccanici integrativi durante gli studi geologici (s.l.) di terreno;
- analisi delle indagini geognostiche sviluppate durante la realizzazione del Progetto Definitivo e delle prove di laboratorio ai fini di procedere con l'acquisizione dei parametri necessari alla classificazione geomeccanica dell'ammasso;
- analisi dei dati acquisiti, determinazione della classificazione geomeccanica dell'ammasso e redazione del presente report.

Le indagini geognostiche dirette ed indirette eseguite sono state raccolte in specifici elaborati allegati al presente Progetto (vedi **Tabella 1**), comprendenti la planimetria di ubicazione (cod. el. T00GE00GEOPU01A/02A) e le relazioni illustrative di tutte le indagini eseguite, nonché i certificati delle prove di laboratorio dei campioni prelevati e delle prove in situ eseguite.

Oltre al presente testo, sono stati quindi prodotti gli elaborati riportati nella tabella seguente.

**Tabella 1. Stralcio dell'elenco elaborati del Progetto Definitivo relativo ai soli studi geologici.**

CODICE ELABORATO										TITOLO ELABORATO	SCALA	
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	1	A	Relazione geologica	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	2	A	Relazione sui rilievi geomeccanici	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	3	A	Relazione piano gestione materie	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	4	A	Documentazione indagini geognostiche	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	5	A	Documentazione prove di laboratorio	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	RE	0	6	A	Documentazione indagini geofisiche	-
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	1	A	Planimetria ubicazione indagini - tav 1 di 2	1:2.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	PU	0	2	A	Planimetria ubicazione indagini - tav 2 di 2	1:2.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	1	A	Carta geologica - tav 1 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	2	A	Carta geologica - tav 2 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	3	A	Carta geologica - tav 3 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	4	A	Carta geologica - tav 4 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	5	A	Carta geologica - tav 5 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	6	A	Carta geomorfologica - tav 1 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	7	A	Carta geomorfologica - tav 2 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	8	A	Carta geomorfologica - tav 3 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	0	9	A	Carta geomorfologica - tav 4 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CG	1	0	A	Carta geomorfologica - tav 5 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	1	A	Carta idrogeologica - tav 1 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	2	A	Carta idrogeologica - tav 2 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	3	A	Carta idrogeologica - tav 3 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	4	A	Carta idrogeologica - tav 4 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CI	0	5	A	Carta idrogeologica - tav 5 di 5	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	CD	0	1	A	Carta ubicazione cave e discariche	1:100.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	FG	0	1	A	Profilo geologico - tav 1 di 3	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	FG	0	2	A	Profilo geologico - tav 2 di 3	1:1.000
T	0	0	GE	0	0	GEO	FG	0	3	A	Profilo geologico - tav 3 di 3	1:1.000

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

---

Progetto Definitivo

CODICE ELABORATO											TITOLO ELABORATO	SCALA
T	0	0	GE	0	0	GEO	SG	0	1	A	Sezioni geologiche trasversali - Tratta km 32+445 ÷ 32+618,94 - tav 1 di 1	1:500
T	0	0	GE	0	0	GEO	SG	0	2	A	Sezioni geologiche trasversali - Tratta km 33+090,5 ÷ 34+819,41 - tav 1 di 3	1:500
T	0	0	GE	0	0	GEO	SG	0	3	A	Sezioni geologiche trasversali - Tratta km 33+090,5 ÷ 34+819,41 - tav 2 di 3	1:500
T	0	0	GE	0	0	GEO	SG	0	4	A	Sezioni geologiche trasversali - Tratta km 33+090,5 ÷ 34+819,41 - tav 3 di 3	1:500

## **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

- D. Lgs. n.50 del 18 aprile 2016: "Codice dei contratti pubblici";
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»";
- D.M. 17/01/2018 - "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 11/03/88 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998);
- International society for rock mechanics commission on standardization of laboratory and field tests – "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses", Ipzt. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Ahstr. Vol. 15, pp. 319 368 (1978).

### **3 CARATTERISTICHE PROGETTUALI**

La Strada Statale n° 45 "Val di Trebbia" rappresenta uno dei principali assi viari di collegamento tra la regione Liguria e la regione Emilia Romagna. Le funzioni peculiari della predetta rotabile sono rappresentate dalle connessioni di importanti centri abitati con il capoluogo provinciale e dall'individuazione di una viabilità interregionale che risulta, tra l'altro, integrata con il sistema autostradale attraverso il collegamento con le Statali n° 225 e n° 226.

Vista l'importanza dell'opera viaria in esame sono stati previsti da ANAS S.p.A. lavori di adeguamento ed ammodernamento alla sezione stradale tipo C2 delle tratte dell'infrastruttura maggiormente difformi rispetto a tale standard.

Come anticipato nel Capitolo 1 il presente elaborato è quindi propedeutico alla fase di progettazione definitiva dei lavori di sistemazione ed ammodernamento previsti per il tratto della S.S. 45 compreso tra il km 31+500 (in loc. Costafontana) ed il km 35+600 (in loc. Montebruno).

Il Progetto Preliminare di tali lavori, approvato dall'Amministratore Unico di Anas S.p.A. il 2 agosto 2013, aveva una lunghezza complessiva di circa 2900,11 metri, con un primo lotto di circa 1169 metri sviluppato tra il km 31+500 ed il km 32+629 dell'attuale S.S.45, ed un secondo lotto di circa 1730 metri, esteso tra il km 33+081 ed il km 35+600 dell'attuale S.S.45, comprendente tra di essi anche tratti già adeguati per una lunghezza pari a 655 m.

Successivamente entro il primo lotto è stata preferenzialmente sviluppata la progettazione definitiva ed esecutiva della tratta compresa tra il km 31+500 ed il km 32+445,

denominata 1° Stralcio funzionale e per la quale sono attualmente in fase di esecuzione i lavori di adeguamento.

La fase di progettazione definitiva delle restanti parti è stata quindi inglobata nel 2° stralcio funzionale interessando quindi:

- la tratta estesa tra il km 32+445 ed il km 32+618,94 (vedi **Figura 2**), caratterizzata da una lunghezza di circa 174m;
- la tratta estesa tra il km 33+090,5 ed il km 34+819,41 (vedi **Figura 3**), caratterizzata da una lunghezza di circa 1730m.

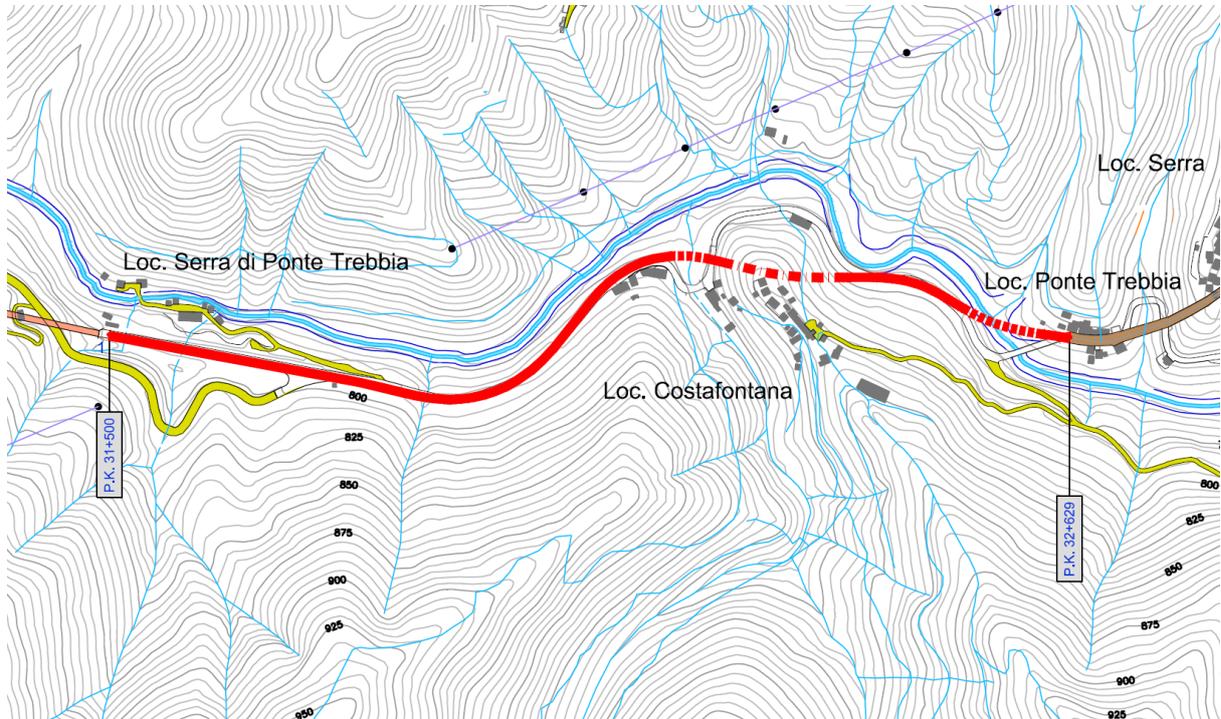
Entrambi gli stralci si collocano in un settore collinare/montuoso e prevedono quindi due tipologie principali di interventi:

- allargamento della sede stradale attualmente presente mediante l'esecuzione di scavi di sbancamento verso monte e/o la realizzazione di opere di sostegno verso valle;
- rettificazione del tracciato plano-altimetrico al fine di aumentare la velocità di progetto, mediante la realizzazione di viadotti e gallerie artificiali.

Per quanto concerne la realizzazione di nuove opere, nella prima tratta è prevista la realizzazione di un viadotto di lunghezza pari a 70m, mentre per la seconda parte è prevista la realizzazione di n°4 viadotti di lunghezza rispettivamente pari a 90m, 120,5m, 112m e 95m oltre ad una galleria artificiale di lunghezza pari a 25m.

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Comuni di Torriglia e Montebruno  
dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41  
Progetto Definitivo

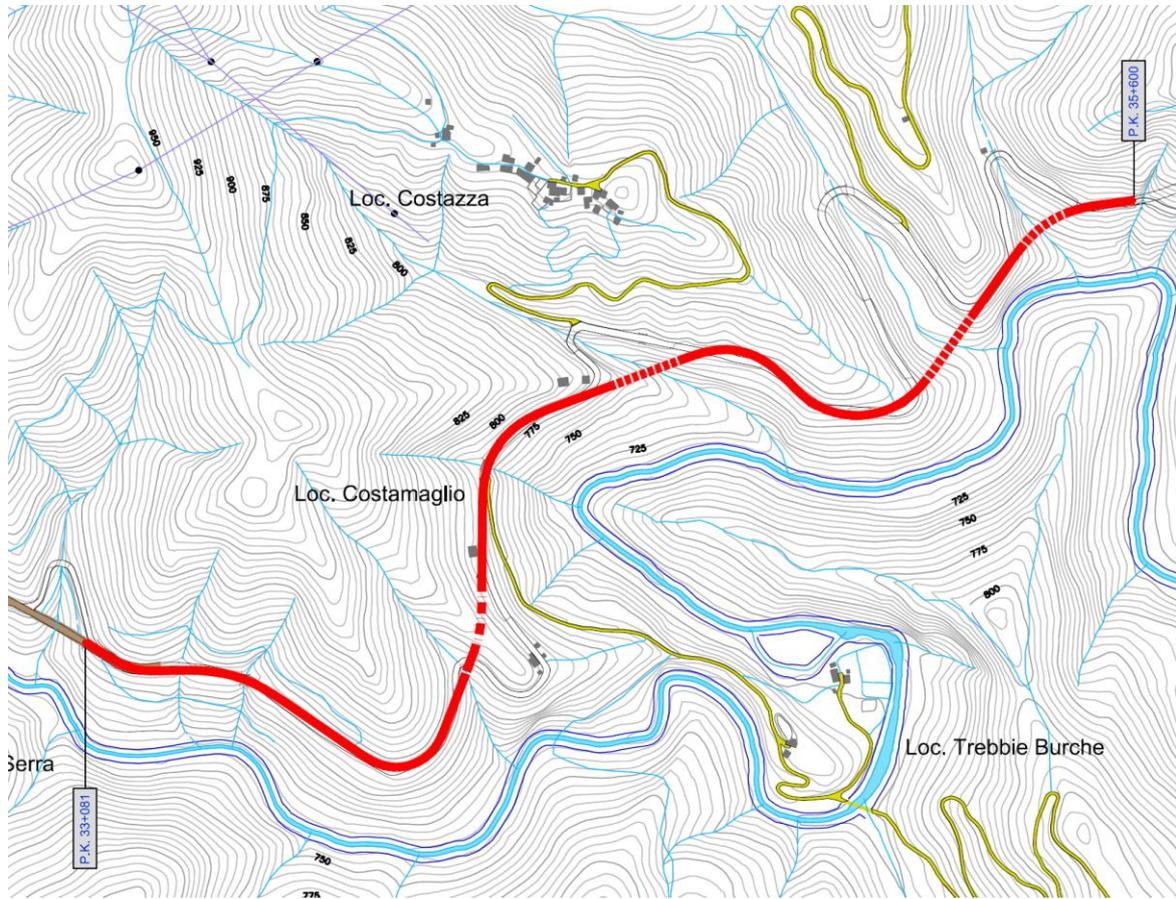
---



**Figura 2. Planimetria del 1° Stralcio funzionale originariamente esteso tra il km 31+500 ed il km 32+629. La parte compresa tra le km 32+445 ÷ 32+618,94 è stata compresa nel 2° Stralcio funzionale oggetto della presente fase progettuale. Immagine non in scala.**

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Comuni di Torriglia e Montebruno  
dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41  
Progetto Definitivo

---



**Figura 3. Planimetria del 2° stralcio funzionale esteso tra il km 33+090,5 ed il km 34+819,41 dell'attuale tracciato. Immagine non in scala.**

## **4 RILIEVI GEOMECCANICI**

Analizzando la successione stratigrafica descritta nell'area in esame (per la cui trattazione si rimanda alla specifica relazione geologica (cod. el T00GE00GEORE01A) risulta evidente che le opere attualmente in fase in progettazione (viadotti, galleria artificiale, paratie e muri di sostegno) interesseranno diffusamente il substrato roccioso costituito dalle torbiditi della Formazione di Ronco (ROC).

Al fine di valutare lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso, legato alle caratteristiche di resistenza e deformabilità dello stesso, sono stati eseguiti dei rilievi geomeccanici secondo lo standard proposto dall'ISRM nel 1978 (vedi Capitolo 2).

In particolare in fase di Progetto Preliminare sono stati realizzati n°5 rilievi geomeccanici coadiuvati da n° 11 punti di misura speditivi (vedi **Tabella 2**), mentre nella presente fase progettuale (Progetto Definitivo) è stato realizzato un ulteriore rilievo geomeccanico, denominato S(1), ad integrazione dei precedenti.

I rilievi geomeccanici eseguiti in sede di Progetto Preliminare sono stati acquisiti in modo oggettivo, mentre il rilievo integrativo eseguito in sede di Progetto Definitivo è stato acquisito in modo soggettivo, così come specificamente previsto dagli standard ISRM.

Per l'ubicazione planimetrica dei punti di misura e delle stazioni geomeccaniche realizzate in sede di PD o di PP si rimanda alla Carta Geologica (cod. el. T00GE00GEOCG01A-5A).

**Tabella 2. Sintesi dei rilievi geomeccanici e dei punti di misura speditivi realizzati in fase di Progetto Preliminare. Per ogni punto è stata riportata una sintesi delle orientazioni medie dei piani di discontinuità rilevati.**

SIGLA	TIPOLOGIA	TIPOLOGIA DISCONTINUITA'			
		Stratificazione	Frattura K1	Frattura K2	Frattura K3
P(I)	Punto di misura	300°/25°	-	-	-
S(L)	Stazione geomeccanica	306°/30°	143°/72°	66°/77°	-
S(M)	Stazione geomeccanica	347°/22°	208°/79°	335°/73°	-
P(N)	Punto di misura	300°/30°	130°/70°	40°/50°	-
S(O)	Stazione geomeccanica	320°/25°	120°/60°	360°/80°	-
P(P)	Punto di misura	320°/20°	140°/58°	200°/85°	-
P(Q)	Punto di misura	310°/50°	150°/65°	200°/80°	-
S(R)	Stazione geomeccanica	318°/15°	133°/52°	26°/75°	-
P(S)	Punto di misura	240°/40°	118°/45°	245°/65°	-
P(T)	Punto di misura	285°/30°	50°/70°	118°/70°	-
P(U)	Punto di misura	40°/35°	220°/85°	135°/68°	-
P(V)	Punto di misura	305°/35°	40°/65°	125°/70°	-
S(Z)	Stazione geomeccanica	263°/40°	41°/49°	126°/69°	-
P(AA)	Punto di misura	307°/35°	40°/85°	135°/75°	-
P(AB)	Punto di misura	350°/35°	210°/80°	120°/70°	-
P(AC)	Punto di misura	228°/20°	255°/79°	115°/83°	205°/83°
P(AD)	Punto di misura	350°/38°	185°/77°	120°/55°	-

Come anticipato le modalità esecutive dei rilievi geomeccanici sono state conformi alle raccomandazioni "*Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses* - International Society for Rock Mechanics (ISRM)", alle quali si rimanda direttamente per quanto non espressamente precisato nel seguito.

Per ogni rilievo eseguito, oltre ai dati generali sul punto di indagine (codice, data, dimensioni dell'area di rilievo, formazione e litologia, giacitura del fronte), il rilievo ha permesso di acquisire i seguenti parametri, riportati nelle schede sintetiche prodotte:

- **Giacitura** (immersione ed inclinazione) – Descrive l'orientazione spaziale di ogni sistema di discontinuità (Kn) riconosciuto in affioramento;
- **Tipologia della discontinuità** – Valuta l'elemento strutturale di appartenenza della discontinuità in esame;
- **Spaziatura** (m) – Misura la distanza ortogonale tra due discontinuità appartenenti allo stesso sistema;
- **Persistenza** (m) – Misura la lunghezza della traccia della discontinuità osservata sull'affioramento;
- **Apertura** (mm) – Misura la distanza ortogonale tra le pareti della discontinuità;
- **Riempimento** – Indica la tipologia di riempimento presente nelle discontinuità aperte;
- **Scabrezza** – Descrive e quantifica l'irregolarità della superficie di discontinuità;
- **Alterazione** – Fornisce una stima (secondo la terminologia proposta dall'ISRM) dell'eventuale presenza di alterazione chimica e disgregazione fisica lungo le superfici;
- **Condizioni idrauliche** – Fornisce una stima delle condizioni idrauliche rilevate in corrispondenza delle superfici di discontinuità;
- **Resistenza delle superfici di discontinuità** – Quantifica il valore di resistenza proprio della discontinuità (valutata mediante l'utilizzo di uno sclerometro).

In seguito alla raccolta dati di terreno, per ogni rilievo geomeccanico sono stati realizzati degli istogrammi di frequenza finalizzati alla ricerca dei valori modali delle misure eseguite per ogni parametro considerato.

Al termine del presente elaborato in Allegato 1 sono state riportate le schede di rilievo prodotte durante l'esecuzione dei rilievi geomeccanici di terreno eseguiti in fase di Progetto Preliminare ed in fase di Progetto Definitivo.

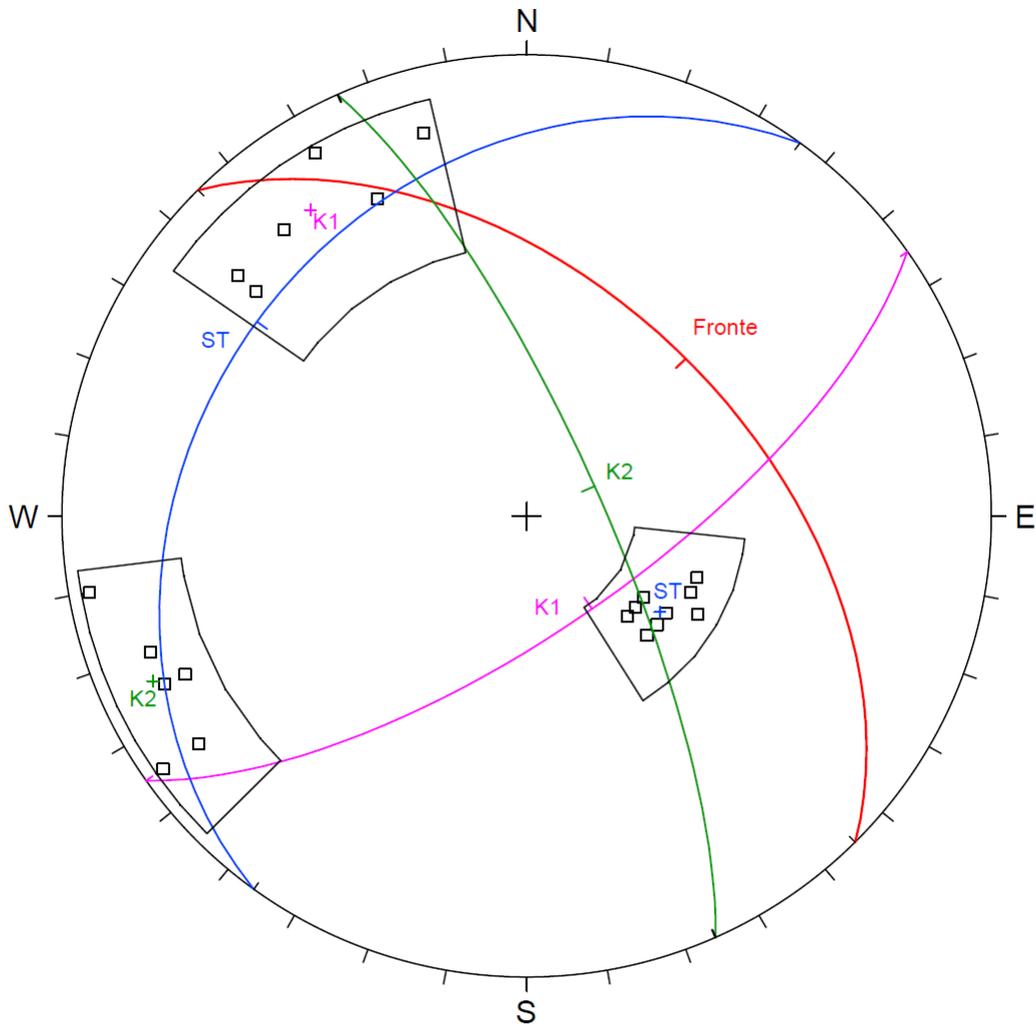
#### 4.1 **Stazione S(L) – Progetto Preliminare**

Il rilievo geomeccanico S(L) è stato realizzato in corrispondenza del Viadotto 1 da realizzare nel tratto 1 del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita presso la spalla occidentale dell'attuale ponte, a bordo strada, in corrispondenza della Pr. 0+080 km (vedi **Figura 4**).

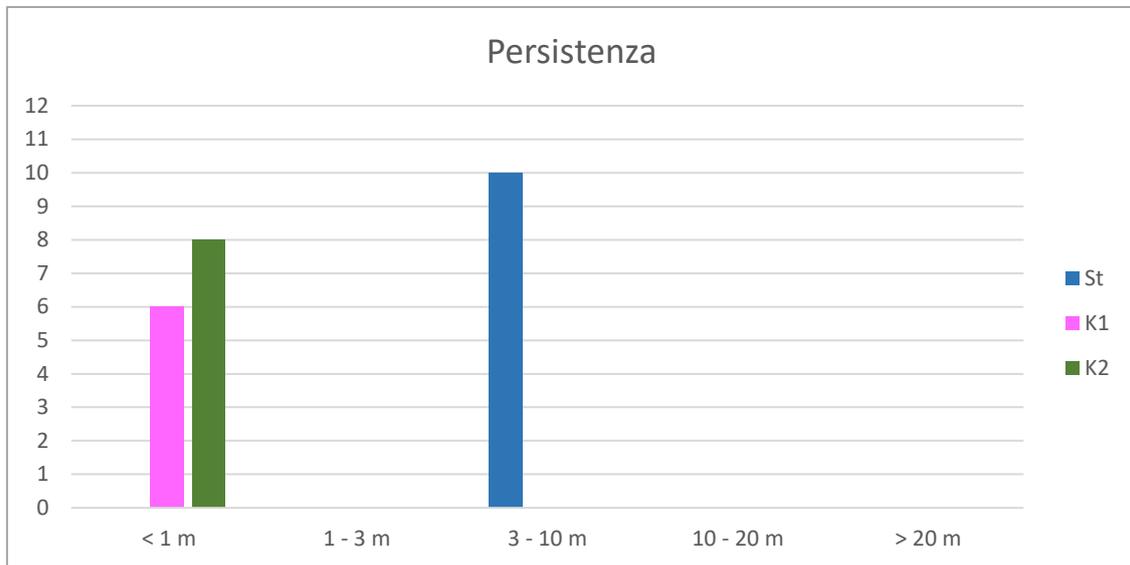
L'area rilevata è pari a circa 15-18 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti da alternanze regolari di arenarie e siltiti calcaree intervallate a livelli pelitico-argillitici.



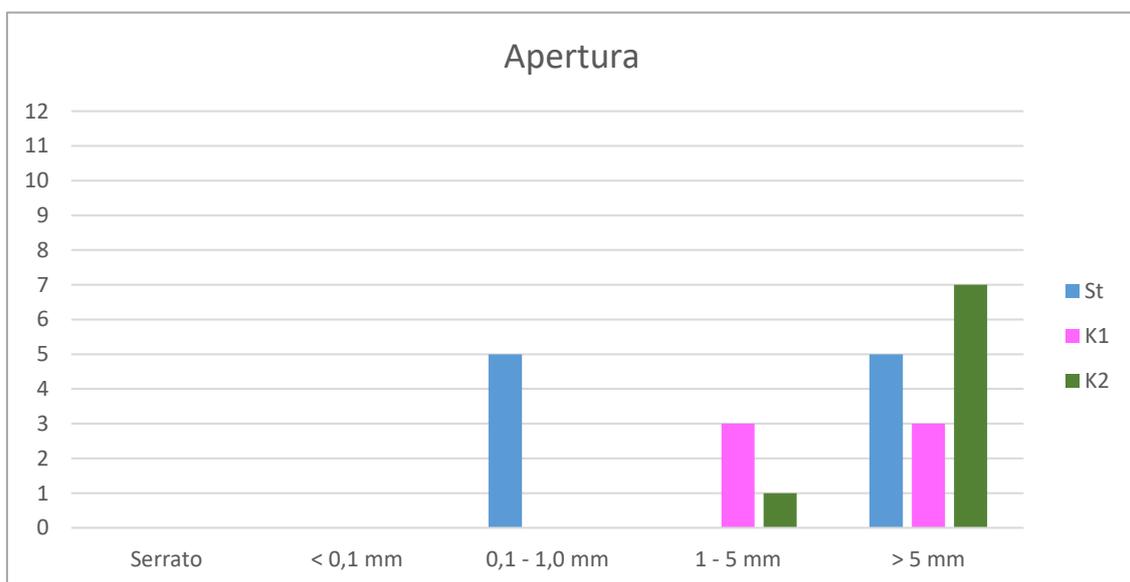
**Figura 4. Area interessata dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(L).**



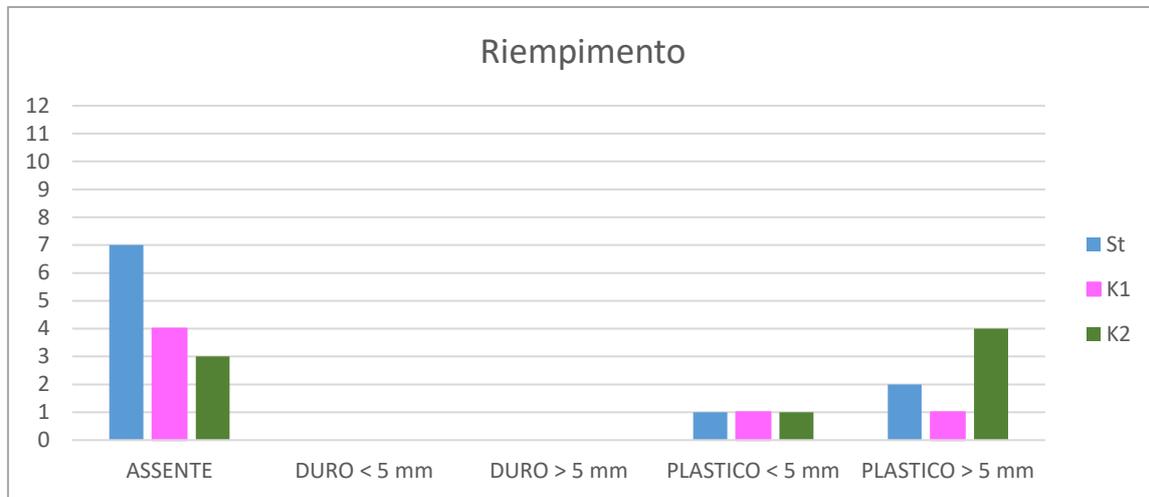
**Figura 5. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(L). I poli di piano della stratificazione (n°10) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°6) delle superfici di frattura K1 ed in verde i poli di piano (n°8) delle superfici K2. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**



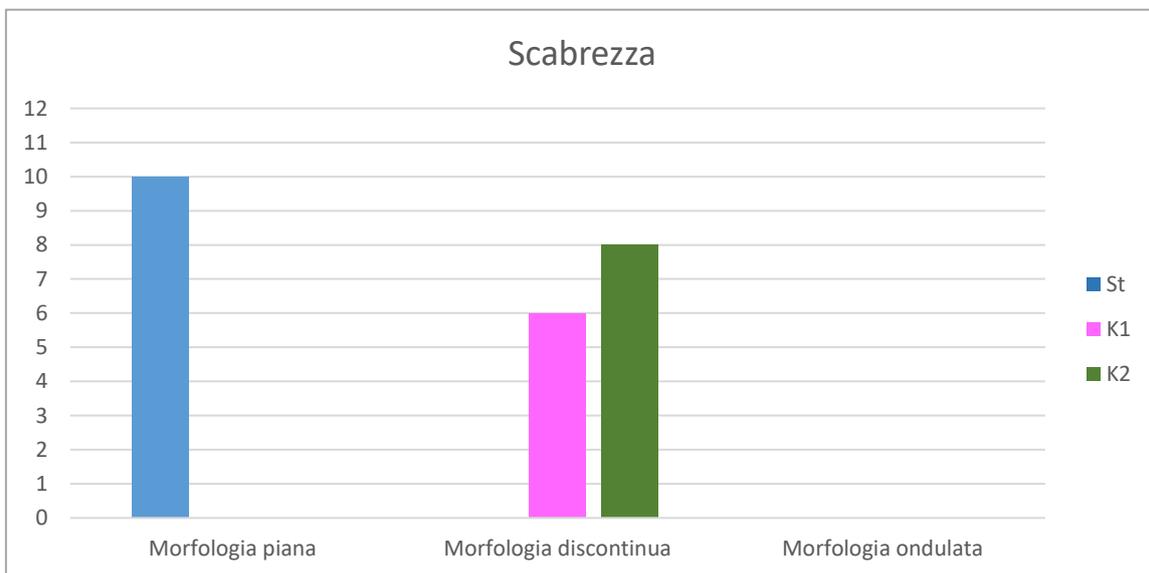
**Figura 6. Istogramma di frequenza dei valori di persistenza misurati.**



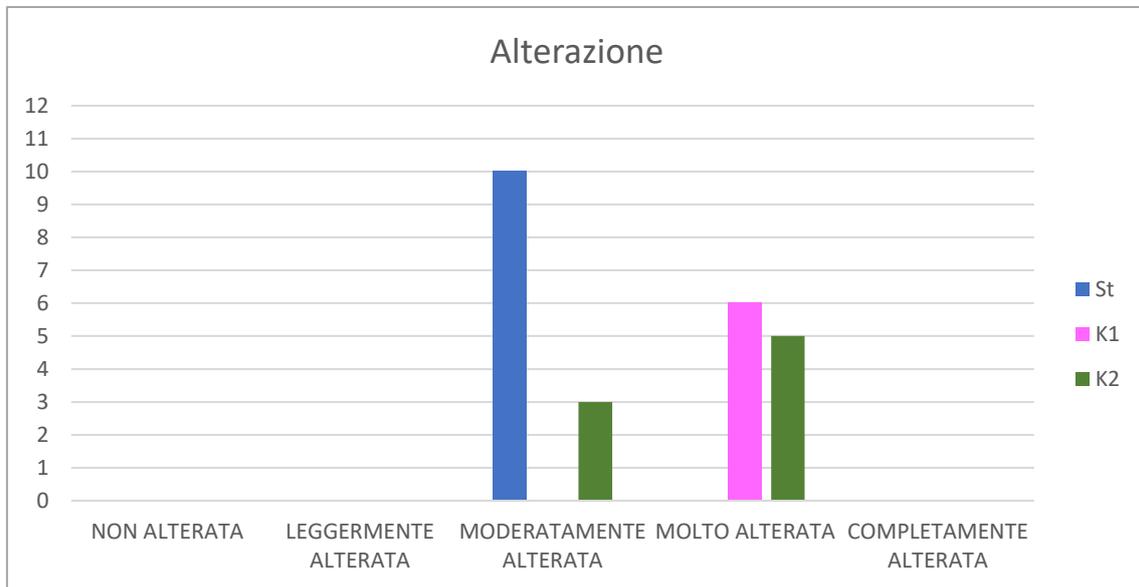
**Figura 7. Istogramma di frequenza dei valori di apertura misurati.**



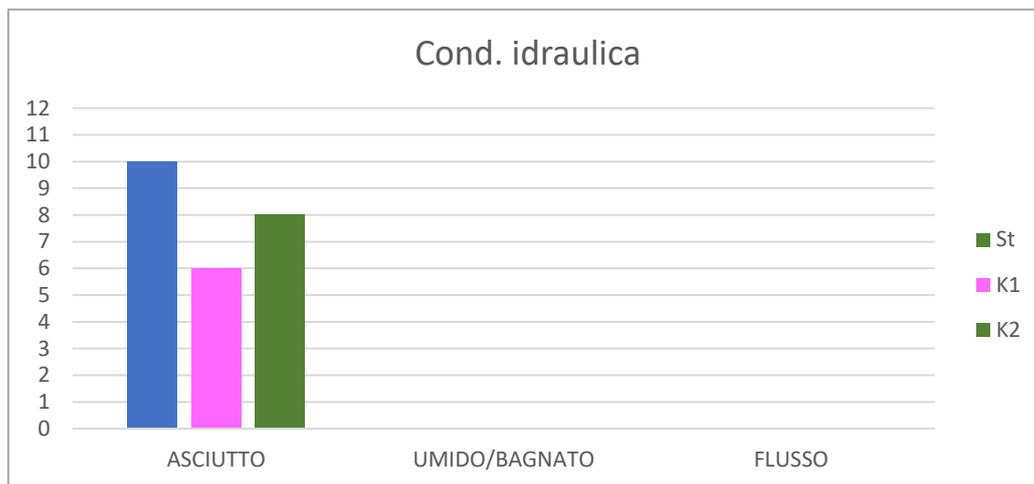
**Figura 8. Istogramma di frequenza dei valori di riempimento misurati.**



**Figura 9. Istogramma di frequenza dei valori di scabrezza misurati.**



**Figura 10. Istogramma di frequenza dei valori di alterazione misurati.**



**Figura 11. Istogramma di frequenza delle condizioni idrauliche misurate.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori modali ricavati dall'analisi degli istogrammi di frequenza riportati precedentemente. Per la giacitura delle diverse superfici di discontinuità è stato riportato il valore medio calcolato sulla base dei dati misurati.

**Tabella 3. Sintesi dei valori modali caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata.**

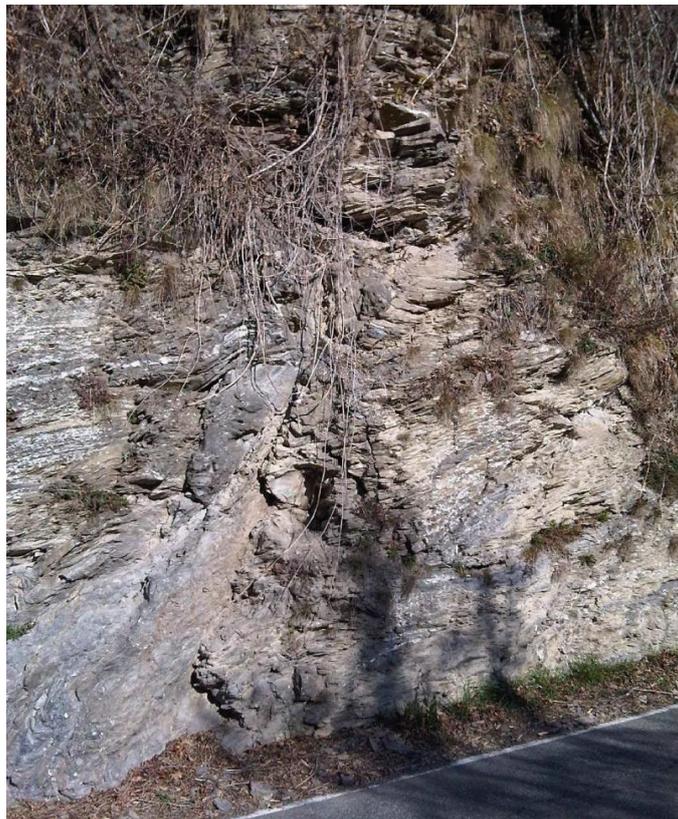
**La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (L)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alterazione	Condizioni idrauliche
ST	306/29	<0,06/0,2- 0,6	3-10	0,1- 1/>5	Assente	Piana	Mod. alterata	Asciutte
K1	145/70	0,2-0,6	<1	1-5/>5	Assente	Discontinua	Molto alterata	Asciutte
K2	66/77	0,6-2/0,2- 0,6	<1	>5	Plastico >5mm	Discontinua	Molto alterata	Asciutte

#### 4.2 **Stazione S(M) – Progetto Preliminare**

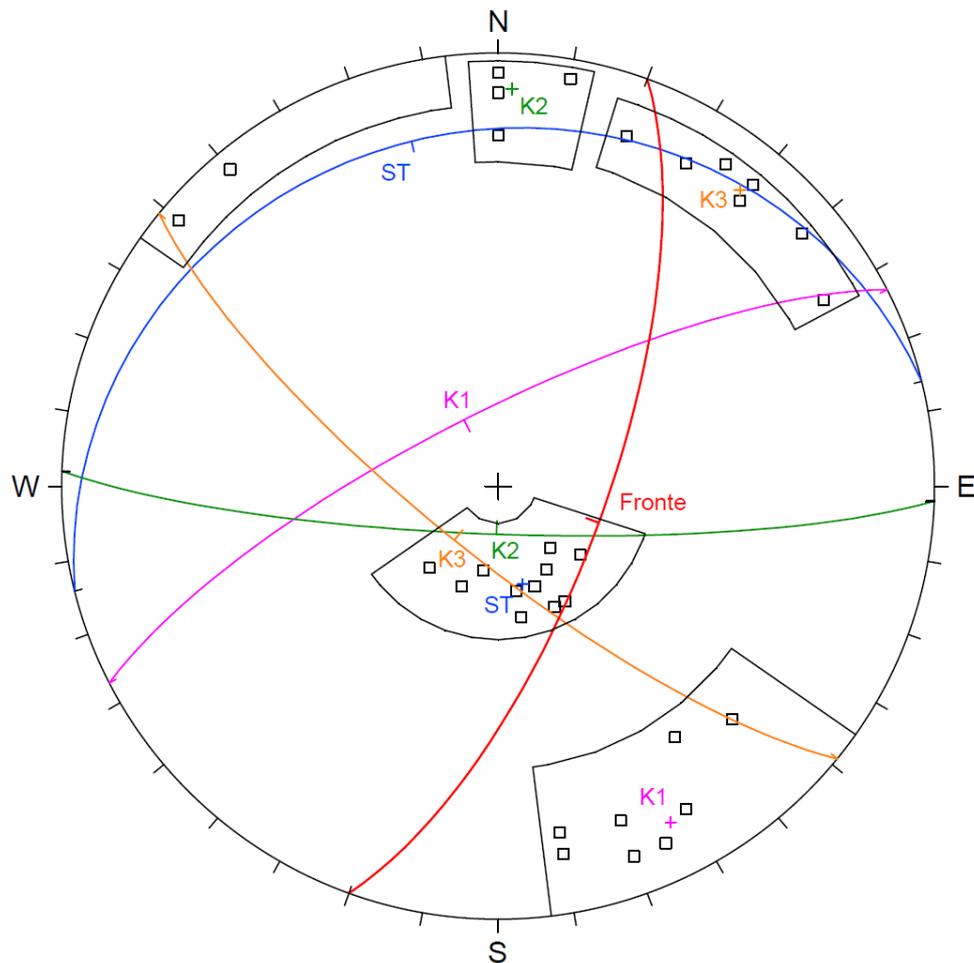
Il rilievo geomeccanico S(M) è stato realizzato in corrispondenza dell'opera minore OM04 da realizzare nel tratto 2 del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita presso il punto di rilievo n°40, a bordo strada, in corrispondenza della Pr. 0+150 km (vedi **Figura 12**).

L'area rilevata è pari a circa 175-210 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti da alternanze di arenarie e siltiti calcaree intervallate a livelli prevalentemente pelitico.

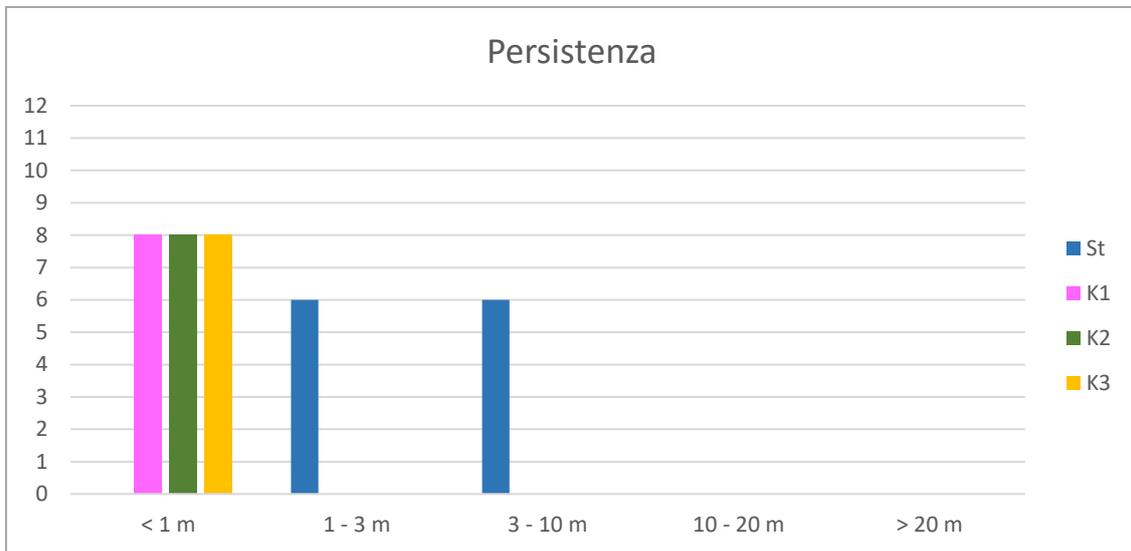


---

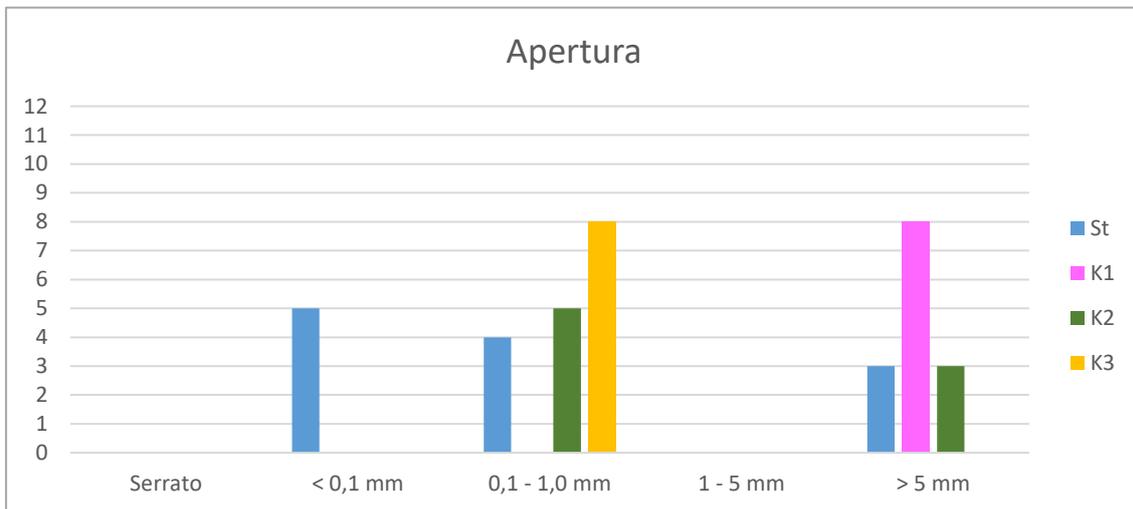
**Figura 12. Affioramento interessato dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(M).**



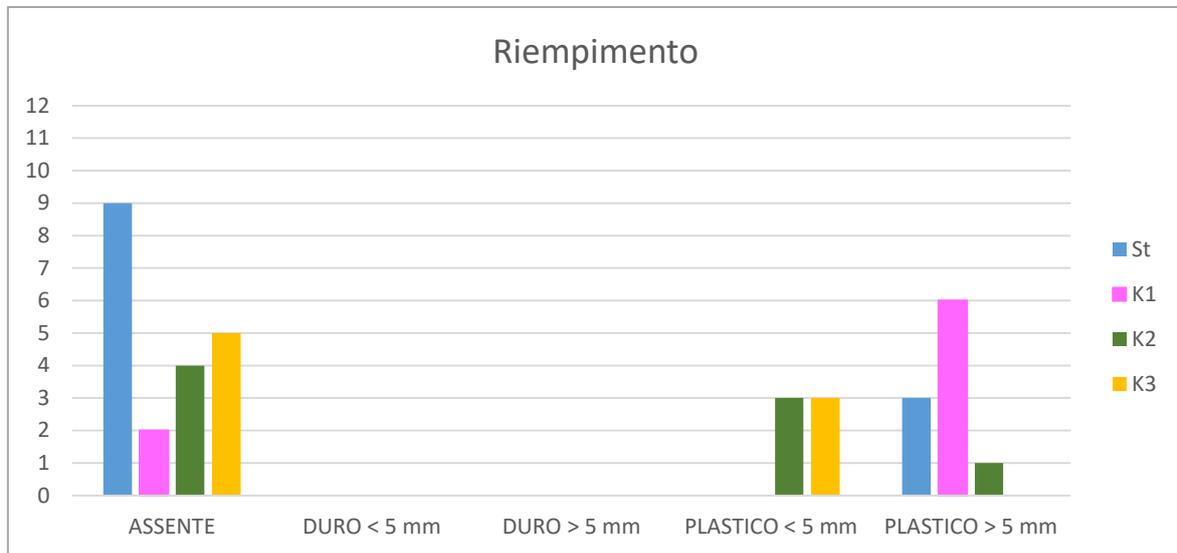
**Figura 13. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(M). I poli di piano della stratificazione (n°12) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°8) delle superfici di frattura K1, in verde i poli di piano (n°5) delle superfici K2, mentre in arancio sono stati riportati i poli (n°8) delle superfici K3. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**



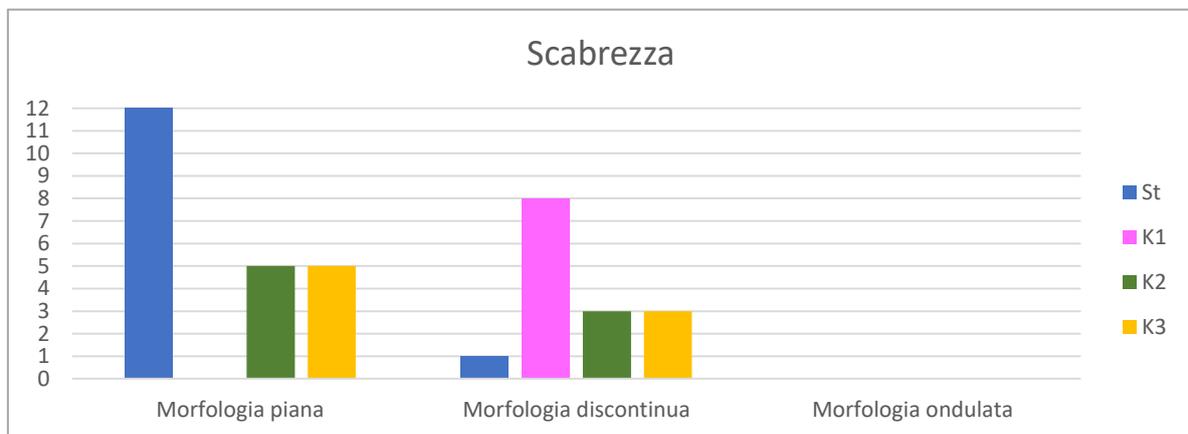
**Figura 14. Istogramma di frequenza dei valori di persistenza misurati.**



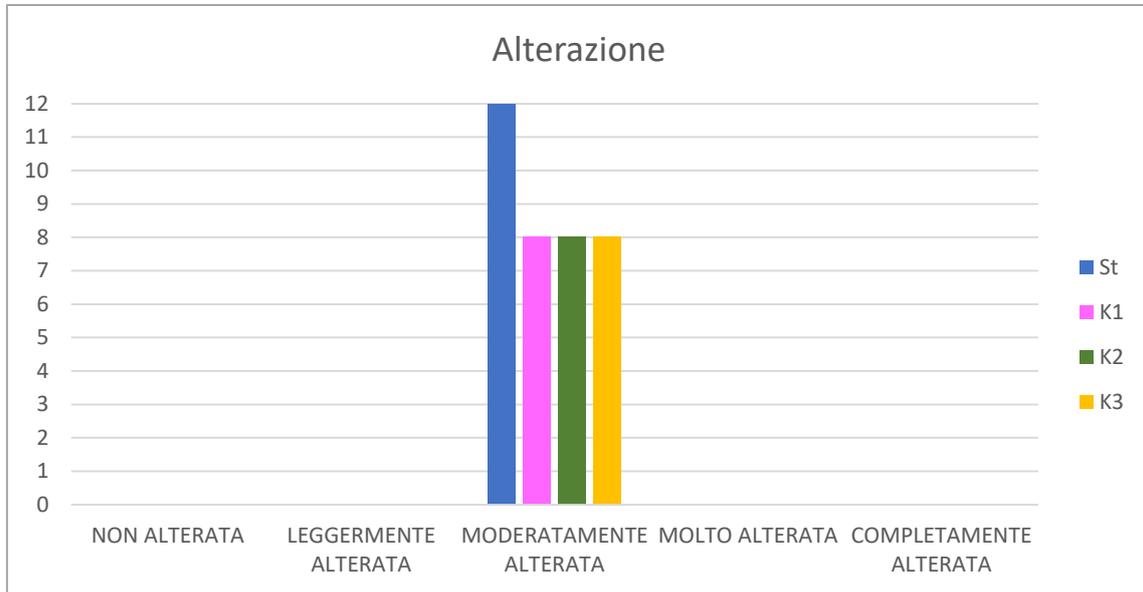
**Figura 15. Istogramma di frequenza dei valori di apertura misurati.**



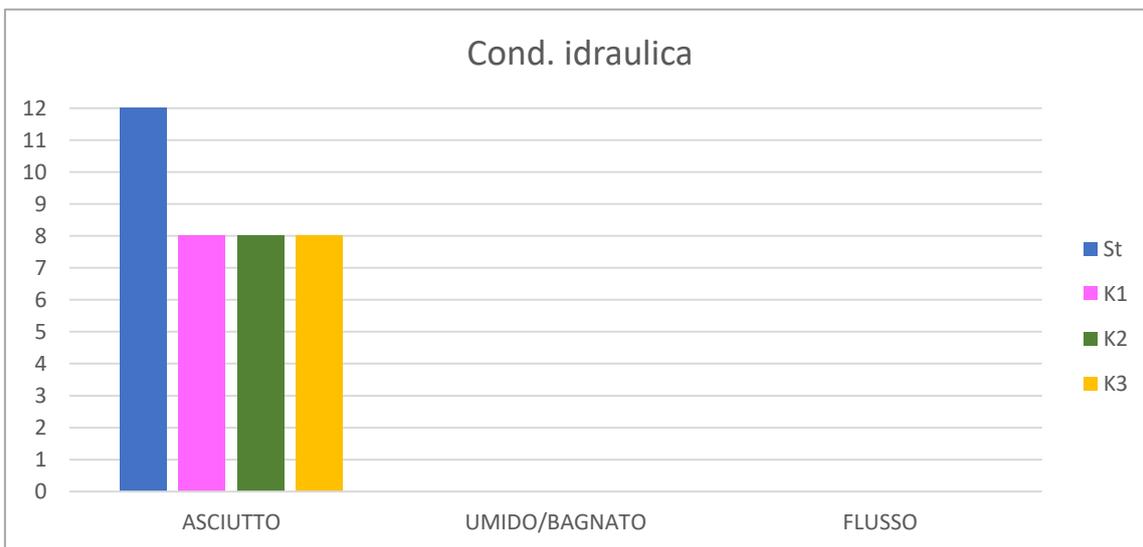
**Figura 16. Istogramma di frequenza dei valori di riempimento misurati.**



**Figura 17. Istogramma di frequenza dei valori di scabrezza misurati.**



**Figura 18. Istogramma di frequenza dei valori di alterazione misurati.**



**Figura 19. Istogramma di frequenza delle condizioni idrauliche misurate.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori modali ricavati dall'analisi degli istogrammi di frequenza riportati precedentemente. Per la giacitura delle diverse superfici di discontinuità è stato riportato il valore medio calcolato sulla base dei dati misurati.

**Tabella 4. Sintesi dei valori modali caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata. La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (M)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alterazioni	Condizioni idrauliche
ST	346/19	<0,06/0,06-0,2	1-3/3-10	<0,1	Assente	Piana	Mod. alterata	Asciutte
K1	333/76	0,2-0,6	<1	>5	Plastico >5mm	Discontinua	Mod. alterata	Asciutte
K2	182/81	0,2-0,6	<1	0,1-1	Assente	Piana	Mod. alterata	Asciutte
K3	219/77	0,2-0,6	<1	0,1-1	Assente	Piana	Mod. alterata	Asciutte

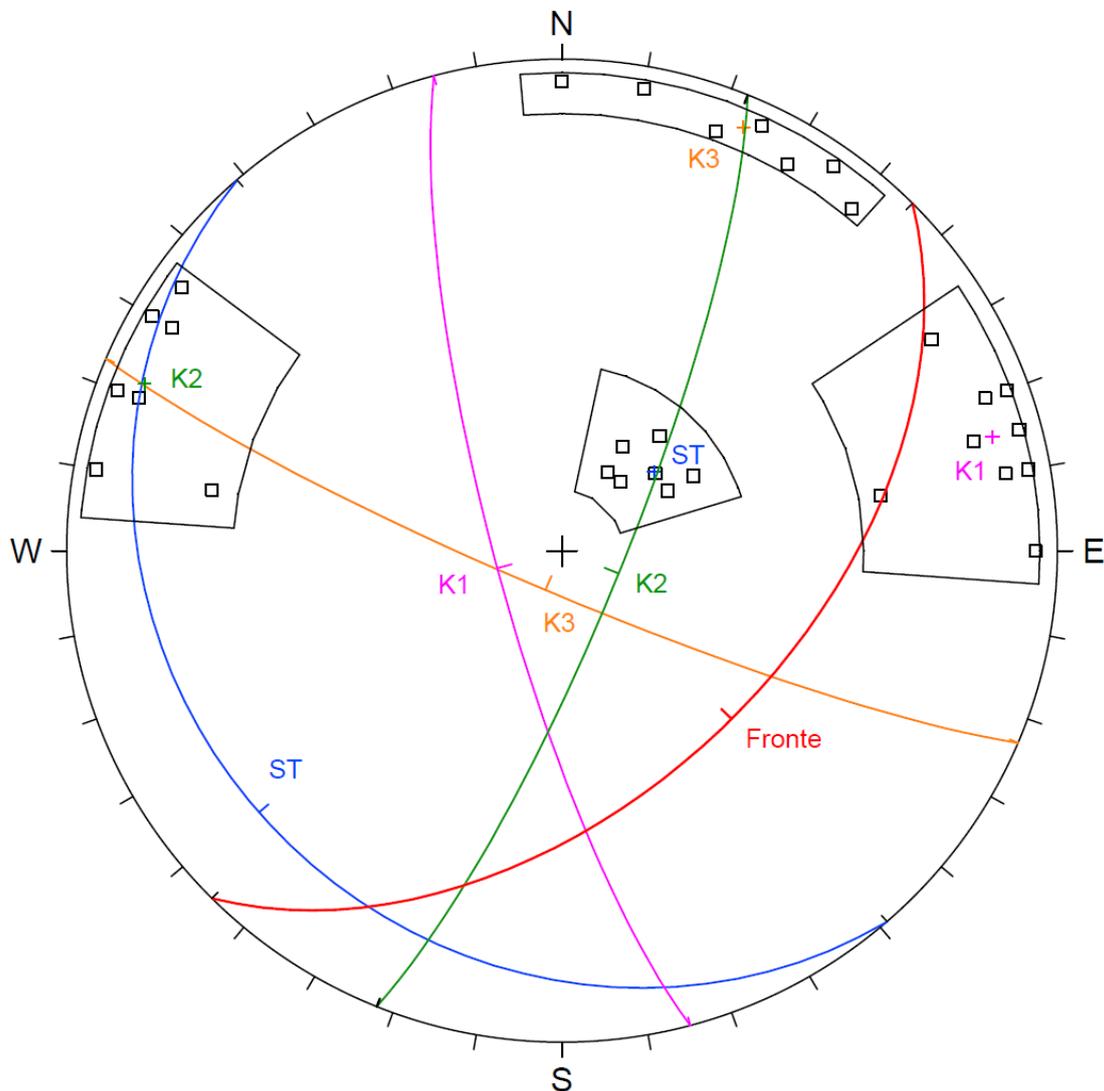
#### 4.3 **Stazione S(O) – Progetto Preliminare**

Il rilievo geomeccanico S(O) è stato realizzato in corrispondenza dell'opera minore OM08 da realizzare nel tratto 2 del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita presso il punto di rilievo n°34, a bordo strada, in corrispondenza della Pr. 0+850 km (vedi **Figura 20**).

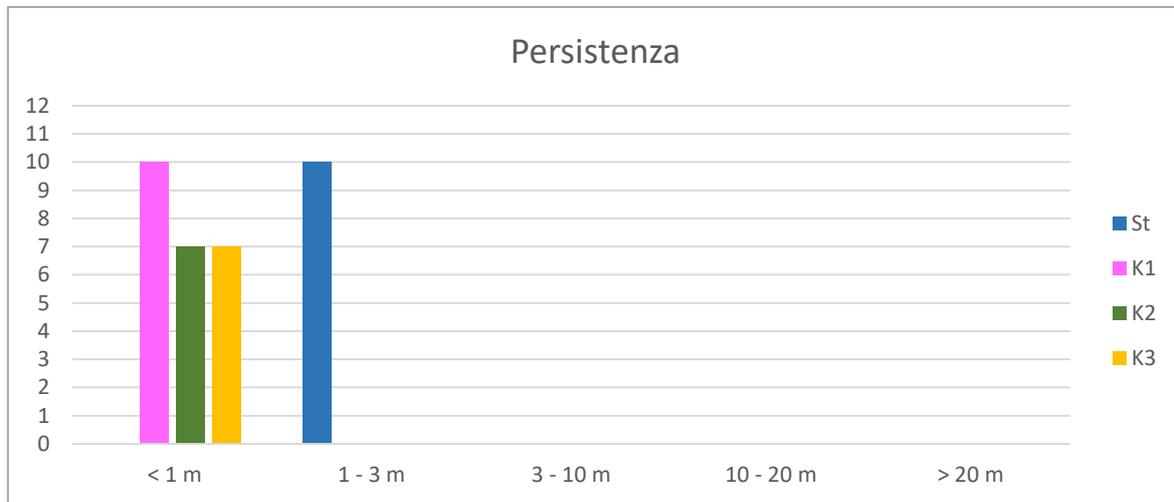
L'area rilevata è pari a circa 24 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti prevalentemente da peliti-argilliti intercalate da livelli di arenarie e siltiti calcaree.



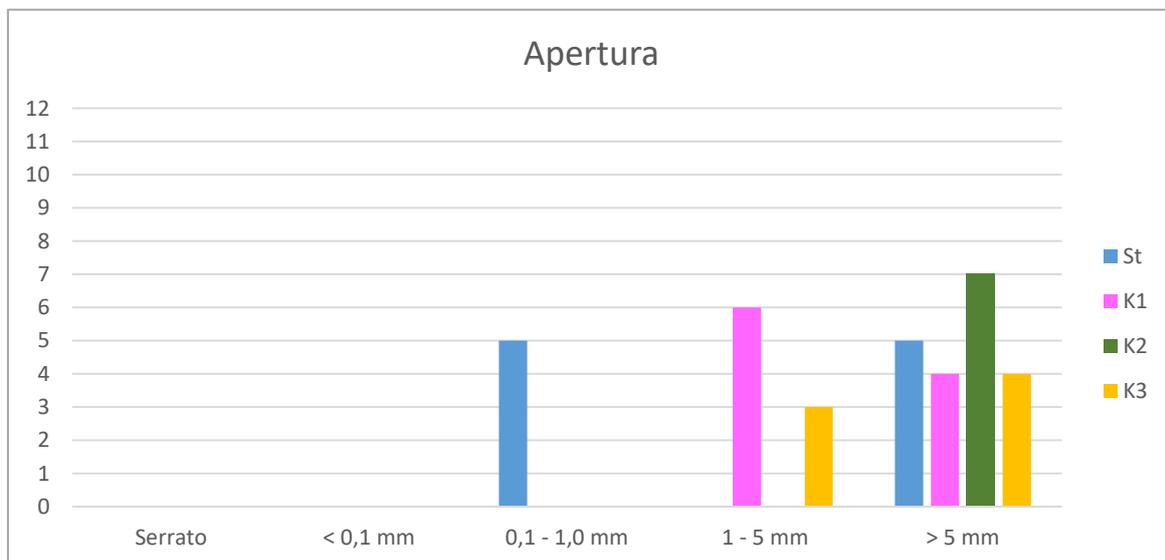
**Figura 20. Affioramento interessato dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(O).**



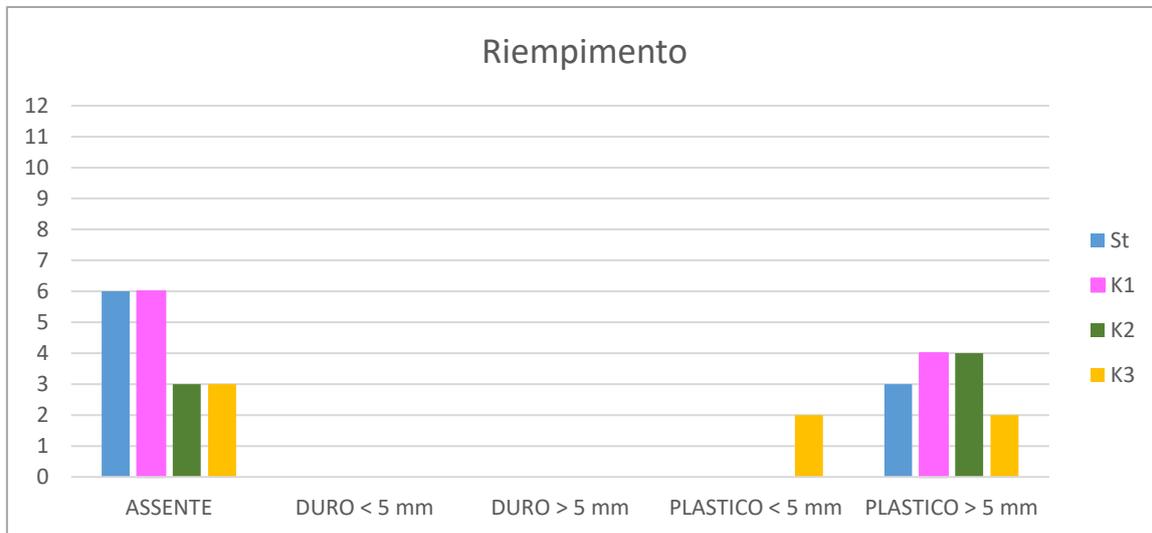
**Figura 21. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(O). I poli di piano della stratificazione (n°10) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°10) delle superfici di frattura K1, in verde i poli di piano (n°7) delle superfici K2, mentre in arancio sono stati riportati i poli (n°7) delle superfici K3. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**



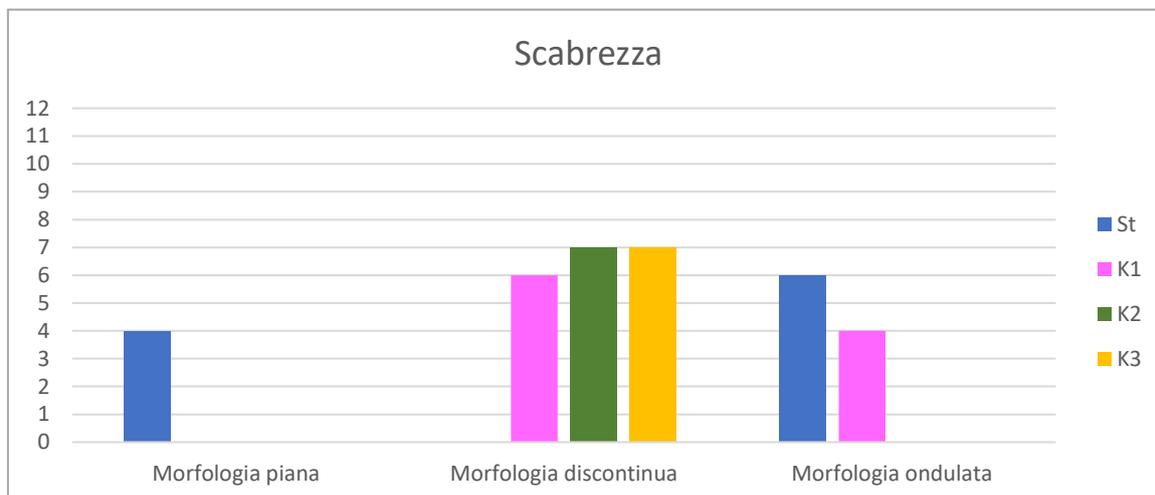
**Figura 22. Istogramma di frequenza dei valori di persistenza misurati.**



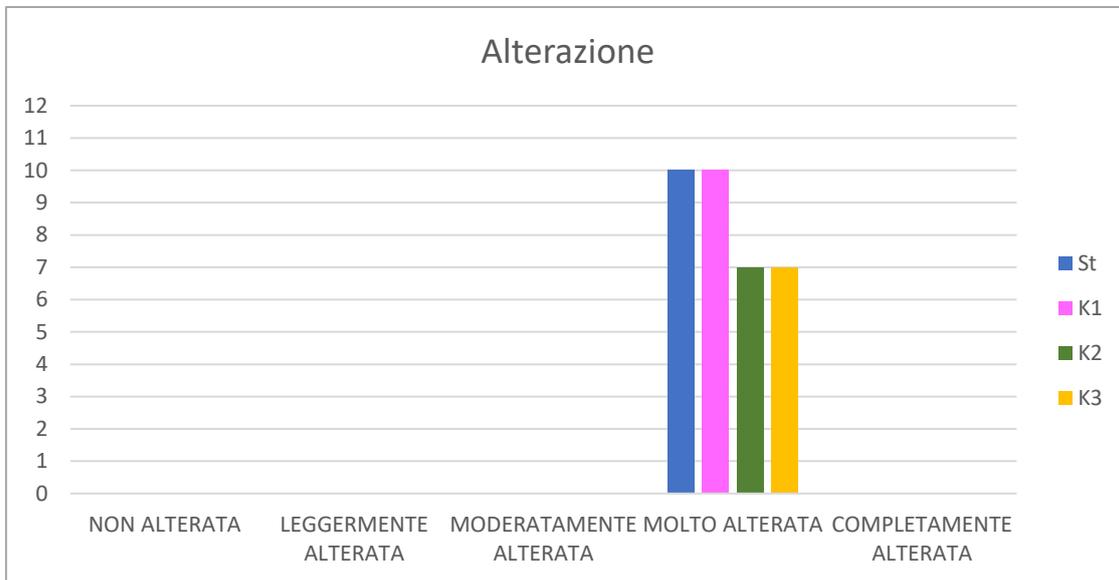
**Figura 23. Istogramma di frequenza dei valori di apertura misurati.**



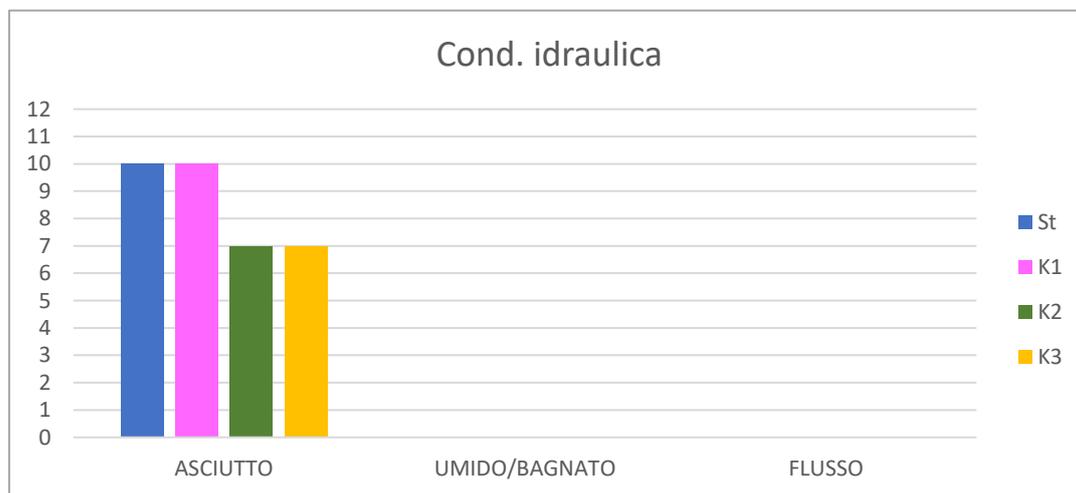
**Figura 24. Istogramma di frequenza dei valori di riempimento misurati.**



**Figura 25. Istogramma di frequenza dei valori di scabrezza misurati.**



**Figura 26. Istogramma di frequenza dei valori di alterazione misurati.**



**Figura 27. Istogramma di frequenza delle condizioni idrauliche misurate.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori modali ricavati dall'analisi degli istogrammi di frequenza riportati precedentemente. Per la giacitura delle diverse superfici di discontinuità è stato riportato il valore medio calcolato sulla base dei dati misurati.

**Tabella 5. Sintesi dei valori modali caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata. La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (O)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alterazione	Condizioni idrauliche
ST	229/20	<0,06/0,06-0,2	1-3	0,1-1/>5	Assente	Ondulata	Molto alterata	Asciutte
K1	255/79	0,2-0,6	<1	1-5	Assente	Discontinua	Molto alterata	Asciutte
K2	112/80	0,2-0,6	<1	>1	Plastico >5mm	Discontinua	Molto alterata	Asciutte
K3	203/83	0,2-0,6	<1	>1	Assente	Discontinua	Molto alterata	Asciutte

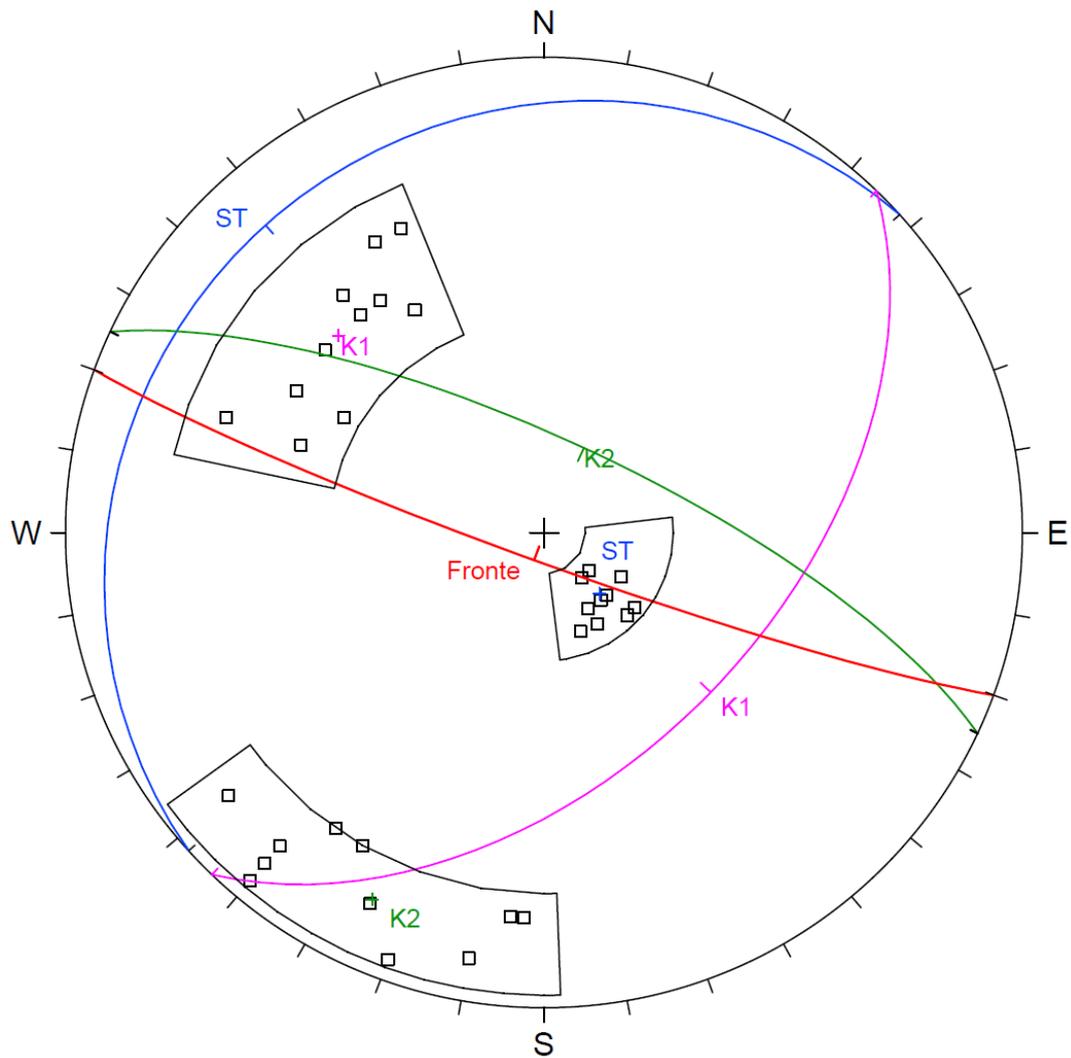
#### 4.4 **Stazione S(R) – Progetto Preliminare**

Il rilievo geomeccanico S(R) è stato realizzato in corrispondenza del Viadotto 2 da realizzare nel tratto 2 del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita presso la spalla occidentale dell'opera in progetto, a bordo strada, in corrispondenza della Pr. 0+950 km (vedi **Figura 28**).

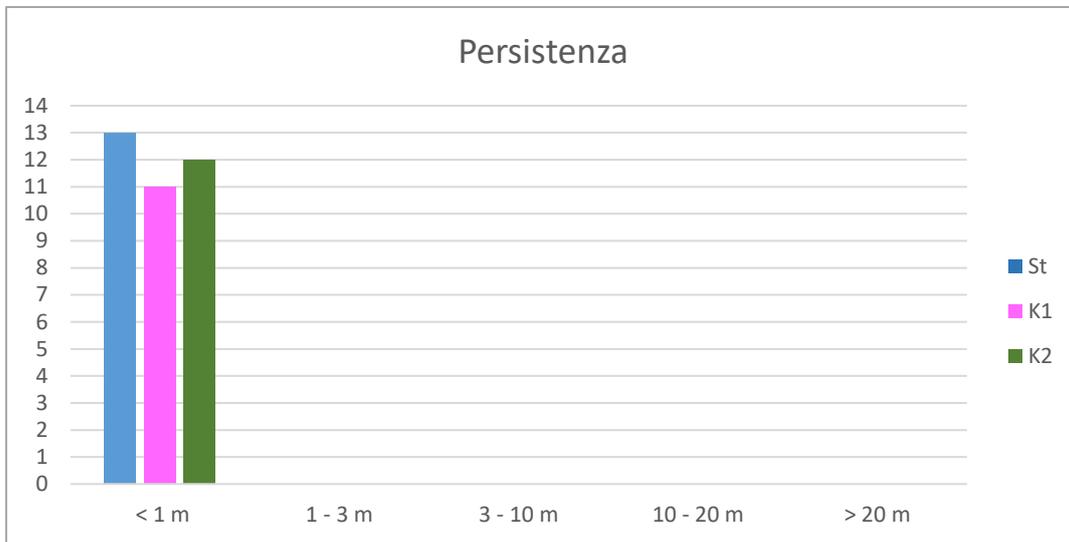
L'area rilevata è pari a circa 10-12 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti da arenarie e siltiti calcaree con subordinati livelli pelitico-argillitici.



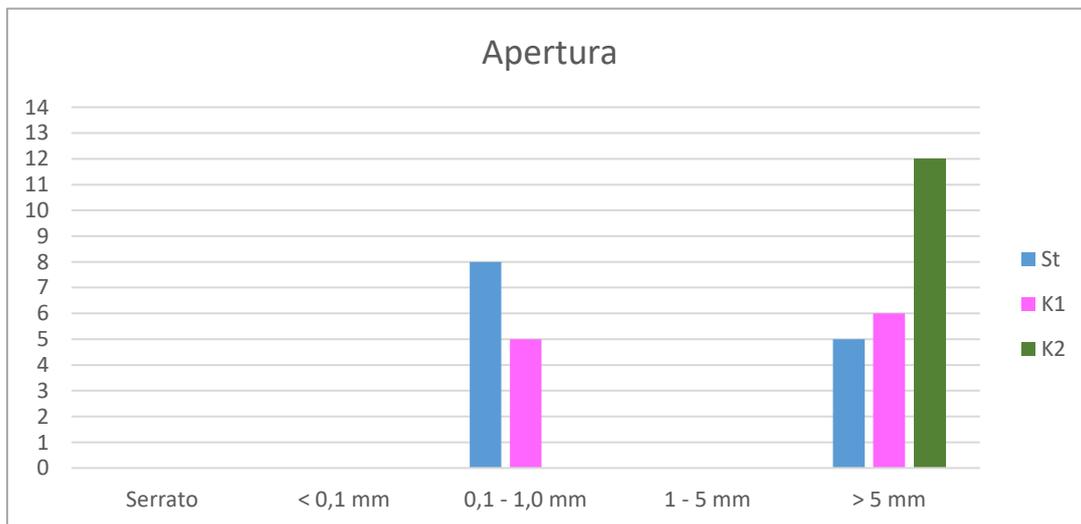
**Figura 28. Area interessata dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(R).**



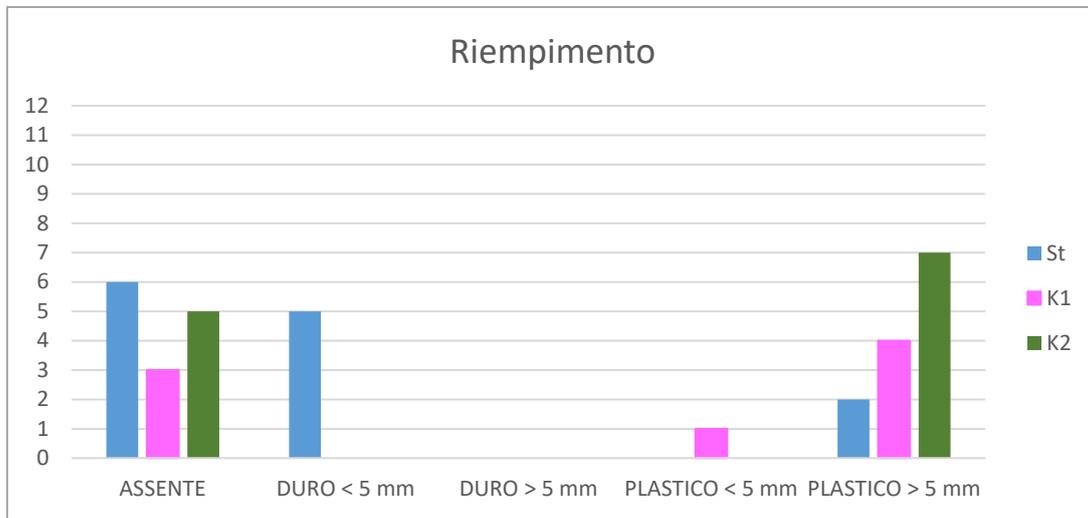
**Figura 29. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(R). I poli di piano della stratificazione (n°13) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°11) delle superfici di frattura K1 ed in verde i poli di piano (n°12) delle superfici K2. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**



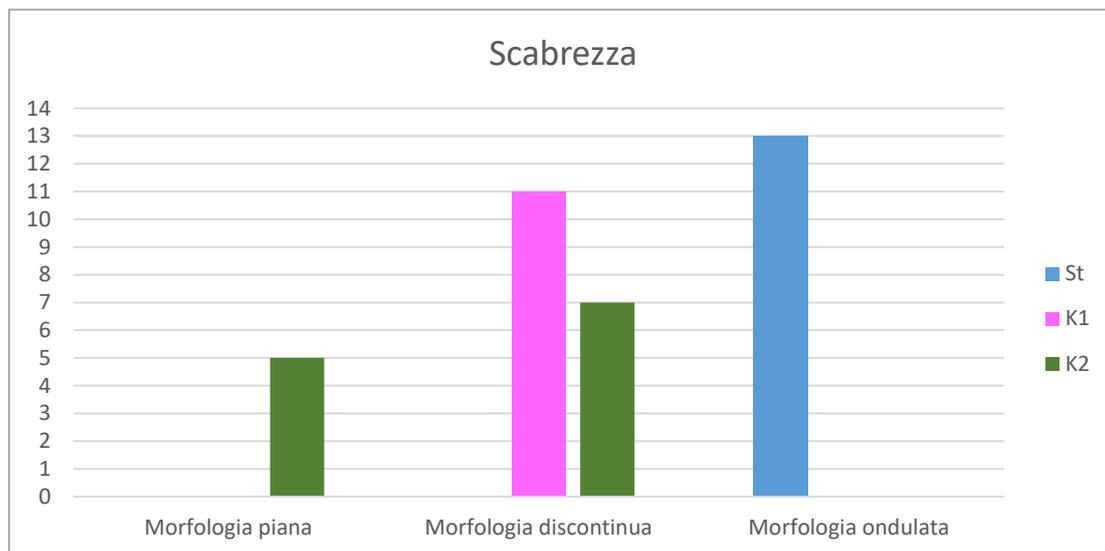
**Figura 30. Istogramma di frequenza dei valori di persistenza misurati.**



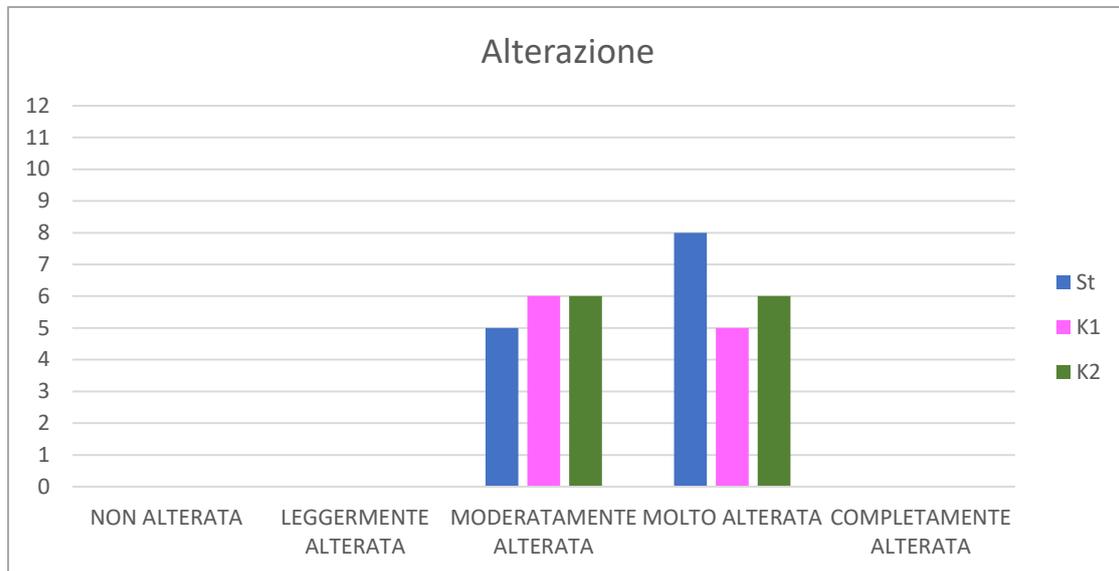
**Figura 31. Istogramma di frequenza dei valori di apertura misurati.**



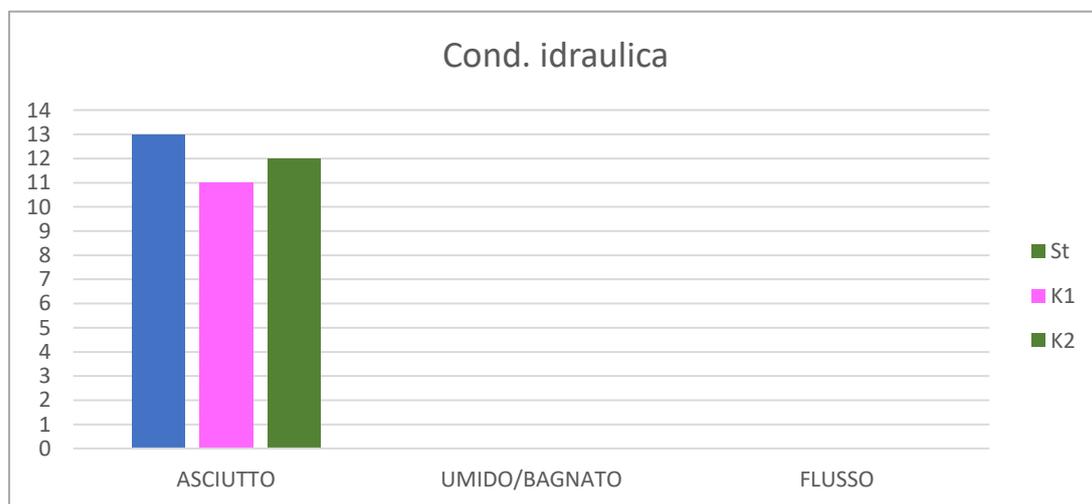
**Figura 32. Istogramma di frequenza dei valori di riempimento misurati.**



**Figura 33. Istogramma di frequenza dei valori di scabrezza misurati.**



**Figura 34. Istogramma di frequenza dei valori di alterazione misurati.**



**Figura 35. Istogramma di frequenza delle condizioni idrauliche misurate.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori modali ricavati dall'analisi degli istogrammi di frequenza riportati precedentemente. Per la giacitura delle diverse superfici di discontinuità è stato riportato il valore medio calcolato sulla base dei dati misurati.

**Tabella 6. Sintesi dei valori modali caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata. La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (R)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alterazione	Condizioni idrauliche
ST	318/14	<0,06	<1	0,1-1	Assente	Ondulata	Molto alterata	Asciutte
K1	134/50	0,06- 0,2	<1	>5	Plastico >5mm	Discontinua	Mod alterata	Asciutte
K2	25/74	0,06- 0,2	<1	>5	Plastico >5mm	Discontinua	Mod./Molto alterata	Asciutte

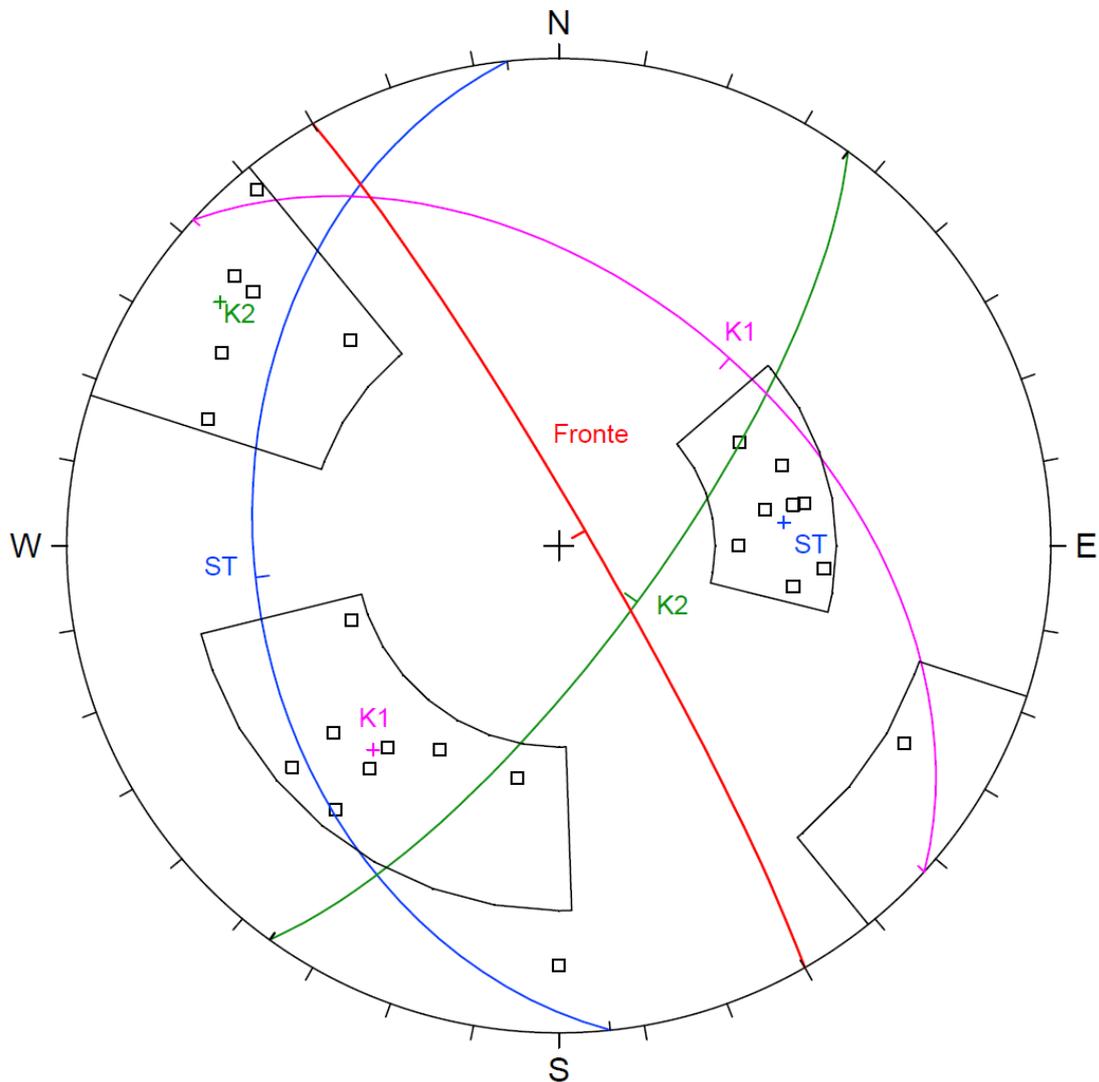
#### 4.5 **Stazione S(Z) – Progetto Preliminare**

Il rilievo geomeccanico S(Z) è stato realizzato in corrispondenza del Viadotto 4 da realizzare nel tratto 2 del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita presso la spalla occidentale dell'opera in progetto, a bordo strada, in corrispondenza della Pr. 1+570 km (vedi **Figura 36**).

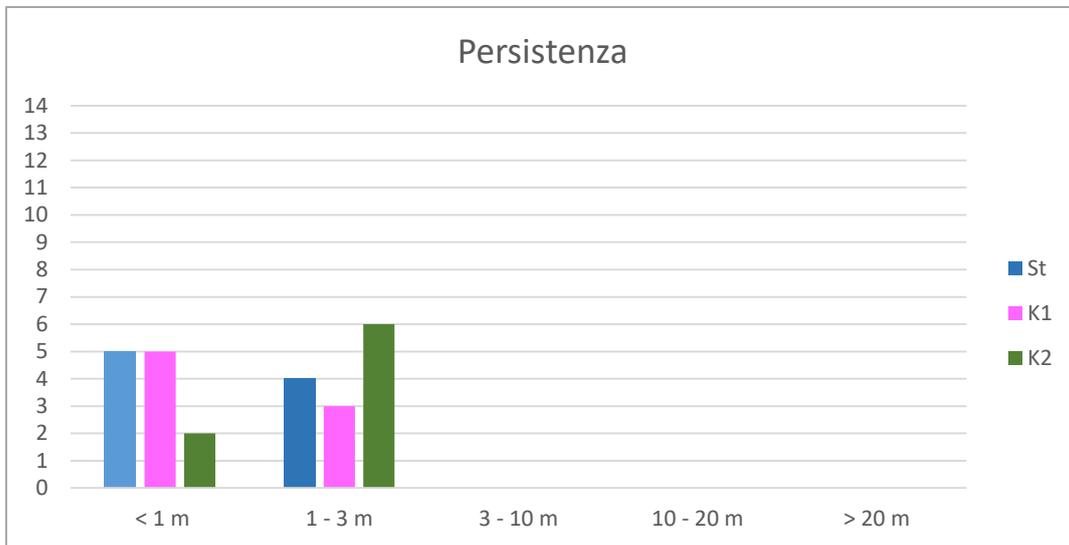
L'area rilevata è pari a circa 10-12 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti da alternanze regolari di arenarie e siltiti calcaree intervallate a livelli pelitico-argillitici.



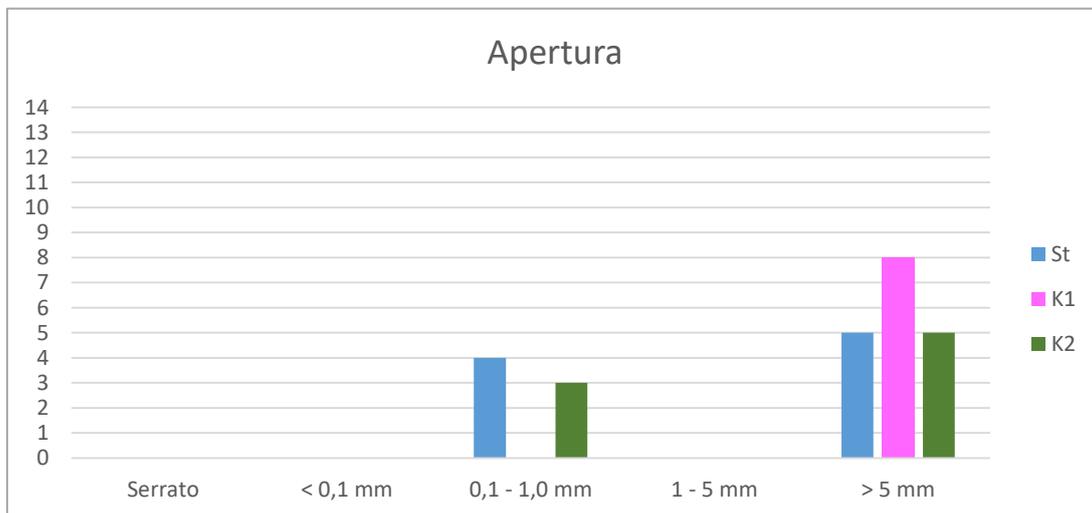
**Figura 36. Area interessata dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(Z).**



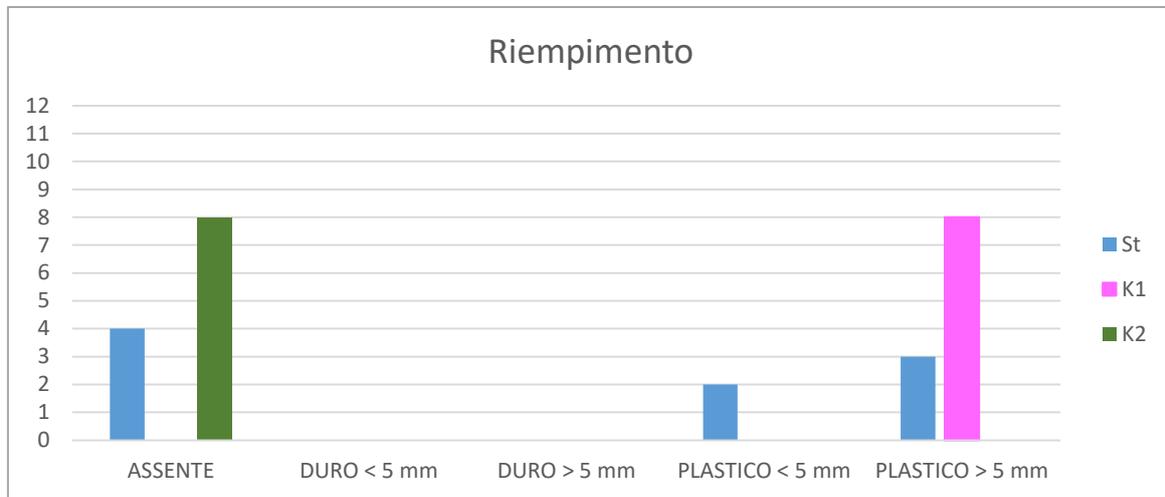
**Figura 37. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(Z). I poli di piano della stratificazione (n°9) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°8) delle superfici di frattura K1 ed in verde i poli di piano (n°8) delle superfici K2. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**



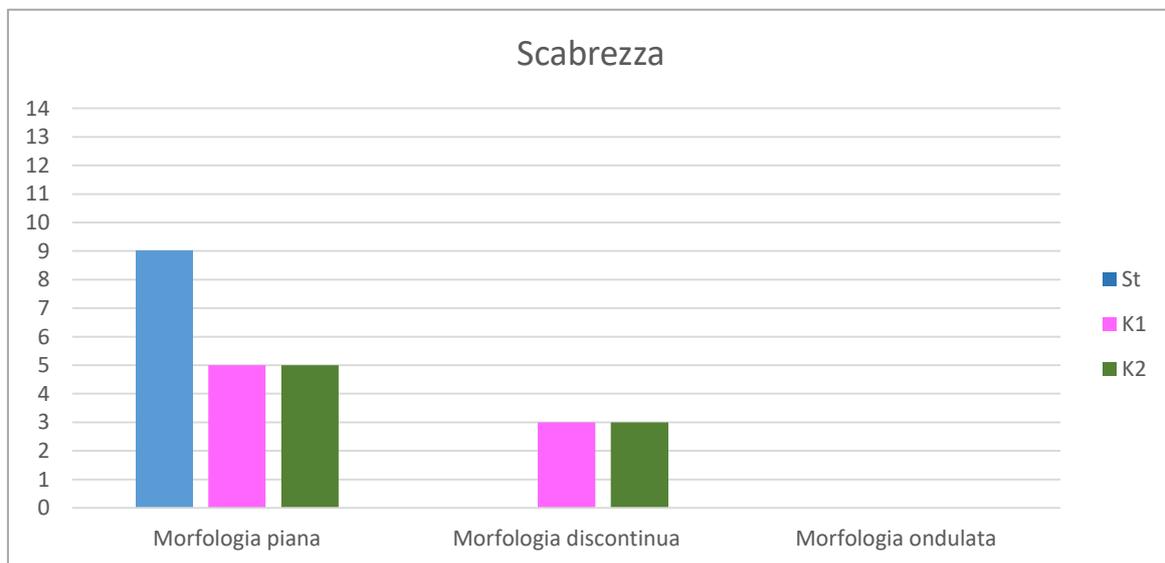
**Figura 38. Istogramma di frequenza dei valori di persistenza misurati.**



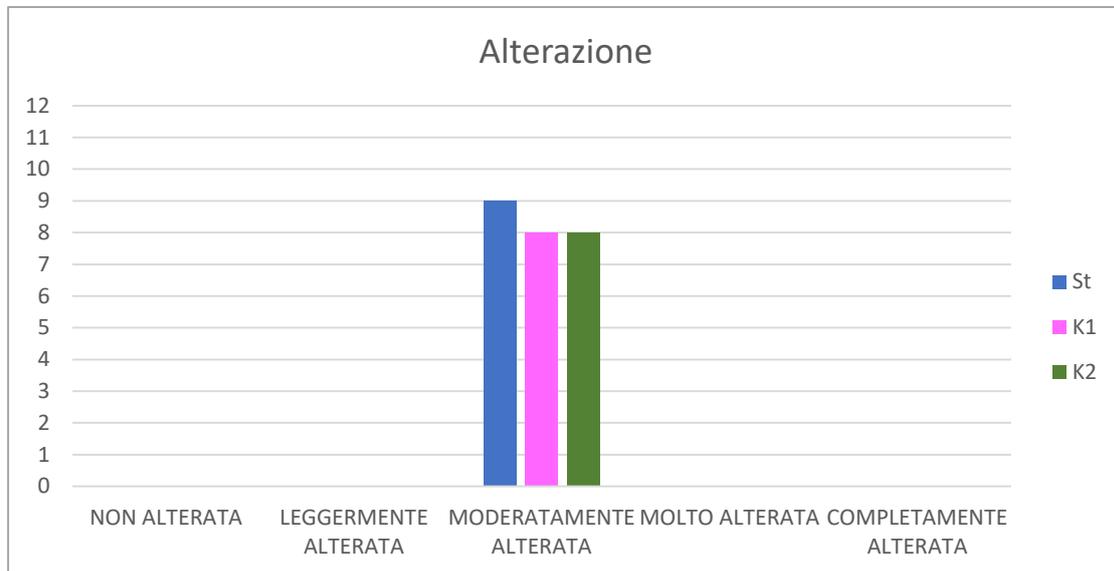
**Figura 39. Istogramma di frequenza dei valori di apertura misurati.**



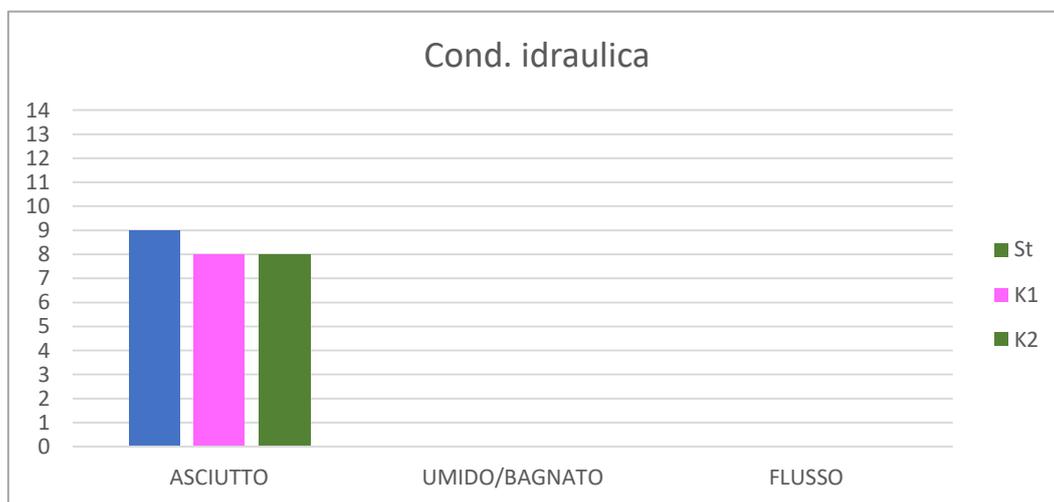
**Figura 40. Istogramma di frequenza dei valori di riempimento misurati.**



**Figura 41. Istogramma di frequenza dei valori di scabrezza misurati.**



**Figura 42. Istogramma di frequenza dei valori di alterazione misurati.**



**Figura 43. Istogramma di frequenza delle condizioni idrauliche misurate.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori modalì ricavati dall'analisi degli istogrammi di frequenza riportati precedentemente. Per la giacitura delle diverse superfici di discontinuità è stato riportato il valore medio calcolato sulla base dei dati misurati.

**Tabella 7. Sintesi dei valori modalì caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata. La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (Z)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alterazione	Condizioni idrauliche
ST	264/38	<0,06/0,2- 0,6	<1	>5	Assente	Piana	Mod alterata	Asciutte
K1	42/47	0,2-0,6	<1	>5	Plastico >5mm	Piana	Mod alterata	Asciutte
K2	126/74	0,2- 0,6/0,6-2	1-3	>5	Assente	Piana	Mod alterata	Asciutte

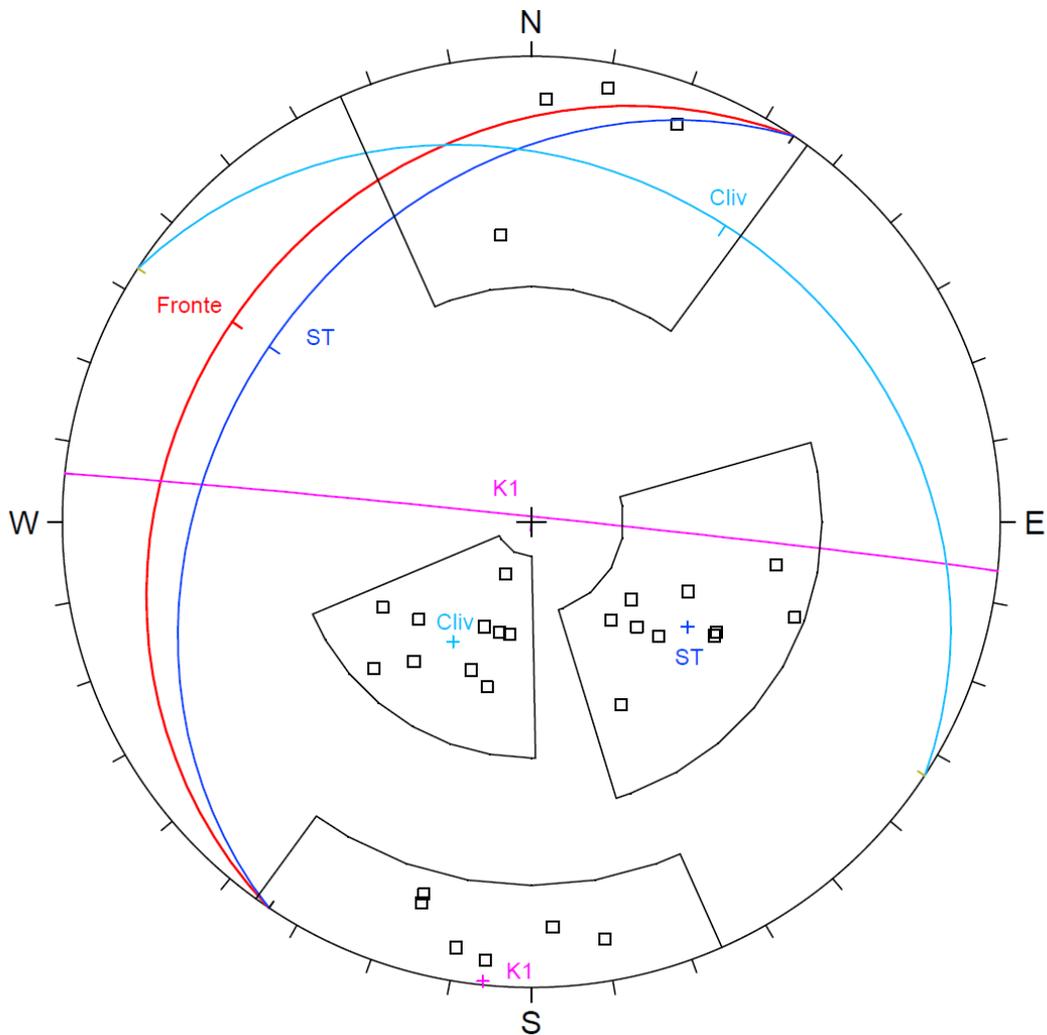
#### 4.6 **Stazione S(1) – Progetto Definitivo**

Il rilievo geomeccanico S(1) è stato realizzato presso la spalla orientale del Ponte Trebbia in corrispondenza della Pr. 0+100 Km del primo tratto del 2° Stralcio. In dettaglio la stazione è stata acquisita vicino la base della spalla dell'opera esistente, a livello del Fiume Trebbia (vedi **Figura 44**).

L'area rilevata è pari a circa 60 m<sup>2</sup> e comprende affioramenti della Formazione di Ronco (ROC) costituiti da alternanze regolari di arenarie e siltiti calcaree intervallate a livelli pelitico-argillitici. Si segnala inoltre che la forma dei blocchi è allungata ed il volume roccioso unitario (VRU) medio è pari a circa 50x30x5 cm.



**Figura 44. Area interessata dalla realizzazione della stazione geostrutturale n° S(1).**



**Figura 45. Diagramma strutturale riportante i poli di piano delle superfici misurate presso la stazione geomeccanica S(1). I poli di piano della stratificazione (n°10) sono stati riportati in blu, mentre in magenta sono stati indicati i poli (n°10) delle superfici di frattura K1 ed in azzurro i poli di piano (n°10) di superfici di clivaggio Cliv. In rosso è stata indicata la giacitura del fronte esaminato. Per ogni famiglia è stato riportato il polo di piano medio calcolato. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore.**

Nella Tabella seguente sono stati riportati i valori medi delle giaciture dei diversi sistemi di discontinuità calcolati sulla base dei dati misurati. Data la modalità di esecuzione del rilievo geomeccanico, di tipo soggettivo, non sono stati eseguiti istogrammi di frequenza in quanto i valori riportati nella tabella seguente (ed in Allegato 1) sono già quelli medi osservati in sito.

**Tabella 8. Sintesi dei valori modali caratteristici di ogni famiglia di discontinuità individuata.**

**La giacitura è espressa mediante immersione/inclinazione.**

<b>STAZIONE STRUTTURALE S (1)</b>								
Famiglia	Giac. (°)	Spaz. (m)	Pers. (m)	Apertura (mm)	Riemp.	Scabrezza	Alt.	Cond.idr auliche
ST	304/33	0,04	1-3	1-2,5	Assente/ Coesivo <5 mm	Ondulata	Assente/ Deb. alterato	Asciutte
K1	6/89	0,05	1-3	0,1-1	Assente/ Incoerente <5 mm	Ondulata	Assente	Asciutte
Cliv	33/25	0,04	<1	0,1-1	Assente	Ondulata	Assente	Asciutte

## **5 ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI**

La campagna di indagini geognostiche realizzata in fase di progettazione definitiva è stata articolata in indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo), indagini indirette (indagini di sismica a rifrazione con elaborazione tomografica), prove in situ (Down Hole, SPT, prove dilatometriche e di permeabilità tipo Lugeon) e prove di laboratorio.

I risultati ottenuti da tale campagna hanno quindi permesso di ottenere fondamentali informazioni di carattere stratigrafico, idrogeologico e geotecnico/geomeccanico, così come descritto in Relazione geologica (cod. el. T00GE00GEORE01A) ed in Relazione Geotecnica (cod. el. T00GE00GETRE01A) alle quali si rimanda per maggiori informazioni.

L'esecuzione delle indagini geognostiche dirette e delle prove di laboratorio ha inoltre permesso di valutare due parametri indispensabili per la classificazione dell'ammasso roccioso mediante l'impiego dell'indice RMR:

- L'indice RQD introdotto da Deere D.U. nel 1964;
- Il valore di resistenza alla compressione uniassiale (UCS).

Per quanto concerne l'indice RQD in **Tabella 9** è stata quindi riportata una sintesi delle misurazioni effettuate sulla parte litoide delle carote perforate. Come si può osservare l'indice medio calcolato si attesta a circa 75% nei sondaggi S4\_pz ed S5\_DH, mentre passa a circa 55 ÷ 65% nelle perforazioni S7\_DH ed S8\_DH. Il sondaggio S6\_h presenta invece un valore medio pari a 20%, ma non si ritiene rappresentativo delle reali condizioni dell'ammasso roccioso, in quanto si tratta di una perforazione orizzontale di lunghezza pari a 5,6m, quindi ancora compresa nella fascia alterata del substrato.

**Tabella 9. Sintesi dei valori dell'indice RQD misurati negli spezzoni litoidi.**

Sondaggio	Lunghezza tratta analizzata (m)	RQD (%)		
		Valore minimo	Valore massimo	Valore medio
S4_pz	23,2	30	90	73
S5_DH	24	40	100	75
S6_h	5,6	10	40	20
S7_DH	30	20	100	65
S8_DH	30,2	10	100	55

Per quanto concerne invece le prove di resistenza alla compressione uniassiale (UCS) della roccia intatta riportate in **Tabella 10**, si può osservare una sensibile variazione del valore di resistenza alla compressione della roccia intatta ( $\sigma_c$ ) compreso tra un minimo di 3,95 MPa ed un massimo di 44,54 MPa. Tale ampio intervallo è chiaramente influenzato da due fattori principali:

- L'eterogeneità litologica dell'ammasso roccioso (Formazione di Ronco) riscontrabile anche alla scala del provino di laboratorio (alternanze decimetrico-centimetriche di arenaria/silt-pelite/argillite);
- L'orientazione delle superfici di stratificazione e dei passaggi litologici (arenaria/silt-pelite/argillite) rispetto alla direzione di applicazione del carico assiale durante la prova.

Sulla base delle caratteristiche litologiche e giacaturali dei campioni sottoposti alla prova di compressione uniassiale si può affermare che il principale fattore responsabile della forte variabilità osservata, è rappresentato dall'orientazione delle superfici di stratificazione/scistosità (alle quali corrispondono i contatti tra le due diverse componenti litologiche della Formazione di Ronco, in quanto classificabile come flysch) rispetto alla direzione di carico assiale.

Analizzando infatti i campioni che hanno fornito il massimo ed il minimo valore di resistenza a compressione uniassiale (vedi **Figura 46**) si può infatti osservare che essi sono costituiti dalle medesime alternanze litologiche di potenza centimetrica, mentre l'unica differenza è rappresentata dall'angolo formato tra la direzione di applicazione del carico e la giacitura delle superfici di stratificazione/scistosità. In dettaglio infatti il campione CR8 del sondaggio S8\_DH, caratterizzato da angolo pari a circa 45°, ha fornito la resistenza minore (3,95 MPa), mentre il campione CR3 del sondaggio S7\_DH, caratterizzato da angolo ridotto minore di circa 20°, ha fornito la resistenza maggiore (44,54MPa).

**Tabella 10. Sintesi dei valori di resistenza alla compressione uniassiale e del modulo di elasticità della roccia intatta misurati mediante le prove di resistenza alla compressione uniassiale.**

Id. prova			Resistenza alla compressione uniassiale della roccia intatta	Modulo di Elasticità della roccia intatta	
Sondaggio	Campione	Profondità	$\sigma_c$	$E_{sec\ 50\%}$	$E_{tan\ 50\%}$
		(m)	(MPa)	(GPa)	(GPa)
S4_pz	CR3	7,6÷7,9	11,93	0,91	2,58
	CR5	14,25÷14,55	41,5	2,65	2,52
	CR8	23,3÷23,7	38,19	1,95	2,85
	CR9	26,25÷26,5	20,78	2,25	3,47
S5_DH	CR9	9÷9,25	22,88	3,35	5,91
S7_DH	CR3	7,45÷7,75	44,54	6	8,58
S8_DH	CR7	26,25÷26,5	20,78	2,25	3,47
	CR8	23,45÷23,7	3,95	0,27	0,61



**Figura 46. (In alto) Sondaggio S7\_DH, spezzone di carota (CR3) sottoposto a prova di compressione uniassiale tra le profondità di 7,45÷7,75m. L'orientazione delle superfici di stratificazione forma un angolo esiguo rispetto all'asse della carota. (In basso) Sondaggio S8\_DH, spezzone di carota (CR8) sottoposto a prova di compressione uniassiale tra le profondità di 23,45÷23,7m. L'orientazione delle superfici di stratificazione forma un angolo di circa 45° rispetto all'asse della carota.**

## **6 SISTEMI DI CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA**

Come anticipato nel Capitolo 4 sulla base della successione stratigrafica presente nell'area, la realizzazione delle opere attualmente in fase in progettazione (viadotti, galleria artificiale, paratie e muri di sostegno) interesserà diffusamente il substrato roccioso costituito dalle torbiditi della Formazione di Ronco (ROC).

Al fine di fornire le corrette informazioni propedeutiche alla successiva fase di caratterizzazione meccanica di tali materiali (indispensabile per la progettazione delle opere), risulta essenziale procedere ad classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso appartenente alla Formazione di Ronco (ROC).

Sulla base delle caratteristiche litologiche e strutturali della Formazione di Ronco tale operazione è stata eseguita mediante l'impiego di due sistemi di classificazione noti in letteratura:

- Il sistema *Rock Mass Rating* (R.M.R.) proposto da Z.T. Bieniawski con modifiche tra il 1972 ed il 1989;
- Il sistema *Geological Strength Index* (G.S.I.) proposto da Hoek & Marinos nel 1995 e soggetto ad ulteriori aggiornamenti da parte di diversi Autori.

Tali sistemi di classificazione si basano su approcci sensibilmente diversi e verranno descritti nei paragrafi seguenti.

## 6.1 **Sistema R.M.R.**

Il sistema *Rock Mass Rating* (R.M.R.) proposto da Z.T. Bieniawski con modifiche tra il 1972 ed il 1989, consiste nell'attribuzione di valori numerici a parametri qualitativi e quantitativi caratteristici degli ammassi rocciosi; la somma di tali parametri permette di ricavare l'indice  $RMR_{base}$  e l'indice RMR.

L'indice  $RMR_{base}$  si ricava dalla seguente relazione:

- $RMR_{base} = (A1+A2+A3+A4+A5)$ .

I vari parametri sommati sono (vedi **Figura 47**):

- **A1** = valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta;
- **A2** = valore numerico derivato dall'indice RQD;
- **A3** = valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità;
- **A4** = valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità;
- **A5** = valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche.

La somma del parametro **B**, relativo all'orientazione delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo ed in funzione delle diverse tipologie di opere in realizzazione (vedi **Figura 47**), permette infine di ricavare l'indice RMR.

Si precisa inoltre che il parametro **A3** racchiude al suo interno la valutazione di persistenza, apertura, rugosità, riempimento ed alterazione delle superfici di discontinuità (vedi **Figura 47**).

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41  
 Progetto Definitivo

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS									
Parameter			Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred		
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	<1 MPa
		Rating	15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
		Rating	20	17	13	8	3		
3	Spacing of		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
		Rating	20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)		Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm Continuous	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous		
		Rating	30	25	20	10	0		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		(Joint water press)/ (Major principal $\sigma$ )	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
		Rating	15	10	7	4	0		
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)									
Strike and dip orientations			Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines		0	-2	-5	-10	-12		
	Foundations		0	-2	-7	-15	-25		
	Slopes		0	-5	-25	-50			
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS									
Rating			100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21		
Class number			I	II	III	IV	V		
Description			Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock		
D. MEANING OF ROCK CLASSES									
Class number			I	II	III	IV	V		
Average stand-up time			20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span		
Cohesion of rock mass (kPa)			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
Friction angle of rock mass (deg)			> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15		
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions									
Discontinuity length (persistence)			< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		Rating	6	4	2	1	0		
Separation (aperture)			None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		Rating	6	5	4	1	0		
Roughness			Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided		
		Rating	6	5	3	1	0		
Infilling (gouge)			None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm		
		Rating	6	4	2	2	0		
Weathering			Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed		
		Ratings	6	5	3	1	0		
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**									
Strike perpendicular to tunnel axis					Strike parallel to tunnel axis				
Drive with dip - Dip 45 - 90°			Drive with dip - Dip 20 - 45°		Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Very favourable			Favourable		Very unfavourable		Fair		
Drive against dip - Dip 45-90°			Drive against dip - Dip 20-45°		Dip 0-20 - Irrespective of strike°				
Fair			Unfavourable		Fair				

\* Some conditions are mutually exclusive. For example, if infilling is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the gouge. In such cases use A.4 directly.

\*\* Modified after Wickham et al (1972).

**Figura 47. Parametri e relativi punteggi previsti dal sistema RMR (Bieniawski, 1989) tratto da Practical Rock Engineering Hoek E. (2007).**

Nelle tabelle seguenti sono state riportate le determinazioni dell'indice  $RMR_{base}$  ed  $RMR$  eseguite per ogni stazione geomeccanica eseguita sia in fase di Progetto Preliminare, sia in fase di Progetto Definitivo.

Si precisa inoltre che il calcolo di tali indici è stato basato sulle caratteristiche del sistema di discontinuità maggiormente in grado di influenzare il comportamento meccanico dell'ammasso in esame, così come previsto da Bieniawski stesso. Per le stazioni in esame tale sistema è chiaramente rappresentato dalle superfici di stratificazione (ST), in quanto pervasive e associate alle alternanze litologiche osservate nella Formazione di Ronco (ROC).

Per la stima della resistenza della roccia intatta sono stati utilizzati i valori di resistenza a compressione uniassiale ricavati dalle medesime prove eseguite (vedi **Tabella 10**); sulla base di quanto descritto nel Capitolo 5 sono stati adottati sia il valore minimo di resistenza (circa 4MPa) sia il valore massimo (circa 44 MPa) misurato.

Per la stima dell'RQD è stato usato l'intervallo di valori medi misurati nei sondaggi eseguiti (vedi **Tabella 9** ad esclusione del sondaggio S6\_h) e rappresentato dall'intervallo 55÷75 %; tale intervallo ricade perfettamente in una specifica classe prevista dal sistema R.M.R.

Per la stima dell'orientazione delle superfici di discontinuità considerate (Stratificazione ST) le valutazioni sono state riferite alle opere d'arte da realizzare più prossime alla stazione in esame.

**Tabella 11. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(L).**

<b>Stazione S (L) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	3÷10	2	
Apertura (mm)	0,1÷1	4	
Rugosità	Piana	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Mod. alterata	3	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>50</b>	<b>53</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione ortogonale all'asse di progetto, scavo a reggipoggio su spalla occidentale (Favorevole) e franapoggio su quella orientale (Sfavorevole) del viadotto n°1 del primo tratto	-15	-2
<b>RMR</b>		<b>35</b>	<b>51</b>
<b>CLASSE</b>		<b>IV</b>	<b>III</b>

**Tabella 12. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(M).**

<b>Stazione S (M) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	3÷10	2	
Apertura (mm)	<0,1	5	
Rugosità	Piana	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Mod. alterata	3	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>51</b>	<b>54</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione obliqua rispetto allo scavo dell'opera in progetto, scavo a circa reggipoggio (Favorevole) del OM03 del secondo tratto	-2	
<b>RMR</b>		<b>49</b>	<b>52</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>

**Tabella 13. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(O).**

<b>Stazione S (O) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	1÷3	4	
Apertura (mm)	0,1÷1	4	
Rugosità	Ondulata	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Molto alterata	1	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>50</b>	<b>53</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione ortogonale ad uno scavo di sbancamento lato monte in progetto (Favorevole)	-2	
<b>RMR</b>		<b>48</b>	<b>51</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>

**Tabella 14. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(R).**

<b>Stazione S (R) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	<1	6	
Apertura (mm)	0,1÷1	4	
Rugosità	Ondulata	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Molto alterata	1	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>52</b>	<b>55</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione ortogonale alla paratia OM08 in progetto (Favorevole)	-2	
<b>RMR</b>		<b>50</b>	<b>53</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>

**Tabella 15. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(Z).**

<b>Stazione S (Z) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	<1	4	
Apertura (mm)	>5	0	
Rugosità	Piana	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Mod. alterata	3	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>48</b>	<b>51</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione ortogonale all'asse di progetto, scavo a reggipoggio su spalla occidentale (Favorevole) e circa franapoggio sulla spalla orientale (Sfavorevole) del viadotto n°4 del secondo tratto	-15	-2
<b>RMR</b>		<b>33</b>	<b>49</b>
<b>CLASSE</b>		<b>IV</b>	<b>III</b>

**Tabella 16. Classificazione geomeccanica dell'ammasso rilevato nella stazione S(1).**

<b>Stazione S (1) – Famiglia ST</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>	<b>Rating</b>	
		<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta $\sigma_c$ (MPa)	4÷44	1	4
RQD (%)	55÷75	13	
Spaziatura (m)	<0,06	5	
Persistenza (m)	1÷3	4	
Apertura (mm)	1÷5	1	
Rugosità	Ondulata	1	
Riempimento	Assente	6	
Alterazione	Deb. alterata	5	
Condizioni idrauliche	Asciutte	15	
<b>RMRb</b>		<b>51</b>	<b>54</b>
<b>CLASSE</b>		<b>III</b>	<b>III</b>
Orientazione delle discontinuità (valutata in base all'opera più vicina) e relativo rating riferito alla realizzazione di scavi di fondazione	Direzione ortogonale all'asse di progetto, scavo a reggipoggio su spalla occidentale (Favorevole) e circa franapoggio sulla spalla orientale (Sfavorevole) del viadotto n°1 del primo tratto	-15	-2
<b>RMR</b>		<b>36</b>	<b>52</b>
<b>CLASSE</b>		<b>IV</b>	<b>III</b>

Come si può notare dalla tabella riassuntiva riportata in seguito il valore dell'indice  $RMR_{base}$  varia da un minimo di 48 ad un massimo di 55, pertanto evidenzia un modesto intervallo di variabilità sempre ricompreso entro la classe di ammasso III (vedi **Figura 47**).

Considerando invece l'orientazione relativa stratificazione-opere da realizzare si può notare una considerevole variabilità compresa tra un minimo di 35 (classe di ammasso IV) ed un massimo pari a 53 (classe di ammasso III). Tale variabilità evidenzia la forte influenza rappresentata dall'orientazione delle discontinuità sull'indice di classificazione R.M.R.

**Tabella 17. Sintesi delle classificazioni geomeccaniche ricavate impiegando il sistema R.M.R. per le stazioni realizzate.**

Stazione	RMR <sub>base</sub>		RMR		
	Min	Max	Min	Max	Opera considerata per la valutazione
S (L)	50	53	35	51	Viadotto n°1 del primo tratto
S (M)	51	54	49	52	OM03
S (O)	50	53	48	51	Scavo di sbancamento
S (R)	52	55	50	53	OM08
S (Z)	48	51	33	49	Viadotto n°4 del secondo tratto
S (1)	51	54	36	52	Viadotto n°1 del primo tratto

## 6.2 Sistema GSI

Il sistema *Geological Strenght Index* (G.S.I.) proposto da Hoek & Marinos nel 1995 e soggetto ad ulteriori aggiornamenti da parte di diversi Autori è un sistema di classificazione dell'ammasso roccioso particolarmente utilizzato in ambito ingegneristico, in quanto esso trova diretta applicazione nella formulazione del criterio di resistenza di Hoek & Brown (vedi Relazione Geotecnica cod. el. T00GE00GETRE01A).

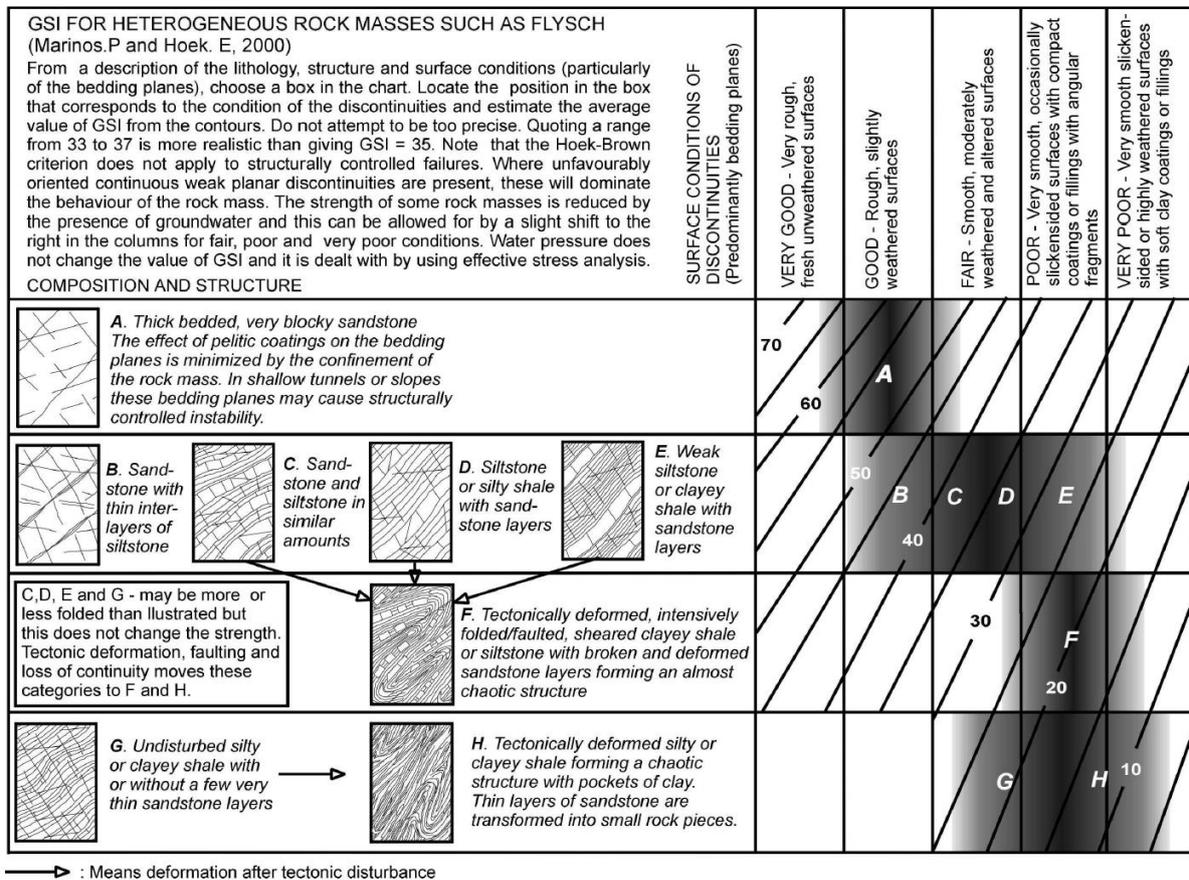
Tale sistema si basa essenzialmente sull'utilizzo di schemi grafici semplificati mediante i quali possono essere valutate direttamente in sito, e con estrema rapidità, le principali caratteristiche in grado di condizionare il comportamento geomeccanico dell'ammasso, quali:

- grado di fratturazione ed assetto strutturale dell'ammasso;
- litologie presenti e rapporti quantitativi tra di essi;
- condizioni delle superfici di discontinuità (quali alterazione e rugosità).

Per lo studio delle rocce eterogenee come i Flysch, categoria alla quale appartengono le torbiditi della Formazione di Ronco (ROC), gli Autori hanno proposto uno schema grafico appositamente studiato per considerare l'elevata importanza assunta dai rapporti modalitici tra le frazioni grossolane (arenarie e siltiti per la Formazione di Ronco) e quelle fini (peliti ed argilliti). Tale schema è stato riportato in **Figura 48** ed è stato usato durante i rilievi di terreno condotti, al fine di assegnare un intervallo di variazione dell'indice GSI per ogni affioramento analizzato.

L'ubicazione delle valutazioni eseguite ed il relativo valore sono stati riportati in Carta Geologica (cod. el. T00GE00GEOCG01A-05A), mentre nel Profilo Geologico (cod. el. T00GE00GEOFG01A-03A) è stata proposta una suddivisione di tratte caratterizzate da valori omogenei dell'indice GSI.

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41  
 Progetto Definitivo



**Figura 48. Schema per la stima dell'indice GSI in contesti di ammasso roccioso eterogeneo (Hoek & Marinos, 2000).**

L'analisi delle determinazioni eseguite è stata schematizzata come segue:

- 1) attribuzione di un intervallo di valori del GSI per ogni diversa classe di ammasso individuata da Hoek&Marinos (classi da A÷H);
- 2) calcolo del valore medio del GSI di ogni classe(classi da A÷H);
- 3) stima del valore medio del GSI delle classi composite rilevate durante lo studio attribuendo diversa importanza in funzione della prima classe indicata (ad esempio C/B≠B/C, D/C≠C/D, ...etc);
- 4) accorpamento di tali valori medi negli intervalli determinati al punto 1 sulla base delle sole classi di partenza (classi da A÷H) al fine di semplificare il successivo

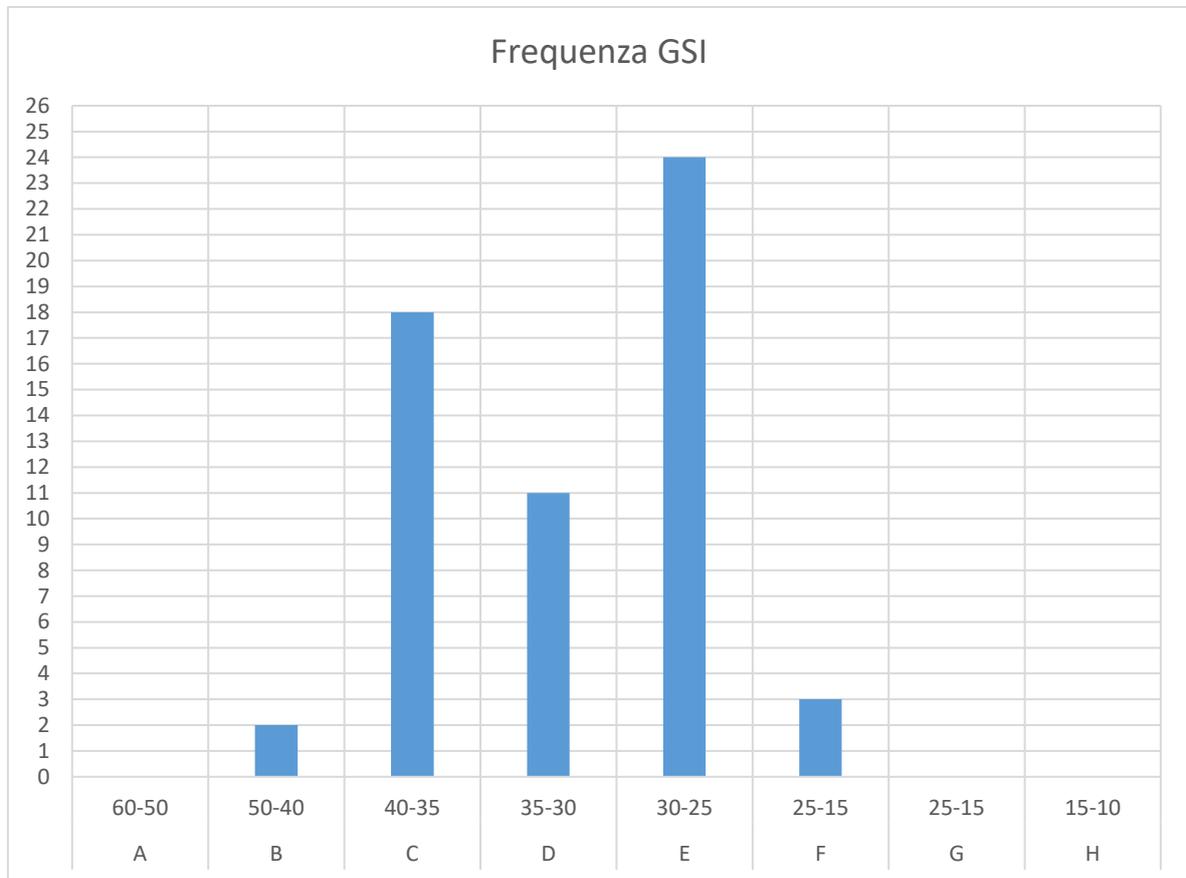
istogramma di frequenza (step 5) ottenuto diagrammando tutte le determinazioni eseguite.

Sulla base di tale flusso di lavoro sono state quindi suddivise (*Tabella 18*) e diagrammate (*Figura 49*) tutte le determinazioni eseguite (n°58).

***Tabella 18. Sintesi delle determinazioni effettuate per l'indice GSI nell'area rilevata, la suddivisione in classi in base alla composizione ed alla struttura, il valore medio stimato per ogni classe (sia singola che intermedia) ed il conteggio delle determinazioni per ognuna di esse. I numeri in parentesi richiamano gli step procedurali precedentemente descritti.***

Composition Structure	A	B	B/C	C/B	C	C/D	D/C	D	D/E	E/D	E	C/F	D/F	F	G	H
Range classe (1)	60-50	50-40		40-35			35-30		30-25			25-15			25-15	15-10
Valore medio (2+3)	55	45	42	40	37	35	33	32	30	28	27	20	20	20	20	12
Frequenza	0	0	2	1	7	10	3	8	9	5	10	1	1	1	0	0
Somma (4)	0	2		18			11		24			3			0	0

L'analisi dell'istogramma riportato in *Figura 49* permette quindi di riconoscere la presenza di due valori predominanti dell'indice GSI, rappresentati dagli intervalli 25-30 (classe E) e 35-40 (classe C).



**Figura 49. Istogramma di frequenza con le determinazioni dell'indice GSI eseguite nell'area rilevata (n°58) suddivise secondo le diverse classi di ammasso previste da Hoek&Marinos.**

Considerando le incertezze intrinseche di tale determinazione si ritiene quindi cautelativo estendere gli intervalli di valori menzionati, adottando due classi maggiormente estese per l'indice GSI: 25-35 (n°35 determinazioni) e 35-45 (n°20 determinazioni).

Tali intervalli permettono inoltre di rappresentare circa il 95% delle determinazioni eseguite (n°55 su n°58 totali) ed evidenziano una chiara prevalenza della classe 25-35 sulla classe 35-45.

## **7 BIBLIOGRAFIA**

- A.A.V.V. (1978). "*Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*", (I.S.R.M.), Int. J. Rock. Mech. Min. Sci & Geomech. Abstr. Vol. 15 pp. 319-368.
- Hoek E., (2007). Practical Rock Engineering, <https://www.rockscience.com/learning/hoeks-corner>.
- Hoek & Marinos (2001), "*Estimating the geotechnical properties of heterogeneous rock masses such as Flysch*", Bull. Engg. Geol. Env. 60, 85-92.
- Bieniawski Z.T. (1989). *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.

## ALLEGATO 1 – SCHEDE DI RILIEVO GEOMECCANICO

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Comuni di Torriglia e Montebruno  
dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

---

Progetto Definitivo

## PROGETTO PRELIMINARE



S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torrighia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

<b>PROGETTO</b> VARIANTE DELLA S.S. N 45 DELLA VALTREBBIA DAL KM 31+500 AL KM 36+869																																									
<b>LOCALITA'</b> COMUNE DI TORRIGLIA								<b>STAZIONE</b> S(M)				<b>SCHEDA</b> 1 DI 2		<b>DATA</b> 29/11/2011																											
<b>CARATTERISTICHE DELL'AFFIORAMENTO</b> IMMERSIONE 190°								<b>INCLINAZIONE</b> 70°				<b>ALTEZZA (m)</b> 3,5				<b>LUNGHEZZA (m)</b> 50,0-60,0																									
<b>UNITA'/FORMAZIONE</b> FORMAZIONE DI RONCO														<b>LITOLOGIA</b> SILTITI - ARENARIE - ARGILLITI																											
N. PROGRESSIVO	GIAC.		TIPO DISCONT.					CONDIZIONI DISCONTINUITA'												RESIST. GIUNTI		SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'																			
	DIR.	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	STRATIFICAZIONE	FRATTURA	SCISTOSITA'	FAGLIA	MORF. PIANA	MORF. DISCONTINUA	MORF. ONDULATA	JRC	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	SERRATO	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	ASSENTE	DURO<5mm	DURO>5mm	PLASTICO<5mm	PLASTICO>5mm	ASCIUTTO	UMIDO/BAGNATO	FLUSSO	NON ALTERATI	LEGG. ALTERATI	MOD. ALTERATI	MOLTO ALTERATI	COMPL. ALTERATI	VALORE SCLEROM.	ORIENT. SCLEROM.	CLASSI DI SPAZIATURA	STRATIFICAZIONE	SCISTOSITA' 1	SCISTOSITA' 2	FRATTURA 1
1	10	16	X				X			5		X				X					X						X								24	↙	> 2 m				
2	350	25	X				X			3		X				X					X						X								24	↙	0.6-2 m				
3	40	20	X				X			3		X				X					X						X								10	↙	200-600 mm				X
4	330	25	X				X			7		X				X					X						X								32	↙	60-200 mm	X			
5	320	15	X				X			5			X			X					X						X								40	↙	<60 mm	X			
6	310	20	X				X			5			X							X					X	X									28	↙		FRATTURA 2			
7	20	20	X				X			5			X							X					X	X									10	↙		FRATTURA 3			
8	350	20	X				X			3			X							X					X	X									10	↙			FRATTURA 4		
9	330	18	X				X			3			X			X				X						X									12	↙					FRATTURA 5
10	335	25	X				X			7			X			X				X						X									0	↙					
11	340	20	X				X			7		X				X				X						X									0	↙	> 2 m				
12	350	20	X				X			3		X				X				X						X									16	↙	0.6-2 m				
13	180	85		X			X			3	X					X				X					X										20	↙	200-600 mm	X			
14	180	85		X			X			3	X					X				X					X										22	↙	60-200 mm				
15	240	75		X			X			3	X					X				X					X										18	↙	<60 mm				
16	220	75		X			X			3	X					X				X					X										16	↙					
17	200	75		X			X			5	X					X				X					X										0	↙					
18	210	75		X			X			5	X					X				X					X										0	↙					
19	190	85		X			X			7	X					X				X					X										22	↙					
20	180	70		X			X			5	X					X				X					X										24	↙					
21	180	80		X			X			7	X					X				X					X										10	↙					
22	220	75		X			X			7	X					X				X					X										10	↙					
23	220	80		X			X			7	X					X				X					X										12	↙					
24	230	80		X			X			3	X					X				X					X										30	↙					
25	215	80		X			X			3	X					X				X					X										30	↙					

Figura 51. Scheda di rilievo della stazione S (M). Parte 1 di 2.



S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

<b>PROGETTO</b> VARIANTE DELLA S.S. N 45 DELLA VALTREBBIA DAL KM 31+500 AL KM 36+869																																									
<b>LOCALITA'</b> COMUNE DI TORRIGLIA								<b>STAZIONE</b> S(O)				<b>SCHEDA</b> 1		<b>DI</b> 2		<b>DATA</b> 30/11/2011																									
<b>CARATTERISTICHE DELL'AFFIORAMENTO</b> IMMERSIONE 135°														<b>INCLINAZIONE</b> 50°				<b>ALTEZZA (m)</b> 2,0		<b>LUNGHEZZA (m)</b> 12,0																					
<b>UNITA'/FORMAZIONE</b> FORMAZIONE DI RONCO														<b>LITOLOGIA</b> SILTITI - ARENARIE - ARGILLITI																											
N. PROGRESSIVO	GIAC.	TIPO DISCONT.						CONDIZIONI DISCONTINUITA'												RESIST. GIUNTI		SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'																			
		DIR. IMMERSIONE	INCLINAZIONE	STRATIFICAZIONE	FRATTURA	SCISTOSITA'	FAGLIA	MORF. PIANA	MORF. DISCONTINUA	MORF. ONDULATA	JRC	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	SERRATO	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	ASSENTE	DURO<5mm	DURO>5mm	PLASTICO<5mm	PLASTICO>5mm	ASCIUTTO	UMIDO/BAGNATO	FLUSSO	NON ALTERATI	LEGG. ALTERATI	MOD. ALTERATI	MOLTO ALTERATI	COMPL. ALTERATI	VALORE SCLEROM.	ORIENT. SCLEROM.	CLASSI DI SPAZIATURA	STRATIFICAZIONE	SCISTOSITA' 1	SCISTOSITA' 2	FRATTURA 1
1	240	20	X				X		7	X										X				X	X									16	↘	> 2 m					
2	230	20	X				X		7	X										X				X	X									0	↘	0.6-2 m					
3	240	20	X					X	11	X										X				X	X									0	↘	200-600 mm				X	
4	220	25	X					X	11	X							X			X														20	↘	60-200 mm	X				
5	210	15	X					X	9	X							X			X														22	↘	<60 mm		X			
6	220	15	X				X		7	X							X			X														10	↘						
7	240	20	X				X		9	X							X			X														10	↘						
8	240	25	X					X	11	X									X	X														12	↘						
9	230	20	X					X	11	X									X	X														0	↘						
10	210	20	X					X	9	X							X																	0	↘						
11	260	55		X			X		13	X									X		X													16	↘	> 2 m					
12	255	85		X			X		13	X									X		X													24	↘	0.6-2 m					
13	250	85		X				X	11	X									X		X														22	↘	200-600 mm	X	X		
260	260	85		X				X	11	X									X		X														20	↘	60-200 mm				
15	240	75		X				X	11	X									X																20	↘	<60 mm				
16	250	80		X				X	13	X									X																30	↘					
17	260	80		X				X	13	X									X																32	↘					
18	250	85		X				X	11	X									X																20	↘					
19	255	75		X				X	13	X									X		X														10	↘					
20	270	85		X				X	13	X									X		X														10	↘					

Figura 53. Scheda di rilievo della stazione S (O). Parte 1 di 2.

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torrighia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

<b>PROGETTO</b> VARIANTE DELLA S.S. N 45 DELLA VALTREBBIA DAL KM 31+500 AL KM 36+869																																									
<b>LOCALITA'</b> COMUNE DI TORRIGLIA							<b>STAZIONE</b> S(O)					<b>SCHEDA</b> 2		<b>DI</b> 2		<b>DATA</b> 30/11/2011																									
<b>CARATTERISTICHE DELL'AFFIORAMENTO</b> IMMERSIONE 135°														<b>INCLINAZIONE</b> 50°				<b>ALTEZZA (m)</b> 2,0			<b>LUNGHEZZA (m)</b> 12,0																				
<b>UNITA'/FORMAZIONE</b> FORMAZIONE DI RONCO														<b>LITOLOGIA</b> SILTITI - ARENARIE - ARGILLITI																											
N. PROGRESSIVO	GIAC.	TIPO DISCONT.					CONDIZIONI DISCONTINUITA'												RESIST. GIUNTI		SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'																				
		DIR. IMMERSIONE	INCLINAZIONE	STRATIFICAZIONE	FRATTURA	SCISTOSITA'	FAGLIA	MORF. PIANA	MORF. DISCONTINUA	MORF. ONDULATA	JRC	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	SERRATO	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	ASSENTE	DURO<5mm	DURO>5mm	PLASTICO<5mm	PLASTICO>5mm	ASCIUTTO	UMIDO/BAGNATO	FLUSSO	NON ALTERATI	LEGG. ALTERATI	MOD. ALTERATI	MOLTO ALTERATI	COMPL. ALTERATI	VALORE SCLEROM.	ORIENT. SCLEROM.	CLASSI DI SPAZIATURA	STRATIFICAZIONE	SCISTOSITA' 1	SCISTOSITA' 2	FRATTURA 1
21	125	83		X			X			13	X									X	X						X								40	←	> 2 m				
22	320	85		X			X			13	X									X	X						X							46	←	0.6-2 m					
23	120	85		X			X			11	X									X				X	X									20	←	200-600 mm					
24	100	61		X			X			11	X									X	X													14	←	60-200 mm					
25	120	80		X			X			13	X									X				X	X									30	←	<60 mm					
26	958	80		X			X			11	X									X				X	X									20	←		FRATTURA 2				
27	100	85		X			X			11	X									X				X	X									10	←			FRATTURA 3			
28	110	85		X			X			11	X									X	X													22	←				FRATTURA 4		
29	330	75		X			X			13	X									X				X	X									40	←					FRATTURA 5	
30	215	85		X			X			9	X									X	X													28	→						
31	190	85		X			X			9	X									X				X	X									22	→	> 2 m					
32	205	85		X			X			11	X									X				X	X									24	→	0.6-2 m					
33	220	80		X			X			9	X									X	X													20	→	200-600 mm					
34	210	80		X				X		7	X									X	X			X	X									30	→	60-200 mm					
35	200	80		X				X		7	X									X				X	X									22	→	<60 mm					
36	180	85		X			X			9	X									X				X	X									20	→						

Figura 54. Scheda di rilievo della stazione S (O). Parte 2 di 2.

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torrighia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

<b>PROGETTO</b> VARIANTE DELLA S.S. N 45 DELLA VALTREBBIA DAL KM 31+500 AL KM 36+869																																										
<b>LOCALITA'</b> COMUNE DI TORRIGLIA										<b>STAZIONE</b> S(R)					<b>SCHEDA</b> 1 DI 2		<b>DATA</b> 29/11/2011																									
<b>CARATTERISTICHE DELL'AFFIORAMENTO</b> IMMERSIONE 200°										INCLINAZIONE 85°					ALTEZZA (m) 1,0		LUNGHEZZA (m) 10,0-12,0																									
<b>UNITA'/FORMAZIONE</b> FORMAZIONE DI RONCO										<b>LITOLOGIA</b> SILTITI - ARENARIE - ARGILLITI																																
N. PROGRESSIVO	GIAC.		TIPO DISCONT.					CONDIZIONI DISCONTINUITA'															RESIST. GIUNTI		SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'																	
	DIR.	IMMERSIONE	INCLINAZIONE	STRATIFICAZIONE	FRATTURA	SCISTOSITA'	FAGLIA	MORF. PIANA	MORF. DISCONTINUA	MORF. ONDULATA	JRC	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	SERRATO	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	ASSENTE	DURO<5mm	DURO>5mm	PLASTICO<5mm	PLASTICO>5mm	ASCIUTTO	UMIDO/BAGNATO	FLUSSO	NON ALTERATI	LEGG. ALTERATI	MOD. ALTERATI	MOLTO ALTERATI	COMPL. ALTERATI	VALORE SCLEROM.	ORIENT. SCLEROM.	CLASSI DI SPAZIATURA	STRATIFICAZIONE	SCISTOSITA' 1	SCISTOSITA' 2	FRATTURA 1	
1	320	15	X					X	11	X						X					X					X								22	↘	> 2 m						
2	330	15	X					X	15	X						X					X					X							24	↘	0.6-2 m							
3	310	10	X					X	11	X						X										X							26	↘	200-600 mm							
4	315	15	X					X	13	X										X					X								10	↘	60-200 mm					X		
5	310	20	X					X	13	X										X				X									10	↘	<60 mm	X						
6	300	15	X					X	11	X										X													12	↘			FRATTURA 2					
7	315	20	X					X	13	X										X													0	↘			FRATTURA 3					
8	320	10	X					X	15	X										X													0	↘					FRATTURA 4			
9	320	10	X					X	15	X										X													0	↘						FRATTURA 5		
10	320	10	X					X	11	X										X													30	↘								
11	300	15	X					X	11	X										X	X					X								28	↘	> 2 m						
12	330	18	X					X	11	X										X	X					X								22	↘	0.6-2 m						
13	340	18	X					X	13	X										X						X								20	↘	200-600 mm						
14	140	50		X				X	11	X										X														18	↘	60-200 mm	X					
15	150	45		X				X	11	X										X														24	↘	<60 mm						
16	110	60		X				X	13	X										X														26	↘							
17	110	45		X				X	15	X										X	X													0	↘							
18	120	50		X				X	11	X										X						X								0	↘							
19	130	50		X				X	11	X										X					X									10	↘							
20	140	55		X				X	15	X										X					X										10	↘						
21	150	60		X				X	15	X										X															12	↘						
22	155	60		X				X	15	X										X	X														16	↘						
23	145	50		X				X	15	X										X					X										32	↘						
24	120	40		X				X	13	X										X						X									28	↘						

Figura 55. Scheda di rilievo della stazione S (R). Parte 1 di 2.



S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torrighia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

<b>PROGETTO</b> VARIANTE DELLA S.S. N 45 DELLA VALTREBBIA DAL KM 31+500 AL KM 36+869																																										
<b>LOCALITA'</b> COMUNE DI TORRIGLIA					<b>STAZIONE</b> S(Z)					<b>SCHEDA</b> 1		<b>DI</b> 1		<b>DATA</b> 30/11/2011																												
<b>CARATTERISTICHE DELL'AFFIORAMENTO</b> IMMERSIONE 60°										<b>INCLINAZIONE</b> 85°					<b>ALTEZZA (m)</b> 9,0			<b>LUNGHEZZA (m)</b> 30,0																								
<b>UNITA'/FORMAZIONE</b> FORMAZIONE DI RONCO										<b>LITOLOGIA</b> SILTITI - ARENARIE - ARGILLITI																																
N. PROGRESSIVO	GIAC.	TIPO DISCONT.	CONDIZIONI DISCONTINUITA'															RESIST. GIUNTI		SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITA'																						
			SCABREZZA			PERSISTENZA					APERTURA			RIEMPIMENTO		COND.IDRAUL.		ALTERAZIONE			VALORE SCLEROM.	ORIENT. SCLEROM.	CLASSI DI SPAZIATURA	STRATIFICAZIONE	SCISTOSITA' 1	SCISTOSITA' 2	FRATTURA 1															
DIR. IMMERSIONE	INCLINAZIONE	STRATIFICAZIONE	FRATTURA	SCISTOSITA'	FAGLIA	MORF. PIANA	MORF. DISCONTINUA	MORF. ONDULATA	JRC	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m	SERRATO	<0.1mm	0.1-1.0mm	1-5mm	>5mm	ASSENTE								DURO<5mm	DURO>5mm	PLASTICO<5mm	PLASTICO>5mm	ASCIUTTO	UMIDO/BAGNATO	FLUSSO	NON ALTERATI	LEGG. ALTERATI	MOD. ALTERATI	MOLTO ALTERATI	COMPL. ALTERATI			
1	275	45	X			X			3	X							X			X					X									34	↗	> 2 m						
2	270	30	X			X			5	X							X						X		X									36	↗	0.6-2 m						
3	260	42	X			X			5		X						X						X		X									18	↗	200-600 mm	X			X		
4	250	40	X			X			3		X						X	X						X		X									18	↗	60-200 mm					
5	260	35	X			X			3		X						X	X						X		X									30	↗	<60 mm	X				
6	275	45	X			X			3		X									X			X	X		X									36	↗						
7	280	40	X			X			5	X							X						X	X		X									20	↗						
8	240	35	X			X			3	X							X						X	X		X									22	↗						
9	260	40	X			X			3	X							X	X					X	X		X									18	↗						
10	50	60		X		X			9	X							X						X	X		X									18	↗						
11	70	37		X		X			7	X							X						X	X		X									26	↗	> 2 m					
12	10	40		X		X			5	X							X						X	X		X									40	↗	0.6-2 m	X				
13	40	50		X			X		13	X							X						X	X		X										20	↗	200-600 mm	X			
14	30	40		X			X		17	X							X						X	X		X										20	↗	60-200 mm				
15	40	45		X			X		17		X						X						X	X		X										30	↗	<60 mm				
16	50	50		X			X		5		X						X						X	X		X										35	↗					
17	40	60		X			X		5		X						X						X	X		X										22	↗					
18	300	70		X			X		7		X						X	X					X	X		X										30	↗					
19	140	85		X			X		9		X						X	X					X	X		X										30	↗					
20	360	75		X			X		13		X						X	X					X	X		X										16	↗					
21	120	68		X			X		15		X						X	X					X	X		X										18	↗					
22	130	75		X			X		9		X						X						X	X		X										0	↗					
23	110	65		X			X		9		X						X						X	X		X										40	↗					
24	135	50		X			X		5	X							X						X	X		X										46	↗					
25	130	70		X			X		5	X							X	X					X	X		X										22	↗					

Figura 57. Scheda di rilievo della stazione S (Z).

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Comuni di Torriglia e Montebruno  
dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

---

Progetto Definitivo

## PROGETTO DEFINITIVO

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torrighia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

Commissa: DPGE03 - SS45 Val Trebbia	Località: Serra di Ponte Trebbia	Data: 20/04/2018	Operatori: Tucci, Rottaris
Stazione: S(1)	Tipo affioramento: Formazione di Ronco (ROC)	Dimensioni affioramento H x L: 3x20	Orientamento del fronte (Imm/Incl): 304/24

Famiglia	Giacitura		Tipo	Spaziatura			Persistenza			Apertura			Scabrezza/Planarità		Riempimento		Alterazione	Martello di Schmidt		Venute d'acqua (l/s)	Movimento		Note	
	Imm (°)	Incl (°)		Min (m)	Max (m)	Media (m)	Lungh. (m)			Terminazione	Min (mm)	Max (mm)	Media (mm)	P.Scala-JRC	Gran. scala	Tipo	Spess. (mm)	Tipo	Rimbalzi (n°)		Orientaz.	Imm/Incl		Indic. Cinemat.
							Min	Max	Media															
ST	302	38	Stratificazione	0,01	0,35	0,04	<1	3-10	1-3	D	Ch	L	A	8-10	Ondulata	da Assente a Coesivo	<5 mm	da Assente a Debolm Alterato	-	-	Asciutto	-	Strie	-
ST	290	50																						
ST	301	38																						
ST	312	30																						
ST	294	30																						
ST	308	22																						
ST	315	26																						
ST	334	36																						
ST	321	22																						
ST	280	44																						

K1	200	80	Giunto	0,01	2	0,05	<1	3-10	1-3	R	Ch		12-16	Ondulata	da Assente a Incoerente	<5 mm	Assente	-	-	Asciutto	-	-	-
K1	190	84																					
K1	182	80																					
K1	10	82																					
K1	174	52																					
K1	350	80																					
K1	16	74																					

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

Commissa: DPGE03 - SS45 Val Trebbia	Località: Serra di Ponte Trebbia	Data: 20/04/2018	Operatori: Tucci, Rottaris
Stazione: S(1)	Tipo affioramento: Formazione di Ronco (ROC)	Dimensioni affioramento H x L: 3x20	Orientamento del fronte (Imm/Incl): 304/24

Famiglia	Giacitura		Tipo	Spaziatura			Persistenza			Apertura			Scabrezza/Planarità		Riempimento		Alterazione		Martello di Schmidt		Venute d'acqua (l/s)	Movimento		Note
	Imm (°)	Incl (°)		Min (m)	Max (m)	Media (m)	Lungh. (m)			Terminazione	Min (mm)	Max (mm)	Media (mm)	P.Scala-JRC	Gran. scala	Tipo	Spess. (mm)	Tipo	Rimbalzi (n°)	Orientaz.		Imm/Incl	Indic. Cinemat.	
							Min	Max	Media															
K1	16	72																						
K1	357	76																						
K1	6	84																						

Cliv	60	30	Clivaggio	0,04	<1	D	Ch	10-12	Ondulata	Assente	-	Assente	-	-	Asciutto	-	-	-
Cliv	15	30																
Cliv	16	20																
Cliv	40	32																
Cliv	47	38																
Cliv	22	28																
Cliv	26	10																
Cliv	49	26																
Cliv	24	20																
Cliv	11	20																

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
 Comuni di Torriglia e Montebruno  
 dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
 2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

Progetto Definitivo

LEGENDA

Giacitura		Tipo	Spaziatura	Persistenza			Apertura	Scabrezza/Planarità		Riempimento		Alterazione		Venute d'acqua
				Lunghezza	Terminazione			P. Scala-JRC	Gran. Scala	Tipo	Spessore	Tipo	Martello di Schmidt	(condizioni generali)
Imm	Immersione	Stratificazione	Valore compreso tra	< 1 m	Molto bassa	R-roccia	S: < 0.1 mm	JRC		Assente		Assente	Rimbalzi n. rimbalzi martello di Schmidt	Asciutto
Incl	Inclinazione	Scistosità	0.0 e 10.0 m	1 - 3 m	Bassa	D-contro altra discontinuità	Ch: 0.1-1 mm	0 - 4 Levigata	Piana	Coerente	< 5 mm	Debolm. alterata	Orientaz. direzione applicazione martello	Umido
		Clivaggio		3 - 10 m	Media	X-fuori affioramento	A: 1-2.5 mm	4 - 8 Liscia	Piana	Coerente	> 5 mm	Mod. alterata	(possibilmente perpendicolare alla superficie della discontinuità)	Acqua interstiziale
		Giunto		10 - 20 m	Alta		L: 2.5-10 mm	8 - 10 Poco Scabra	Piana	Incoerente	< 5 mm	Molto alterata		Moderatam. in pressione
		Vena		> 20 m	Molto alta		ML: 1-10 cm	10 - 12 Poco Scabra	Ondulata	Incoerente	> 5 mm	Decomposta		Venute copiose
		Faglia					EL: 10-100 cm	12 - 16 Scabra	Ondulata					
							Ca: > 1.0 m	16 - 18 Molto Scabra	Ondulata					
								18 - 20 Molto Scabra	Segmentata					
Movimento			Indicatori cinematici											
Imm/Incl della freccia del movimento sul piano			Strie	Lunulle	Ombre detrito	Riedel R' e R''								
			Gradini Calcite	Gradini Roccia	Traccia Clasto	Uncinamento								

S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Variante alla S.S. 45 di "Val Trebbia"  
Comuni di Torriglia e Montebruno  
dal km 31+500 (Costafontana) al km 35+600 (Montebruno)  
2° Stralcio funzionale tra km 32+445 ÷ 32+618,94 e km 33+090,5 ÷ 34+819,41

---

Progetto Definitivo