

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

POZZO CASCINA RADIMERO

**Geologia/Geotecnica
Relazione Geotecnica**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 1	E	C V	R B	G A 1 U 0 0	0 0 1	A

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00		ROCKSOIL <i>Tomasi</i>	10/08/12	Ing. F. Colla <i>[Signature]</i>	13/08/12	E. Pagani <i>[Signature]</i>	16/08/12	Dott. Geol. E. De Mattei

n. Elab.:	File: IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00
-----------	--------------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p>	<p>Foglio 3 di 24</p>

INDICE

INDICE.....		3
1. PREMESSA		5
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO.....		8
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO		9
4. INDAGINI ESEGUITE		15
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....		17
6. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI		20
6.1 Formazione di Costa Areasa		21
6.1.1 Classificazione di Bieniawski		21
6.1.2 Rilievo geostrutturale		23

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00

Foglio
4 di 24

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p>	<p>Foglio 5 di 24</p>

1. PREMESSA

Il progetto in esame prevede la realizzazione di opere di sostegno dei terreni, mediante diaframmi, per la realizzazione del pozzo di ingresso ed uscita della fresa in località Cascina Radimero, nell'ambito dei lavori di realizzazione della linea AV/AC del Terzo Valico Ferroviario dei Giovi.

L'opera a progetto si trova all'incirca tra il Km 27 ed il Km 28 della Linea.

E' importante precisare che, la presente nota revisiona gli studi geologico - geotecnici, ove ritenuto necessario, eseguiti in precedenza e descritti in Progetto Definitivo; rispetto alla fase di PD, alla data odierna, non sono disponibili nuove indagini per un affinamento della caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area.

La nota descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- Profilo geologico – idrogeologico generale in scala 1:1.000 (elaborato IG51-01-E-CV F5 GN 14 Q X 002 B00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:2000 (elaborato IG51-01-E-CV G5 GN 14 Q X 001 B00),
- Carta idrogeologica con ubicazione indagini geognostiche e punti d'acqua in scala 1:5000 (elaborato IG51-01-E-CV G5 GN 14 Q X 002 B00).

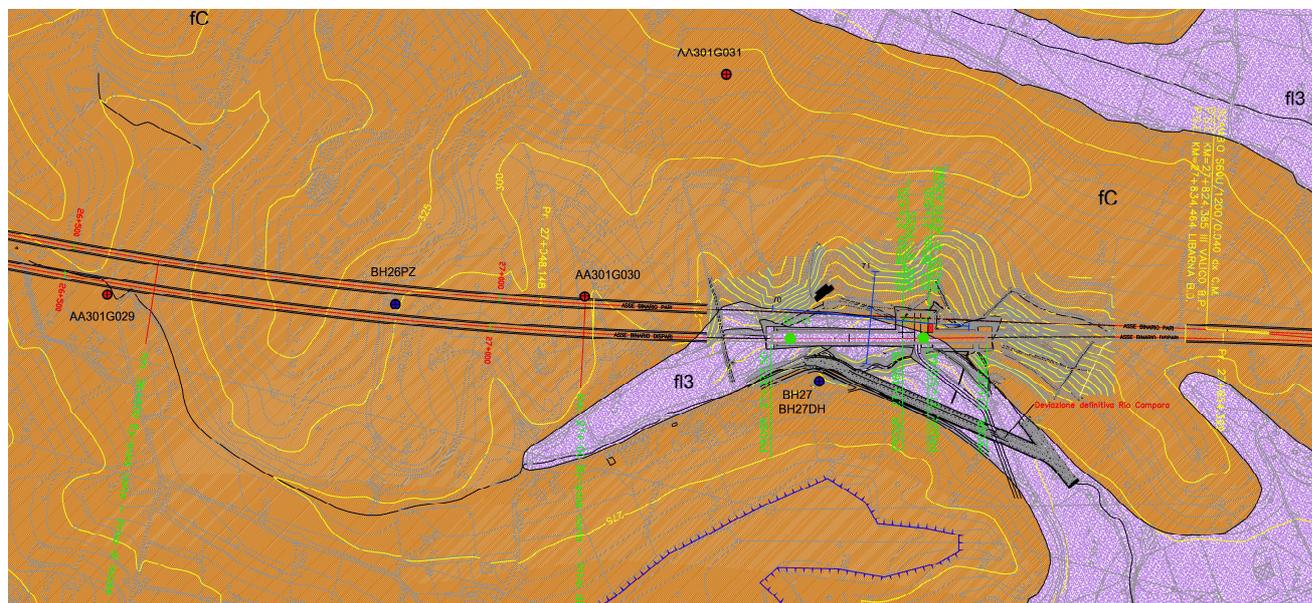


Figura 1.1 – Geologia dell'area di studio con ubicazione delle indagini effettuate e da effettuare

LEGENDA

 Riporto antropico

DEPOSITI QUATERNARI

 Detrito di falda (accumuli di maggiori dimensioni) (d).

 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI (a)
Ghiale in matrice sabbioso limosa non alterate.

 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (f3)
Ghiale e sabbie in matrice sabbioso limosa con modesta alterazione superficiale.

 DEPOSITI ALLUVIONALI MEDI (f2)
Ghiale e sabbie in matrice sabbioso limosa con coltre di alterazione superficiale di spessore fino a 4-5 metri.

 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI (f1)
Ghiale e sabbie in matrice sabbioso limosa molto alterati.

SUCCESSIONI SEDIMENTARIE EPISUTURALI POST - FASE MESOALPINA

Successione sedimentaria post - Fase Appenninica miocenica precoce

 MARNE DI S. AGATA FOSSILI (mA) (Tortoniano)
Alternanze decimetrico - metriche di marne debolmente siltose di colore grigio, peliti siltose di colore scuro o grigio nerastro, marne inglobanti frammenti intraformazionali delle due facies precedenti (membro superiore mA1); arenarie da fini a molto fini di colore grigio, con matrice pelitica, con rare intercalazioni di strati di arenarie grossolane e microconglomerati (mA2). Depositi di scarpata.

 ARENARIE DI SERRAVALLE (aS) (Serravalliano)
Alternanze centimetrico - decimetriche di arenarie medio - grossolane bioclastiche, a stratificazione incrociata, con marne siltose, siltiti e arenarie fini; presenza di strati spessi di arenarie grossolane gradate e, localmente, di arenarie conglomeratiche e conglomerati. Depositi di piattaforma interna.

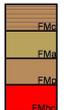
 MARNE DI CESSOLE (mC) (Langhiano)
Alternanze di marne siltose omogenee biancastre, con siltiti ed arenarie fini bioturbate. Depositi di piattaforma esterna.

Successione sedimentaria pre - Fase Appenninica miocenica precoce

 FORMAZIONE DI COSTA AREASA (c) (Burdigaliano-Langhiano)
Alternanze regolari di strati arenaceo pelitici, con prevalenza della frazione pelitica (spessore medio 1,5m), e di marne calcaree, debolmente siltose, in strati di spessore centimetrico - decimetrico. Depositi di piana sottomarina.

 MEMBRO DI COSTA MONTADA (uMc, uMb, uMa) (Oligocene - Miocene inferiore)
Marne arenacee, alternate ad areniti medio - grossolane, sormontate, esclusivamente ad ovest dello spartiacque tra Lemme e Scrvia, da intercalazioni di areniti fini o finissime in strati di spessore decimetrico, intercalate a strati pelitici più sottili (uMc). Depositi di piattaforma o scarpata.
Arenarie medio - grossolane cementate, in strati decimetrici, gradati e laminati con subordinati livelli conglomeratici (uMb). Depositi di conoide interno - scarpata. Interstrati sottili a struttura caotica di marne e sedimenti silicei (uMa). Depositi di conoide interno - scarpata.

 MARNE DI RIGOROSO (rR, mR) (Oligocene - Miocene inferiore)
Alternanze regolari di strati decimetrici arenacei e marinosi (rapporto 1:1) con intercalati alcuni strati arenacei di spessore plurimetrico (rR). Conoide esterno - piana bacinale.
Marne grigie, localmente con intercalazioni di sottili strati arenacei, arenaceo-conglomeratiche nella parte inferiore (mR). Piana bacinale.

 FORMAZIONE DI MOLARE (FMc, FMa, FMp, FMbc) (Oligocene - Eocene?)
Conglomerati poligenici in banchi e strati, a matrice arenacea grigiastria fortemente cementata, contenenti clasti da centimetrici a metrici (max. 1-2 m) derivanti essenzialmente da litotipi calcarei e dolomitici e da basalti, con subordinate arenarie e metaofioliti. (Membro conglomeratico cementato a clasti calcarei - FMc). Fan - delta passante lateralmente e verso l'alto a piattaforma interna.
Sabbie siltose, siltiti, arenarie e microconglomerati fossiliferi, in strati da centimetrici a decimetrici, a matrice fine parzialmente o totalmente cementata, spesso bioturbate, a gradazione normale e/o inversa, con evidenti laminazioni incrociate e/o pianoparallele, contenenti clasti poligenici, ma con prevalente composizione basaltica e calcarea o serpentinitica. (Membro arenaceo - siltoso fossilifero - FMa). Piattaforma interna.
Conglomerati poligenici in banchi e strati, a matrice sabbioso-microconglomeratica grigiastria eterogeneamente cementata; contenenti clasti da centimetrici a metrici (max. 2-3 m) derivanti prevalentemente da metaofioliti ed in subordinate da litotipi calcarei e dolomitici, da arenarie e basalti. Sono presenti lenti e livelli di sabbie grossolane più o meno cementate, talora fossilifere. (Membro conglomeratico parzialmente cementato - FMp). Fan - delta passante lateralmente e verso l'alto a piattaforma interna.
Breccie e conglomerati monogenici in banchi plurimetritici mal definiti, scarsamente cementate a matrice sabbioso-limosa rossastra, contenenti clasti da decimetrici a plurimetrici (max. 10 m) derivanti essenzialmente da serpentiniti e peridotiti. Comprende le "Breccie di Costa Cravara", Auct. (Membro breccioso-conglomeratico basale - FMbc). Conoide continentale, passante lateralmente e verso l'alto a fan - delta marino.

Faglie

 Faglie, caratterizzate da una superficie principale di movimento con rocce poco coesive (breccie tettoniche o gouge) e da salbande con densità della fratturazione particolarmente intensa.

 Faglia ipotizzata da fotointerpretazione

 Limiti litologici stratigrafici.

 Giacitura strati

 Ori di scarpate fluviali recenti e antiche

Figura 1.2 – Legenda geologica dell'area di studio

- RS28 ▲ Rilievi strutturali relativi alla fase di progettazione preliminare
- S38-3 / bh1 ● Sondaggi relativi alla fase di progettazione preliminare(1992)
- SA301G025 ● Sondaggi relativi alla fase di progettazione preliminare(2002)
- SLI 9 ● Sondaggi indagini integrative P.E. (2012) in corso
- 70 — Linea sismica

Figura 1.3 – Legenda indagini effettuate e da effettuare nell'area di studio

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 8 di 24</p>

2. **NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO**

Per il presente lavoro sono state prese a riferimento le seguenti normative di legge:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le 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”
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988 “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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l’applicazione”.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p>	<p>Foglio 9 di 24</p>

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geologico l'opera in progetto si colloca nell'ambito geologico del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (BTLP).

Con il termine di "Bacino Terziario Ligure-Piemontese" viene indicato il complesso di sedimenti molassici terziari che costituiscono i rilievi collinari del settore sud orientale del Piemonte. Il margine meridionale del BTLP è costituito da una potente successione di rocce sedimentarie terrigene oligomioceniche relativamente poco deformate che riposa in discordanza su unità intensamente tettonizzate, di pertinenza sia alpina che appenninica, che ne rappresentano il substrato (Ghibaudo et al., 1985).

Le diverse unità del BTLP sono contraddistinte da formazioni conglomeratiche, arenacee e marnose che hanno mediamente giacitura monoclinale debolmente inclinata con immersione verso Nord / Nord-Ovest. Alcuni settori sono interessati da una tettonica di tipo fragile con faglie subverticali dal rigetto anche pluridecametrico.

La successione monoclinale, costituente il margine meridionale del bacino, è bruscamente troncata all'estremità orientale dalla linea Villalvernia-Varzi che la pone in contatto con i terreni deformati di pertinenza appenninica.

Il BTLP si raccorda, attraverso una scarpata marina, con il dominio identificato dalla deposizione delle Arenarie di Ranzano ed i suoi primi depositi sono di origine continentale e fluvio-lacustri (Brecce di Costa Cravara e Formazione di Pianfolco).

Queste Formazioni sono interessate, insieme alla porzione basale della Formazione di Molare, da fasi tettoniche tardive e devono quindi essere più propriamente considerate come tardo orogenetiche.

Con l'Oligocene si accentua la trasgressione del mare Padano, sino a raggiungere le propaggini estreme sud occidentali, interessando così le attuali rive del Mar Ligure. Il risultato dell'avanzamento marino è testimoniato dalla presenza dei conglomerati di Celle, Varazze, Cogoleto e Portofino.

La situazione morfologica caotica ed accidentata che caratterizza queste zone, causa la nascita di diversi ambienti di piattaforma, molto eterogenei tra di loro. Con il Miocene inizia la regressione marina facendo così emergere le porzioni continentali più meridionali: si assiste pertanto ad un innalzamento della catena montuosa ed al formarsi dello spartiacque Tirreno-Adriatico. Tutto ciò avviene in sincrono con la rototraslazione del blocco Sardo-Corso (Oligocene superiore-Miocene inferiore) che porta all'apertura dell'oceano Baleare-Ligure ed all'inarcamento della catena Alpina.

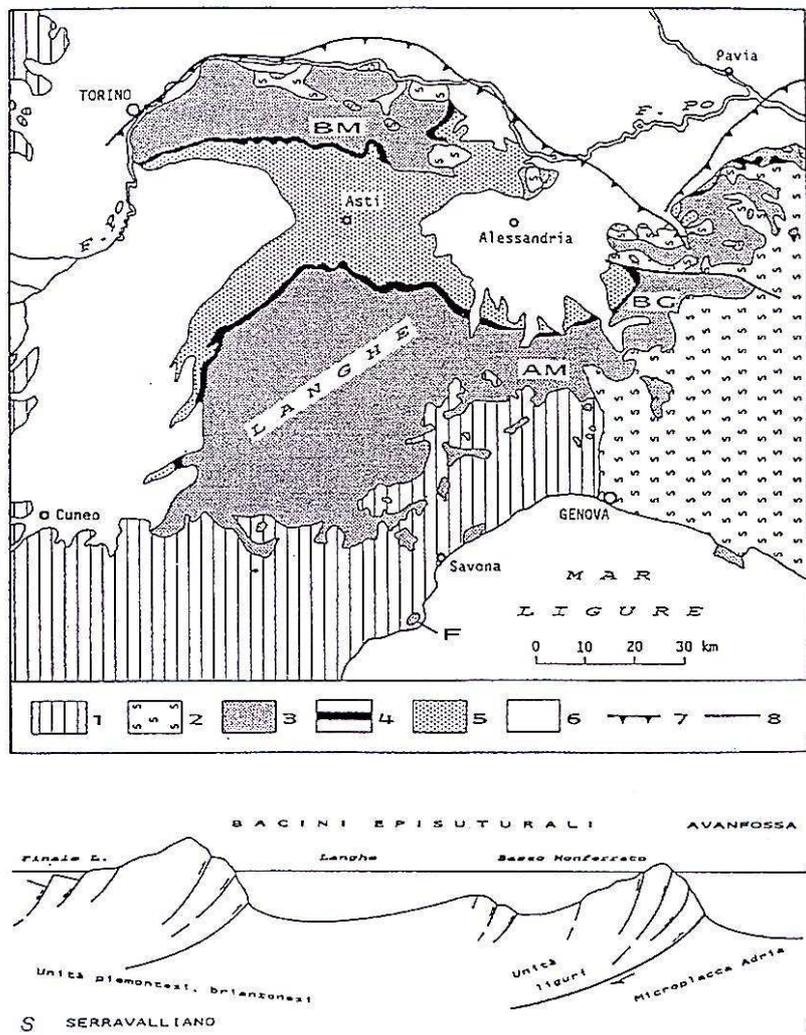


Figura 3.1 - Area di affioramento del BTLP e profilo schematico della situazione paleogeografica in età Serravalliana (da Gelati e Gnaccolini, 1988)

1) unità piemontesi, Brianzoni, etc; 2) unità liguri; 3) successione Eocene Sup. – Tortoniano; 4) Messiniano; 5) Pliocene; 6) depositi quaternari; 7) fronte dell'alloctono; 8) linea Villavernia . Varzi ; BM: Basso Monferrato; AM: Alto Monferrato; BG Area Borbera/Grue; F: Finale Ligure

Il BTLP partecipa passivamente a questi eventi facendosi trasportare come bacino di Piggyback. La successione sedimentaria prosegue quindi, con la deposizione delle marne di Cessole (Langhiano), arenarie di Serravalle (Serravalliano), marne di Sant'Agata Fossili (Tortoniano), conglomerati di Cassano Spinola e Formazione gessoso-solfifera (Messiniano); tutto ciò certifica una continua alternanza di trasgressioni e regressioni marine.

Alcuni termini del BTLP sono ricoperti in discordanza dai depositi alluvionali quaternari ascrivibili alle tre fasi deposizionali indicate con fl1 (fluviale antico), fl2 (fluviale medio) e fl3 (fluviale recente)

Si tratta di potenti successioni che presentano una granulometria scarsamente differenziata con una netta prevalenza di elementi grossolani (ghiaiosi) con assetto massivo o scarsamente stratificato a

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00	Foglio 11 di 24

cui si intercalano rari orizzonti lentiformi di modesto spessore costituiti da sabbie limose e limo-argillose modellati su diversi ordini di terrazzi a seguito dell'evoluzione morfodinamica del Torrente Scrivia.

Dal punto di vista litologico nella zona oggetto d'intervento ricadono:

- *depositi alluvionali recenti (fl3)*, rappresentati da ghiaie e sabbia in matrice sabbioso limosa con modesta alterazione superficiale;
- *Formazione di Costa Areata (fC)*, caratterizzata da alternanze più o meno regolari di strati marnoso-argillosi ed arenacei.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione delle principali litologie della zona oggetto d'intervento:

Formazione di Costa Areata (fC) (Burdigalliano – Langhiano)

Ad ovest della valle Scrivia, la Formazione di Costa Areata segue con normale contatto stratigrafico la Formazione di Rigoroso e passa con contatto in apparenza normale alle soprastanti Marne di Cessole. Ad Est della valle il contatto si presenta invece attraverso una discordanza erosionale che arriva ad elidere completamente le marne soprastanti.

La successione sedimentaria appare caratterizzata dalla associazione di due facies distinte: una pelitico-arenacea ed una marnoso-calcareo (Ghibaudo et al., 1985) in rapporto arenaria/marna <1.

La facies pelitico-arenacea è costituita da strati torbiditici (spessi da 10cm a 3m) con prevalenza della porzione pelitica. Le arenarie si presentano da medio-grossolane a molto fini con spessore medio pari a 20 cm mentre le peliti sono siltose, di colore grigio scuro e omogenee di spessore variabile e generalmente superiore ai corrispondenti livelli arenacei.

Le facies marnoso-calcareo, in livelli spessi da pochi cm a qualche decina di cm, si trovano intercalate negli strati pelitico arenacei sopra descritti. Si tratta di marne calcaree di spessore in media di 10-15 cm debolmente siltose, compatte, omogenee e con frattura concoide.



Figura 3.2 – Esempio di Marne in affioramento con patine di alterazione rossastre

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 12 di 24</p>

Gli strati, sia arenacei che marnosi, sono caratterizzati da ottima continuità laterale e non cambiano le loro caratteristiche (spessore, granulometria) per tutta l'estensione dell'area di studio.

Studiando le stratigrafie dei sondaggi relativi alla Formazione di Costa Areasa si sono ritrovate in profondità, le stesse caratteristiche osservabili in superficie. La formazione, nel complesso, è spesso oltre 1000m con immersione degli strati costante verso nord, in tutta l'area di affioramento, e con valori di inclinazione variabili da 20° a 30°.

Depositi alluvionali recenti (fl 3)

I depositi alluvionali recenti sono posizionati in aree prossime all'alveo del T. Scrivia e sono delimitati a est dallo stesso corso d'acqua e a ovest dall'orlo di terrazzo di Novi Ligure - Formigaro ad orientazione nord ovest-sud est.

Alla base di tale terrazzo doveva posizionarsi un paleocorso dello Scrivia che dalla zona di Serravalle raggiungeva e attraversava l'attuale centro di Pozzolo e da qui proseguiva verso ovest secondo un tracciato corrispondente all'attuale Rio di Castel Gazzo.

Lo spostamento successivo dell'alveo a est di Pozzolo e poi ancora verso est sino al raggiungimento della posizione attuale ha conformato questo tratto di pianura che si eleva, rispetto all'alveo attuale dello Scrivia, di 20 m nel tratto di monte (zona di Serravalle-Novì) e di 5 metri nel tratto di valle (tra Rivalta Scrivia e Tortona).

Dal punto di vista litologico il fluviale recente comprende terreni a granulometria grossolana con ghiaie nettamente prevalenti (70-80%) sulle sabbie (10-20%) e sulle parti più fini (limo+argilla) 10-20%.

Sulla base dei sondaggi e della composizione granulometrica dei sedimenti afferenti al fluviale fl3 è possibile individuare schematicamente due orizzonti principali: uno superficiale, esteso sino a 18-20 m di profondità, caratterizzato da percentuali di ghiaia nettamente superiori al 50% e percentuali di sabbia superiori alla componente limo-argillosa e uno profondo (al di sotto dei 18-20 m) ove ad una riduzione della percentuale di ghiaia si accompagna anche un incremento della frazione limo-argillosa che arriva a superare in percentuale quella sabbiosa

Gli aspetti morfologici del territorio sono essenzialmente in accordo con le condizioni climatiche attuali; non sono riconoscibili morfologie relitte riferibili ad andamenti climatici fortemente differenti, con particolare riferimento ai periodi glaciali.

A grande scala la zona si colloca nel tratto pedecollinare del bacino imbrifero del Torrente Scrivia ed è fisiograficamente caratterizzata dalla presenza di un vasto conoide alluvionale formatosi tra gli antichi conglomerati di Serravalle Scrivia, da un lato, e quelli di Stazzano - Cassano Spinola dall'altro. I terreni marginali all'attuale greto si sono depositati nell'Era Quaternaria in seguito alla migrazione del torrente da ovest verso est. Gli elementi di spicco del paesaggio sono costituiti dai terrazzamenti alluvionali che degradano verso nord costituiti da ghiaie più o meno grossolane, sabbie e limi che formano sedimenti stratiformi a terminazione lenticolare che, verso monte, poggiano su rocce marine più antiche costituenti il basamento appenninico.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p>	<p>Foglio 13 di 24</p>

Gli elementi geomorfologici principali sono costituiti prevalentemente da orli di terrazzo morfologico, a monte delle aree di intervento, e da scarpate naturali ed antropiche, non sono segnalati dissesti in atto o potenziali. Si segnala la presenza di un attraversamento di un corso d'acqua di II grado, affluente del T. Scrivia, che non rientra nelle classi di pericolosità degli studi di compatibilità tra lo strumento urbanistico ed il PAI.

Gli aspetti morfologici del territorio sono essenzialmente in accordo con le condizioni climatiche attuali; non sono riconoscibili morfologie relitte riferibili ad andamenti climatici fortemente differenti, con particolare riferimento ai periodi glaciali.

Le Formazioni marnose, molto diffuse in questa zona, danno luogo a forme dolci ed arrotondate, in particolar modo laddove i versanti costituiti da questo tipo di roccia hanno raggiunto attraverso movimenti successivi, angoli di equilibrio modesti, in prevalenza attorno ai 20°; ciò è testimoniato dalla modesta acclività dei colli che costeggiano la piana fluviale del Torrente Scrivia. Nei casi in cui, invece, le formazioni presentino strati più competenti e siano soggette ad azioni dilavanti di acque superficiali e incanalanti, si osserva una morfologia del paesaggio tipo Canyons con affioramenti della porzione più resistente e asportazione della parte più fine.

Per quanto riguarda le frane, i collassi di versante, le esondazioni ed i processi erosivi lungo i corsi d'acqua, si può affermare che questi fenomeni prendano solitamente l'avvio dal convergere di più fattori. Molti sono determinati da cause naturali, altri vedono il contributo dell'azione dell'uomo: i fattori scatenanti possono essere infatti legati a particolari aspetti geologici della zona e ad eventi idrometeorologici di eccezionale intensità; mentre in altri casi si osserva la marcata impronta dell'attività umana, con l'alterazione di equilibri a volte precari, l'eliminazione della vegetazione e di drenaggi naturali, l'edificazione in aree morfologicamente non idonee o la non corretta gestione del patrimonio forestale.

Le zone caratterizzate da roccia affiorante e sub-affiorante, ovvero interessate da una copertura detritica eluvio-colluviale sottile con spessori fino a 0.5-1 metro, è generalmente localizzabile sui versanti; mentre invece lungo la piana fluviale, gli spessori della coltre aumentano sensibilmente facendo registrare potenze >3 metri (coltri potenti).

Tutto ciò è giustificato dalle alluvioni, sia antiche sia recenti, che il Torrente Scrivia ha fornito, dando così origine anche a dei terrazzi fluviali di primo e secondo ordine. In particolar modo quelli di primo ordine, si riscontrano su entrambe le sponde del Torrente stesso, per praticamente lo sviluppo di tutto il suo percorso.

In generale gli ammassi rocciosi presenti sono caratterizzati da ridotte caratteristiche meccaniche, talché questi sono stati classificati come ammassi in scadenti condizioni di conservazione, alterati e/o particolarmente fratturati. In particolare, mentre per i litotipi a componente marnosa le ridotte caratteristiche litotecniche sono determinate prevalentemente da fenomeni di alterazione e dalla struttura poco coesiva degli ammassi, per i litotipi arenacei rilevante è l'influenza della fratturazione. Infatti, anche laddove l'andamento della giacitura degli strati arenacei risulta favorevole rispetto all'orientazione dei versanti, si registra comunque la presenza di diverse famiglie di fratture lungo le quali sono possibili cinematismi di blocchi isolati o di porzioni anche rilevanti dell'ammasso roccioso, che interessano gli strati più superficiali spesso alterati e decompressi.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p>Foglio 14 di 24</p>

Va sottolineato, infine, che l'elevata predisposizione alla disgregazione ed alterazione delle argilliti e delle marne, spesso non permette una distinzione netta tra il terreno di copertura ed il substrato roccioso. In tali terreni si può osservare la presenza di uno strato intermedio d'alterazione, il cappellaccio, talvolta di potenza elevata, le cui caratteristiche meccaniche sono scadenti e paragonabili a quelle dei terreni di copertura. Per quel che riguarda l'erosione ed il dilavamento dei versanti, si può ricordare che sono dovuti a molteplici cause, quali la natura del materiale, i fattori morfologici, i fattori climatici, il tipo di copertura vegetale ed i fattori antropici.

Nel territorio studiato sono intensi i processi erosivi dovuti alle acque dilavanti.

4. INDAGINI ESEGUITE

Per la definizione del quadro geotecnico dei terreni interagenti con l'opera a progetto di seguito si descrivono, sinteticamente, le indagini ad oggi eseguite e disponibili:

- Raccolta e ordinamento dei dati geotecnici relativi alle di Progetto Preliminare e di Progetto Definitivo;
- Osservazioni fornite dal rilevamento geologico di superficie;
- analisi dei sondaggi geognostici le cui profondità e posizioni relative al tracciato, sono riassunti nella tabella seguente

SONDAGGIO	C. INDAGINI	PROGR.	DIST. ASSE (m)		Q. p.c. (m s.l.m.)	PROF. (m)
AA301G029 - BH25 bis/PZ	2001-2002	26548,77	47.74	E	285,3267	50
AA301G030 - BH26 bis/PZ	2001-2002	27099,11	9.36	W	274,6224	70
AA301G031 - BH27	2001-2002	27771,35	27.01	E	277,7032	55
XA301G033 - BH29/PZ	2001-2002	28217,01	9.20	W	253,9527	60
7A301G032 - BH28IN	2001-2002	28182,56	2.72	W	260,2209	60
XA301V001	2001-2002	28284,96	15.21	E	246,4937	60
XA301V002	2001-2002	28415,08	55.38	E	239,9424	40
XA301V003	2001-2002	28617,99	58.73	E	230,0795	40
SC31	2004	28000.00			278,32	40

Tutte le indagini analizzate sono state eseguite utilizzando la tecnica del carotaggio continuo.

L'esame di tutti i dati scaturiti dai sondaggi ha evidenziato la seguente sequenza stratigrafica:

- presenza di una coltre detritica di spessore medio di 3 m
- spessore di 8 m circa costituito da depositi alluvionali recenti
- substrato alterato costituito da roccia allentata, detensionata e spesso profondamente alterata; il passaggio alla roccia sana, appartenente alla Formazione di Costa Areasa, avviene generalmente in maniera graduale.

Nei sondaggi sono state eseguite le seguenti prove ed attività di prelievo:

- Prelievo dei campioni per le prove di laboratorio
- Prove di permeabilità di tipo Lugeon e di Lefranc a carico variabile

Per quanto riguarda le prove di laboratorio sono state eseguite le seguenti determinazioni:

- analisi granulometriche,
- determinazione del contenuto naturale d'acqua

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 16 di 24</p>

- determinazione della massa volumica apparente,
- misura dell'indice Point Load Is (50),
- prove di compressione uniassiale, in controllo di deformazione per la misura del modulo tangente,
- prove di compressione triassiale,
- prove di trazione indiretta (tipo Brasiliana),
- prove di taglio diretto.

Infine, è stata eseguita una indagine geosismica a rifrazione, ad integrazione di tutte le informazioni fornite dai sondaggi:

- complessivamente sono state eseguite due linee sismiche, ubicate longitudinalmente e trasversalmente al tracciato ferroviario in progetto.

Per una migliore comprensione dell'esposizione delle risultanze ottenute dai rilievi geosismici si rimanda alla campagna di indagini integrative di Progetto Definitivo (Elab. A301-00-D-CV-RG-GE0001_005-B)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00 Foglio 17 di 24

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Per la descrizione e caratterizzazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera a progetto si sono presi a riferimento i dati e le considerazioni già svolte nel corso degli studi precedenti.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa con indicate le prove effettuate per ogni singolo sondaggio ed una seconda tabella di sintesi di tutti i risultati delle prove di laboratorio eseguite.

SONDAGGIO	C. INDAGINI	PROGR.	DIST. ASSE (m)		Q. p.c. (m s.l.m.)	PROF. (m)	PROVE IN ROCCIA	PROVE IN TERRENO	PROVE DI PERMEABILITA'		DILATOMETRICA (mPa)
									Lefranc	Lugeon	
AA301G029 - BH25 bis/PZ	2001-2002	26548,77	47,74	E	285,3267	50	X		-	3	
AA301G030 - BH26 bis/PZ	2001-2002	27099,11	9,36	W	274,6224	70	X		-	3	
AA301G031 - BH27	2001-2002	27771,35	27,01	E	277,7032	55	X		-	3	
XA301G033 - BH29/PZ	2001-2002	28217,01	9,20	W	253,9527	60	X		-	3	
7A301G032 - BH28IN	2001-2002	28182,56	2,72	W	260,2209	60	X		-	3	
XA301V001	2001-2002	28284,96	15,21	E	246,4937	60		X	1	2	
XA301V002	2001-2002	28415,08	55,38	E	239,9424	40		X	1	2	
XA301V003	2001-2002	28617,99	58,73	E	230,0795	40		X	1	2	
SC31	2004	28000,00			278,32	40				1	2



Descrizione	CAMP	Cospicua galleria (m)	Provenienza		W	Gs	e	porosità	Sr	ghiaia	sabbia	limo	argilla	L.L	L.P	I.P	I.C	Y	(Pu) I _{om} MPa	Taglio diretto c	Prove di compressione c	UX c	E _{tan} MPa	RESA TRAZ BRASALIANA MPa			
			da m	a m																							
AA301G029	Marna	45	10,45	19,60														23,74	4,68			28,60	26,25	5500	1,72		
AA301G029	Arenaria			23,47														24,29	1,18				16,90				
AA301G029	Marna			28,50														22,67	0,02				16,90				
AA301G029	Marna			30,47														22,54	0,02				17,67				
AA301G029	Marna			33,50														23,49	0,89				23,30			1,80	
AA301G029	Marna			36,05														23,00	0,81				12,07				
AA301G029	Marna			39,25														23,65	1,62				16,10				
AA301G029	Marna			43,25														23,44	1,02				21,48			1,57	
AA301G029	Marna			46,30														23,21	1,02				19,90				
AA301G030	Marna	25	11,25	11,40														0,13									
AA301G030	Marna			15,42														0,42									
AA301G030	Marna			19,52														0,22					7,00				
AA301G030	Marna			20,55		6,00												0,22									
AA301G030	Marna arenacea			23,10		9,43												26,66	0,21			9,60	0,5		3,30		
AA301G030	Marna arenacea			25,40														23,86	1,94				16,50				
AA301G030	Marna arenacea			28,45														23,76	0,82				13,40			1,96	
AA301G030	Marna arenacea			31,60														23,52	0,88				14,60				
AA301G030	Marna debolmente argillosa			35,05														23,01	0,42								
AA301G030	Marna debolmente argillosa			43,60														14,20									
AA301G030	Marna			45,10														17,80									
AA301G030	Marna			48,20														17,80									
AA301G031	Marna	1	15	8,24														22,78	0,47			8,78	1		6,04		1,16
AA301G031	Marna			15,05														22,64	0,68						8,04		
AA301G031	Marna			20,17														22,64	0,65						12,50		6,80
AA301G031	Marna			24,12														22,64	0,29						6,64		1,16
AA301G031	Marna			27,50														22,87	0,47						6,36		
AA301G031	Marna			30,10														24,03	1,72						16,02		3,00
AA301G031	Marna			32,36														22,25	0,09						12,70		1,53
AA301G031	Marna			35,06														22,71	0,63						11,30		7,00
AA301G031	Marna			40,20														23,13	0,81						13,60		
AA301G031	Marna			45,10														22,22	0,44						15,04		1018376
AA301G032	Marna			8,24														22,78	0,47			8,78	1		6,04		0,90
AA301G032	Marna			13,60														22,68	0,37						8,60		0,82
AA301G032	Marna			18,60														22,58	0,27			12,10	4		6,30		8,63
AA301G032	Marna			23,00														23,22	0,44			20,10	5		7,80		2,50
AA301G032	Marna			31,50														26,05	0,33						6,20		0,50
AA301G032	Marna			47,50														22,51	0,13			10,26	2		633		4,51
AA301G033	Marna	1	10	6,41														22,70	0,39			13,88	3		11,00		0,47
AA301G033	Marna			16,00														22,72	0,45						5,80		
AA301G033	Marna			21,50														22,72	0,48						7,60		1,23
AA301G033	Marna			26,40														22,72	0,48						8,70		1,38
AA301G033	Marna			31,10														22,82	0,38						3,60		4,39
AA301V001	Marna con sabbia e ciottoli lapidei	1	200	2,45	14,32	2,72	0,6	0,375	64,68	27,21	28,87	35,62	8,3	34	24	10	1,97	10,08				5,4	29,25				
AA301V001	Marna			6,90														22,30							5,09		
AA301V001	Marna			11,60														22,07							10,15		
AA301V001	Marna con livelli sabbiosi			19,00														22,92							10,52		
AA301V001	Marna con strati inclinati			28,00														25,21							20,33		
AA301V001	Marna			34,40														22,77							17,82		
AA301V001	Marna con strati inclinati			42,40														22,89							5,46		
AA301V001	Marna			51,00														23,10							11,22		
AA301V001	Marna			59,38														22,82							11,31		
AA301V002	Limone con sabbia	1	160	2,80	16,29	2,72	0,816	0,489	54,33	34,06	25,96	25,96	7,94	34	25	9		17,68					29,04	25,45			
AA301V002	Marna			6,90														22,70							8,13		
AA301V002	Marna			11,40														22,68							13,88		
AA301V002	Marna			19,35														22,96							8,57		
AA301V002	Marna			25,00														23,50							9,86		
AA301V002	Marna			31,00														23,37							10,45		
AA301V002	Marna			38,36														22,19							1,43		
AA301V003	Marna			5,40														22,19							1,43		
AA301V003	Marna			10,68														22,19							8,77		
AA301V003	Marna			19,50														23,62							10,70		
AA301V003	Marna			25,50														23,27							15,90		
AA301V003	Marna			30,75														23,97							8,31		
AA301V003	Marna			34,40														24,27							6,47		

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00	Foglio 19 di 24

Per la consultazione dei risultati delle prove, dei logs stratigrafici e dell'ubicazione dei sondaggi si rimanda agli elaborati geologici del progetto preliminare e definitivo della linea A.V.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici dei terreni da utilizzare nelle analisi numeriche

Formazione	Spessore medio (m)	Parametri
Coltre dertitica	0 - 3	$\gamma=19 \text{ KN/m}^3$
		$\phi=28^\circ$
		$c=30 \text{ KPa}$
		$E=30 \text{ MPa}$
Alluvioni recenti	3 - 10	$\gamma=20 \text{ KN/m}^3$
		$\phi=30^\circ$
		$c_u=10-20 \text{ KN/m}^3$
		$E=40 \text{ MPa}$

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 20 di 24</p>

6. CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Gli ammassi rocciosi sono stati analizzati tramite la classificazione di Bieniawski (1989) e la resistenza al taglio tramite il criterio di rottura di Hoek-Brown.

Il metodo Bieniawski (89) si basa sul rilievo di sei parametri geotecnici ad ognuno dei quali è assegnato un peso:

- R1 resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta
- R2 indice RQD
- R3 spaziatura delle discontinuità
- R4 condizioni delle discontinuità (rugosità, alterazione, apertura, riempimento, continuità)
- R5 condizioni idrauliche
- R6 orientamento delle discontinuità (favorevolezza delle giaciture rispetto all'opera da realizzare).

La classificazione definisce due valori dell'indice RMR:

- $RMR_{base} = R1+R2+R3+R4+R5$
- $RMR_{corretto} = R1+R2+R3+R4+R5+R6.$

In base al valore dell'indice RMR, gli ammassi rocciosi vengono suddivisi in cinque classi, per ciascuna delle quali viene indicata una stima di massima dell'angolo di attrito, della coesione, una valutazione della qualità e un giudizio sulle difficoltà di scavo degli ammassi stessi.

Il Criterio di rottura di Hoek e Brown, invece, per le discontinuità degli ammassi rocciosi è espresso dalla relazione:

$$\sigma'1 = \sigma'3 + \sigma_c [m (\sigma'3/\sigma_c) + s]^{0.5}$$

dove

$\sigma'1$ = sforzo efficace principale massimo alla rottura

$\sigma'3$ = sforzo efficace principale minimo alla rottura

σ_c = resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

m, s = costanti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Dalla precedente equazione si derivano le espressioni dei parametri di resistenza al taglio equivalenti all'involuppo dei cerchi di Mohr:

$$\tau = A \sigma_c [(\sigma'n - \sigma t m) / \sigma_c]$$

Dove

τ = tensione di taglio alla rottura

A, B = costanti del materiale

σn = sforzo normale efficace

$\sigma t m$ = resistenza a trazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00 Foglio 21 di 24

Le costanti m e s nella prima equazione, sono funzione dell'indice GSI (Geological Strength Index) che si può stimare dall'indice RMR di Bieniawski:

$$GSI = RMR_{base} - R5 + 10$$

6.1 Formazione di Costa Areasa

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri geotecnici assunti per le varie verifiche e calcoli Progettuali

Formazione	Parametri
Formazione Costa Areasa	$\gamma=21-23\text{KN/m}^3$ $\phi=25^\circ$ $c=50-200\text{ KPa}$ $E=500-1000\text{ MPa}$

6.1.1 Classificazione di Bieniawski

R1 ---- Resistenza compressione uniaxiale	: 20. MPa
R2 ---- RQD	: 40. %
R3 ---- Spaziatura discontinuità	: 0.2 m
R4a --- Lunghezza discontinuità	: 10 - 20 m
R4b --- Apertura discontinuità	: > 5 mm
R4c --- Rugosità	: Liscia
R4d --- Riempimento	: >5 mm mater. duro
R4e --- Alterazione	: Inalterata
R5 ---- Condizioni idrauliche	: Asciutto
R6 --- Orientamento discontinuità (fondazione)	: Sfavorevole
Stress orizzontale	: 0. MPa
Alterabilità della massa rocciosa	: Media resistenza all'alterazione

Risultato

	base	corretto
RMR	43	28
Classe	III	IV
Descrizione	Discreto	Scadente
ϕ (°)	26.5	19
c (KPa)	215	140
Ed (GPa)	6.68	2.82
Q index	0.895	0.169
RSR index	45.86	36.23

Hoek Brown Classification

sigci	20 MPa
GSI	38
mi	9
D	0

Hoek Brown Criterion

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-01-E-CV-RB-GA1U00 001 A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 22 di 24</p>

mb 0.983084
s 0.00101905
a 0.51302

Failure Envelope Range

Application General
sig3max 5 MPa

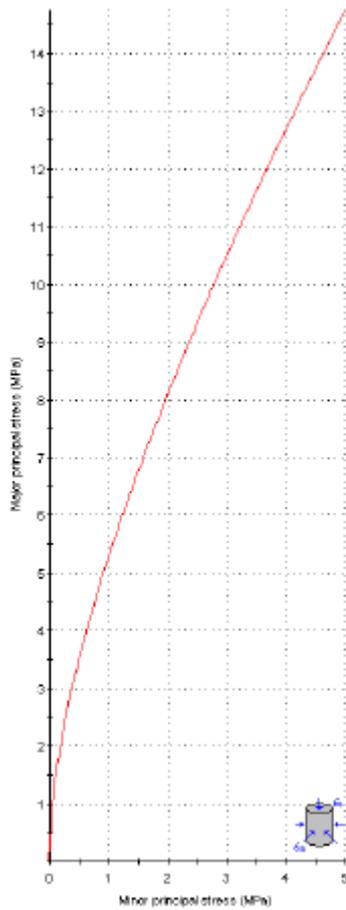
Mohr-Coulomb Fit

c 0.789139 MPa
φ 26.1207 degrees

Rock Mass Parameters

sigt -0.0207316 MPa
sigc 0.583677 MPa
sigcm 2.5317 Mpa
Em 2241.38 MPa

Analysis of Rock Strength using RocLab

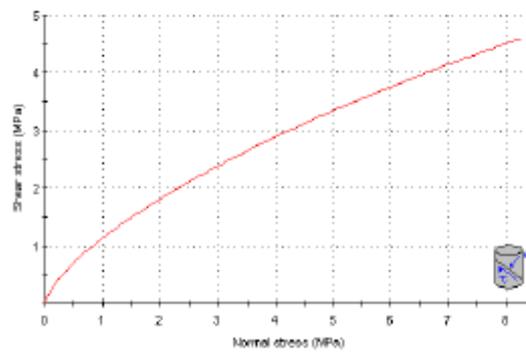


Rock-Brown Classification
 First uniaxial compressive strength = 20 MPa
 GSI = 38 mi = 9 Disturbance factor = 0

Rock-Brown Criterion
 $m_b = 0.863$ $s = 0.0010$ $a = 0.513$

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.789 MPa friction angle = 28.12 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.021 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.694 MPa
 global strength = 2.932 MPa
 modulus of deformation = 2241.35 MPa



6.1.2 Rilievo geostrutturale

Giaciture discontinuit 

337/53 - 304/10 - 225/32 - 338/18 - 330/28 - 310/35 - 314/30 - 325/25 - 294/28 - 310/32 - 300/30 - 273/43 - 310/20 - 310/35 - 305/36

Dati sclerometrici RS03

α	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Valore	38	40	16	20	15	15	20	10	15

Resistenza alla compressione: 20MPa

valore ottenuto dalla media aritmetica delle misurazioni, ad esclusione del valore pi  basso e del valore pi  alto, e ridefinito tramite un fattore correttivo che tenga conto dell'orientamento del martello.

Stereogramma con riportati i poli e i piani delle superfici di discontinuità

