

# “FAVAZZINA”

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio  
ad alta flessibilità

Comune di Scilla (RC)

COMMITTENTE



COORDINAMENTO / MANDANTE

STRATEGIES FOR WATER



Progettisti: Ing. Luigi Lorenzo Papetti

PROGETTAZIONE GEOTECNICA /  
MANDATARIA



Progettista: Ing. Luisella Vai

## Relazione geotecnica generale



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	PRIMA EMISSIONE	Aprile 2023	AC	LV	P.MACCHI

Codice commessa: 1422    Codifica documento: 1422-A-GD-R-01-0

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	1
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	2
2.1 Assetto stratigrafico .....	2
2.2 Assetto strutturale.....	3
2.3 Assetto geomorfologico .....	4
2.4 Assetto idrografico.....	6
2.5 Assetto idrogeologico .....	7
3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	8
3.1 Caratterizzazione geotecnica dei litotipi rocciosi .....	8
3.1.1 Gneiss occhiadini (Go) .....	9
3.1.2 Scisti biotitici (Sb) .....	10
3.1.3 Zone di faglia .....	11
3.2 Caratterizzazione geotecnica dei materiali sciolti.....	11
3.2.1 Sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareniti di Vinco (Sp).....	12
3.2.2 Depositi di origine fluvio-marina (Dat) .....	12
4. BIBLIOGRAFIA.....	13

## TABELLE

Tabella 3.1 – Gneiss occhiadini (Go) – Parametri della roccia intatta

Tabella 3.2 – Gneiss occhiadini (Go) – Valori di GSI

Tabella 3.3 – Gneiss occhiadini (Go) – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

Tabella 3.4 – Scisti biotitici (Sb) – Parametri della roccia intatta

Tabella 3.5 – Scisti biotitici (Sb) – Valori di GSI

Tabella 3.6 – Scisti biotitici (Sb) – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

Tabella 3.7 – Zone di faglia – Parametri della roccia intatta

Tabella 3.8 – Zone di faglia – Valori di GSI

Tabella 3.9 – Zone di faglia – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

Tabella 3.10 – Sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareniti di Vinco (Sp) – Parametri geotecnici

Tabella 3.11 – Depositi di origine fluvio-marina (Dat) – Parametri geotecnici

FIGURE

Figura 2.1 – Estratto della Carta Geologica (Elaborato 1422-A-CN-D-01)

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione è stata redatta per conto di FROSIO NEXT S.r.l. nell'ambito del progetto per autorizzazione di un sistema di accumulo idroelettrico situato nel comune di Scilla (RC). L'impianto in progetto prevede la realizzazione di un bacino artificiale in una zona rialzata (circa 600 m s.l.m.) sita in località Melia, di un'opera di presa di valle sita in località Favazzina e di un impianto di pompaggio delle acque dal mare verso il nuovo bacino.

Nel seguito, dopo alcuni richiami alla geologia dell'area (Capitolo 2), si riporta la caratterizzazione geotecnica dei litotipi interessati dalle opere in progetto (Capitolo 3).

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nel seguito si riportano in sintesi le principali caratteristiche geologiche dell'area di studio. Per una descrizione più approfondita si rimanda alla Relazione "Studio dell'assetto geologico-strutturale, geomorfologico, e della fagliazione superficiale nell'area di Scilla-Bagnara Calabra-Melia" (Elaborato 1422-A-CN-R-01), nonché alla Carta Geologica (Elaborato 1422-A-CN-D-01-0), alla Carta Geomorfologica (Elaborato 1422-A-CN-D-02) e alla Carta dei dissesti (Elaborato 1422-A-CN-D-03).

Nella Figura 2.1 è riportato un estratto della Carta Geologica (Elaborato 1422-A-CN-D-01).

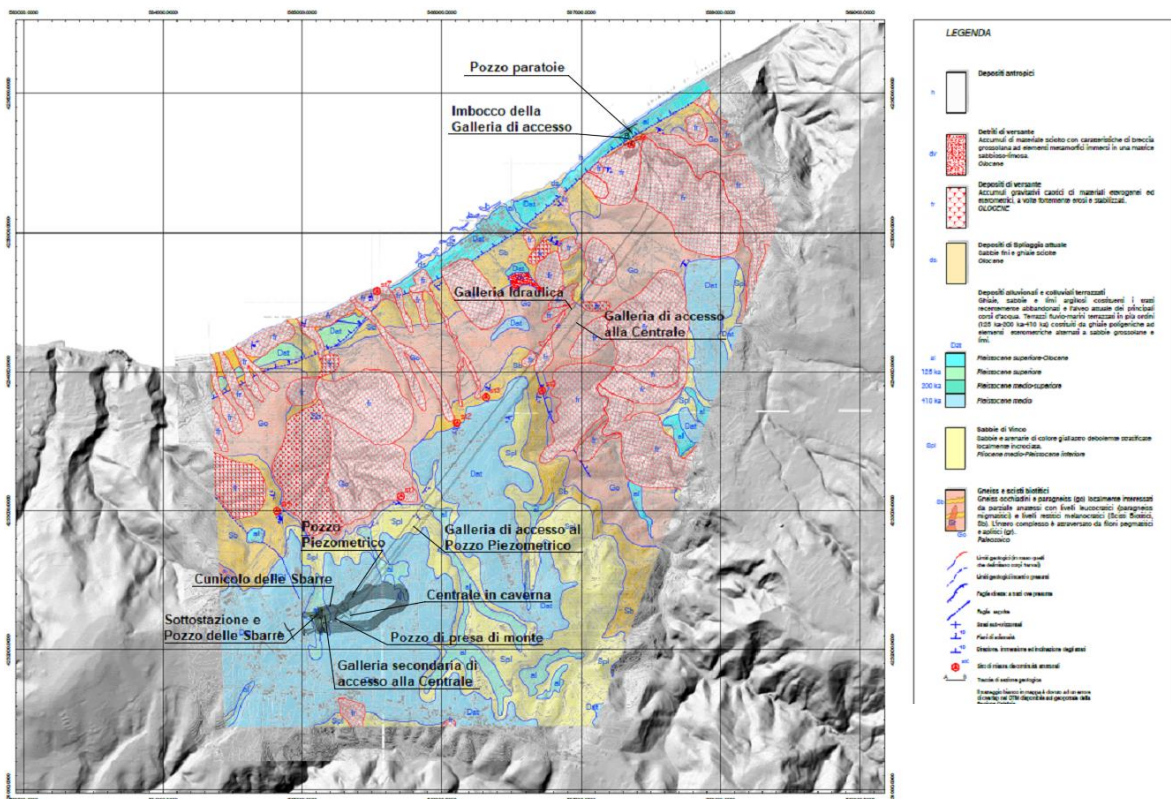


Figura 2.1 – Estratto della Carta Geologica (Elaborato 1422-A-CN-D-01)

### 2.1 Assetto stratigrafico

Le rocce affioranti consistono principalmente in terreni di natura metamorfica e in subordine sedimentaria. I primi affiorano estesamente nel settore centro-settentrionale ed orientale dell'area investigata e appartengono essenzialmente all'Unità Aspromonte-Peloritani (APU) di età Paleozoica. Nell'area investigata, l'Unità è caratterizzata da un complesso metamorfico in cui si alternano **gneiss occhiadini** (Go nella Carta Geologica

– Elaborato 1422-A-CN-D-01) e paragneiss localmente interessati da parziale anatessi (paragneiss migmatitici) con formazione di livelli leucocratici (maggior concentrazione di quarzo e feldspati) e livelli restitici melanocratici (maggior concentrazione di biotiti), riportati nella relazione geologica (Elaborato 1422-A-CN-R-01) come **Scisti biotitici** (Sb nella Carta Geologica – Elaborato 1422-A-CN-D-01). I contatti di base e tetto tra le diverse facies metamorfiche ed il loro spessore non sono ben determinabili sul terreno a causa dell'intensa tettonizzazione subita e dei rapporti di natura prevalentemente intrusiva e/o sfumata tra i veri termini riconosciuti.

Le metamorfite osservate tra contrada Roccata e Cozzo Indice presentano generalmente una fitta foliazione (localmente piegati) la cui giacitura media è 160/46.

L'intero complesso è attraversato da intrusioni pegmatitiche e aplitiche di spessore variabile fino al metro. Le intrusioni, generalmente sub-verticali, tendono a disporsi parallele alla foliazione quando incontrano livelli di debolezza all'interno della stessa.

Nel settore meridionale il basamento metamorfico è ricoperto in discordanza da una successione di **sabbie e areniti** (Sp nella Carta Geologica – Elaborato 1422-A-CN-D-01-0) potente fino a 50 m, alla quale si intercalano livelli spesso lentiformi di ghiaie e conglomerati. La successione presenta perlopiù assetto sub-orizzontale con stratificazione interna da piano-parallela a incrociata. Sulla base dei caratteri stratigrafico-tessiturali, la successione coinciderebbe con le **Calcareniti di Vinco** diffusamente affioranti nel settore Ionico (Fogli CARG 590, Taurianova e 603, Bovalino) alla medesima quota.

I sedimenti più recenti riconosciuti nell'area consistono in **depositi di origine fluvio-marina** terrazzati in più ordini (Dat nella Carta Geologica – Elaborato 1422-A-CN-D-01). Nel settore meridionale dell'area, sul grande terrazzo di Melia, i depositi terrazzati poggiano in discordanza sia sul basamento cristallino che sulle sabbie dell'unità Sp e sono essenzialmente costituiti da sabbie grossolane con sottili livelli di ghiaie. Localmente (ad Est di località Aquile), alla base della sequenza terrazzata descritta, si rinvengono orizzonti conglomeratici spessi fino ad un metro. La parte sommitale del deposito si presenta generalmente pedogenizzata (~ 1 m) ed appare come una sabbia grossolana di colore scuro.

## 2.2 Assetto strutturale

Nell'ambito della presente fase progettuale sono stati eseguiti (a cura dell'Università di Napoli e dell'Università di Catania) rilievi geostrutturali al fine di definire le condizioni strutturali del basamento cristallino i cui risultati sono esposti nella relazione geologica (Elaborato 1422-A-CN-R-01).

In generale, le strutture analizzate (faglie e fratture) si sono propagate successivamente alla messa in posto delle unità cristalline tagliando la foliazione metamorfica la quale presenta nell'area una immersione media verso SO di circa 45° con assi di piega inclinati verso NO di circa 10°. I dati strutturali (direzione, immersione ed indicatori cinematici) sono stati misurati in sette siti in prossimità della galleria idraulica considerati di interesse per la caratterizzazione strutturale del sottosuolo in considerazione delle opere previste in sottosuolo. Le faglie e fratture analizzate sono strutture di minore entità che non sembrano interessare i terreni Plio-Pleistocenici (sabbie marine e depositi continentali) e pertanto è possibile associare queste strutture a fasi tettoniche antiche e non più attive.

I rilievi eseguiti indicano che le strutture più frequenti sono rappresentate da fratture coniugate (spaziatura circa 0.2 – 1 m) distribuite su due set principali; il primo è orientato circa NE-SO e il secondo è orientato circa NNO-SSE. Le faglie osservate nell'area non presentano una significativa continuità geometrica e la loro traccia sul terreno non è sempre evidente. Nei settori dove le strutture tettoniche esibiscono piani di rottura evidenti, le stesse presentano cinematismi da normali ad obliquo-destre e mostrano direzione prevalente NE-SO e NO-SE rispettivamente. Le strutture trascorrenti riconosciute (faglia di Serra Indice e faglia di Vallone Scico), mostrano una orientazione variabile da NO-SE a NNO-SSE cui si associano strutture a movimento sinistro che risultano orientate prevalentemente secondo la direzione NE-SO.

I sistemi di faglie e fratture sopra descritti sono considerati le più recenti strutture deformative nell'area. Il basamento metamorfico risulta affetto da piegamenti con assi prevalenti leggermente immergenti verso NO, clivaggi e strutture inverse (coassiali alle pieghe) relitte, probabilmente derivanti dalle fasi compressive Ercinica e Alpina.

Successivamente, una prima fase estensionale è testimoniata da strutture normali a basso angolo che sono state, in ultima fase, riprese dalla deformazione più recente. Tali strutture interessano diffusamente il basamento cristallino e possono presentare fasce cataclastiche spesse fino al metro.

### **2.3 Assetto geomorfologico**

L'assetto geomorfologico dell'area investigata è caratterizzato da un rilievo variabile da collinare, nella parte a nord, a sub-pianeggiante nel settore a sud con forme risultanti principalmente dal modellamento del paesaggio ad opera dell'azione fluivo-marina e in subordine dai dissesti gravitativi.

Il modellamento è stato favorito dall'intenso grado di deformazione che caratterizza le rocce affioranti. Gli sforzi tettonici multifase legati alla lunga e complessa storia geologi-

ca del settore analizzato e le deformazioni subite dalle successioni rocciose hanno infatti favorito il degradamento, a luoghi significativo, delle caratteristiche meccaniche (coesione e angolo di resistenza al taglio) delle stesse con significativo aumento del loro grado di erodibilità.

Durante il Pleistocene, la morfogenesi del paesaggio appare controllata dalle variazioni climatiche nelle quali l'azione del mare ha rimodellato il paesaggio, già in via di emersione per il sollevamento regionale di lungo termine, con lo sviluppo di superfici terrazzate sub-pianeggianti oggi preservate a diverse altezze topografiche. Infine, l'emersione dell'area e il conseguente instaurarsi di un reticolo idrografico hanno portato allo sviluppo della morfologia attuale dove l'evoluzione di sistemi fluvio-torrentizi ha rimodificato significativamente il paesaggio producendo una sensibile varietà di forme. Queste ultime sono legate all'instaurarsi di processi di erosione selettiva in relazione al differente grado di erodibilità dei litotipi affioranti cui si associano forme legate all'azione fluviale e alla forza di gravità. Il progressivo approfondimento del reticolo idrografico e l'evoluzione dei bacini idrografici sottesi hanno creato condizioni di instabilità morfologica con lo sviluppo ed evoluzione di complessi fenomeni franosi più o meno estesi. Questi sono oggi diffusi principalmente lungo i settori a più elevata acclività, in genere corrispondenti alle sponde di incisioni torrentizie e/o fluviali (v. Carta Geomorfologica – Elaborato 1422-A-CN-D-02).

In linea generale, l'area investigata è suddivisibile in due principali tipi di paesaggio morfologico dominati da forme nettamente diverse. Il settore meridionale è caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante corrispondente al terrazzo fluvio-marino più antico riconosciuto nell'area oggi sollevato e preservato alla quota di circa 600 m s.l.m. Si tratta di un pianoro esteso per circa 5 km<sup>2</sup> (Piani di Melia-Nucillari-Aquile), debolmente inclinato verso Nord e spesso rimodellato alla sommità dall'attività agricola. Il pianoro è interrotto verso Est dall'incisione fluviale della Fiumara di Favazzina ed è spesso bordato da orli di scarpate relitte di origine fluviale alte fino a 2-3 m. Morfologie sub-pianeggianti, corrispondenti al terrazzo fluvio-marino dell'ultimo interglaciale, sono state riconosciute lungo il settore costiero (località Forio e Favagrega), immediatamente a monte della S.S. 118, dove le stesse risultano preservate alla quota di circa 150 m s.l.m. Tra il settore costiero e il terrazzo più antico (piani di Melia) si estende una fascia, larga circa 1.5 km, caratterizzata da una tipica morfologia collinare con versanti inclinati tra 30° e 45°.

L'area presenta morfologie piuttosto articolate in relazione all'azione erosiva dei corsi d'acqua che, per progressivo incassamento del reticolo idrografico entro le successioni cristalline fortemente fratturate e alterate, ha dato origine ad una serie di incisioni vallive (es. Vallone Candoleo e Vallone Scico) tipicamente con forma a V (sistema fluviale confinato), profonde in media 150-200 m, e separate da strette linee di spartiacque (creste) orientate NO-SE. I bacini idrografici sottesi presentano fianchi inclinati mediamente di 35° con versanti in evoluzione morfologica caratterizzati da scarpate con indizi di erosione



attiva e ampi settori in disequilibrio morfologico (v. Carta Geomorfologica – Elaborato 1422-A-CN-D-02). Il settore orientale dell'area investigata è invece caratterizzato morfologicamente dalla valle della Fiumara di Favazzina, un'ampia incisione fluviale orientata circa N-S, ampia circa 1.3 km, e profonda in media 400 m. L'incisione fluviale è caratterizzata da fianchi inclinati in media di 35°, interrotti localmente da scarpate, da sub-circolari a rettilinee, a più elevata pendenza (45-90°), che appaiono tuttora in evoluzione (arretramento). Nella parte più a Nord del sistema fluviale, le sponde della fiumara sono interessate da estesi fenomeni franosi a diversa tipologia di movimento. Più a Est, morfologie articolate si rinvergono anche lungo l'incisione valliva del Torrente Rustico dove le sponde, inclinate di circa 30°, sono anch'esse affette da disequilibrio morfologico.

L'analisi in ambiente GIS del modello altimetrico digitale (DTM) disponibile per l'area (Regione Calabria) ha consentito un'analisi più accurata della distribuzione delle pendenze e dell'esposizione dei versanti. In generale, l'area investigata è caratterizzata da inclinazioni medie di circa 25° ma può raggiungere valori di pendenza elevati (circa 75°) lungo le sponde fluviali dei sistemi fluviali descritti. I versanti sono principalmente esposti verso Nord-Ovest.

## 2.4 Assetto idrografico

Nonostante le analogie litologiche, pluviometriche e plano-altimetriche che accomunano i sistemi di drenaggio presenti nell'area in un'unica fascia fisiografica, l'assetto idrografico è caratterizzato da *pattern* del tutto differenti probabilmente in relazione al differente grado di erodibilità/permeabilità del substrato sul quale i sistemi stessi si sono impostati. Con esclusione della Fiumara di Favazzina, i corsi d'acqua presentano bacini idrografici sottesi di modesta estensione. Il bacino che sottende il Vallone Scico, nel settore occidentale dell'area investigata, esibisce un *pattern* idrografico sub-dendritico con asta principale rettilinea e con affluenti solo sul fianco in destra idrografica. Il Vallone Condoleo, immediatamente ad Est del Vallone Scico, è invece caratterizzato, nella parte a monte, da *pattern* delle aste idrografiche di tipo dendritico e ben gerarchizzato fino al IV ordine.

*Pattern* di tipo lineare o debolmente convergenti caratterizzano invece alcune incisioni vallive tra le località Favagrega e Cinquina sul versante che degrada verso la costa nel settore settentrionale dell'area studiata. Nella parte orientale dell'area studiata, la Fiumara di Favazzina, il cui bacino si estende nell'entroterra aspromontano oltre i 1200 metri di altitudine, si sviluppa con un *pattern* idrografico ramificato con tratto terminale tipicamente meandriforme e foce nettamente a delta. Lo stesso *pattern* caratterizza il bacino idrografico del torrente Mancusi al margine nord-orientale dell'area investigata.

## 2.5 Assetto idrogeologico

Di seguito si forniscono alcune informazioni di tipo qualitativo sul grado di permeabilità delle successioni sedimentarie e metamorfiche affioranti nel settore investigato e sulla giacenza della superficie di falda per come dedotta da studi storici condotti nell'area. In generale, la permeabilità dei terreni presenti nell'area in esame varia in relazione alle caratteristiche tessiturali e al grado di fratturazione delle rocce per cui si ha permeabilità primaria (per porosità) nei terreni sedimentari granulari e secondaria (per fessurazione) nelle metamorfiti.

In accordo con le indicazioni riportate nella legenda della Carta geologica della Calabria in scala 1:25.000, la permeabilità delle formazioni affioranti può essere distinta come segue:

- depositi ghiaioso-sabbiosi della fascia costiera attuale: permeabilità alta per porosità primaria
- depositi sabbiosi-ghiaiosi che formano i terrazzi marini pleistocenici: permeabilità generalmente medio-alta per porosità primaria
- depositi calcarenitico-sabbiosi: permeabilità generalmente media per porosità primaria
- metamorfiti del substrato: permeabilità bassa per fessurazione, che può divenire elevata soprattutto nelle zone più intensamente fratturate.

In funzione dell'assetto stratigrafico e delle caratteristiche strutturali dell'area, si possono quindi individuare due tipologie di acquiferi principali:

1. acquiferi con falda libera (falda freatica), senza alcuna protezione superficiale, costituiti dai depositi marini e continentali dei terrazzi pleistocenici; tali acquiferi hanno nell'area uno scarso interesse idrogeologico sia per la limitata estensione delle aree di alimentazione, sia per il carattere stagionale dei deflussi
2. acquiferi in falda libera o anche in partimenti confinati, contenuti nel substrato roccioso; quelli posizionati entro i primi 50 m hanno un carattere locale e sono molto discontinui, mentre quelli che si sviluppano lungo le fasce tettonizzate possono fornire discreti apporti ma destinati rapidamente ad esaurirsi in caso di improvvise depressioni.

In accordo al Piano di Gestione delle Acque del distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (III Ciclo 2021-2027, <https://www.distrettoappenninomeridionale.it>), nell'area investigata è segnalato un CISS (corpi idrico sotterraneo significativo) denominato P-REC Piana di Reggio Calabria (acquiferi tipo D: Depositi di Piane alluvionali e Fluvio-Lacustri) soggetto a monitoraggio. Tuttavia, la perimetrazione del corpo sotterraneo alluvionale, per come riportata nel Piano di Gestione delle Acque, includerebbe tutta l'area investigata ivi compresi i terreni del complesso metamorfico. Nell'area investigata, invece, i depositi di piane alluvionali mappati lungo la fascia costiera hanno estensione limitata e spessori modesti per cui si ritiene improbabile l'occorrenza di un corpo idrico significativo all'interno di essi.

### 3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica ha riguardato i litotipi descritti nella caratterizzazione geologica:

- litotipi rocciosi:
  - Gneiss occhiadini (Go)
  - Scisti biotitici (Sb)
- litotipi di terreno sciolto:
  - sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareni di Vinco (Sp)
  - depositi di origine fluvio-marina (Dat).

Sono inoltre stati definiti i parametri geotecnici delle zone di faglia, considerate come unità geotecnica a sé stante in ragione della minore resistenza a compressione monoassiale associabile a tale unità, per effetto dell'alterazione spinta riscontrata in corrispondenza delle strutture tettoniche in esame.

#### 3.1 Caratterizzazione geotecnica dei litotipi rocciosi

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi rocciosi è stata condotta in riferimento a un mezzo continuo equivalente, omogeneo ed isotropo, con modello costitutivo elastoplastico ideale, le cui caratteristiche di resistenza sono quantificate in riferimento al criterio non lineare di Hoek-Brown (Hoek e Brown, 1988; Hoek et al., 2002), espresso dalla relazione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \cdot \left( m_b \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (3-1)$$

essendo  $m_b$ ,  $s$  e  $a$  dei fattori di scala legati all'indice GSI (Geological Strength Index) e definiti, rispettivamente, mediante le seguenti espressioni empiriche:

$$m_b = m_i \cdot e^{\left( \frac{GSI-100}{28-14D} \right)} \quad (3-2)$$

$$s = e^{\left( \frac{GSI-100}{9-3D} \right)} \quad (3-3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3-4)$$

dove:

- $m_i$  è un parametro che consente di rappresentare l'incremento di resistenza al crescere della pressione di confinamento laterale  $\sigma_3$  e viene ricavato dall'interpretazione di prove a compressione triassiale e monoassiale in laboratorio
- $\sigma_{ci}$  è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, ricavabile da prove di laboratorio

- D è il grado di disturbo dell'ammasso roccioso, assunto uguale a 0.

I valori del modulo di deformabilità  $E_d$  dei litotipi rocciosi sono stati ricavati in funzione dell'indice GSI secondo la seguente relazione di Hoek e Diederichs (2006):

$$E_d = E_i \cdot \left( 0.02 + \frac{1-D/2}{1 + e^{((60+15 \cdot D - GSI)/11)}} \right) \text{ (GPa)} \quad (3-5)$$

dove:

- $E_d$  è il modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso;
- $E_i$  è il modulo elastico della roccia intatta, ricavabile da prove di laboratorio o mediante la seguente relazione (Hoek e Diederichs 2006):

$$E_i = MR \cdot \sigma_{ci} \text{ (MPa)} \quad (3-6)$$

dove MR, parametro funzione della litologia e della tessitura della roccia, è tratto da letteratura.

Il parametro D è assunto uguale a 0.

Nel seguito si riportano, per i due litotipi rocciosi di interesse e per le zone di faglia, le caratteristiche geomeccaniche della roccia intatta e il valore di GSI, per poi definire, come sopra esposto, le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

### 3.1.1 Gneiss occhadini (Go)

Non disponendo di prove di laboratorio su questo materiale i parametri della roccia intatta sono stati determinati facendo riferimento a dati di letteratura e a esperienze di lavori su materiali analoghi, giungendo ai valori riportati nella seguente Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Gneiss occhadini (Go) – Parametri della roccia intatta

	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$ (-)	MR (-)	$E_i$ (GPa)
Valori medi	70	25	525	36.75
Valori minimi	30	25	525	15.75

Per il GSI si sono considerati i valori riportati nella seguente Tabella 3.2

Tabella 3.2 – Gneiss occhiadini (Go) – Valori di GSI

	<b>GSI (-)</b>
Valore medio	60
Valore minimo	40

Dati i valori di GSI (v. Tabella 3.2) e i parametri della roccia intatta (v. Tabella 3.1), utilizzando le relazioni (3-2), (3-3), (3-4) e (3-5) sono stati definiti i parametri geotecnici dell'ammasso roccioso riportati nella Tabella 3.3 dove è indicato anche il valore del peso di volume ( $\gamma$ ).

Tabella 3.3 – Gneiss occhiadini (Go) – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

	$\gamma$ ( <b>kN/m<sup>3</sup></b> )	$E_i$ ( <b>GPa</b> )	$\sigma_{ci}$ ( <b>MPa</b> )	$m_i$ (-)	<b>GSI</b> (-)	$m_b$ (-)	$s$ (-)	$a$ (-)	$E_d$ ( <b>GPa</b> )
Valori medi	26.5	36.75	70	25	60	5.991	0.0117	0.503	19.11
Valori minimi	26.5	15.75	30	25	40	2.933	0.0013	0.511	2.50

### 3.1.2 Scisti biotitici (Sb)

Non disponendo di prove di laboratorio su questo materiale i parametri della roccia intatta sono stati determinati facendo riferimento a dati di letteratura e a esperienze di lavori su materiali analoghi, giungendo ai valori riportati nella seguente Tabella 3.4.

Tabella 3.4 – Scisti biotitici (Sb) – Parametri della roccia intatta

	$\sigma_{ci}$ ( <b>MPa</b> )	$m_i$ (-)	<b>MR</b> (-)	$E_i$ ( <b>GPa</b> )
Valori medi	50	12	675	33.75
Valori minimi	30	12	675	20.25

Per il GSI si sono considerati i valori riportati nella seguente Tabella 3.5

Tabella 3.5 – Scisti biotitici (Sb) – Valori di GSI

	<b>GSI (-)</b>
Valore medio	60
Valore minimo	30

Dati i valori di GSI (v. Tabella 3.5) e i parametri della roccia intatta (v. Tabella 3.4), utilizzando le relazioni (3-2), (3-3), (3-4) e (3-5) sono stati definiti i parametri geotecnici dell'ammasso roccioso riportati nella Tabella 3.6 dove è indicato anche il valore del peso di volume ( $\gamma$ ).

Tabella 3.6 – Scisti biotitici (Sb) – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_i$ (GPa)	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$ (-)	<b>GSI</b> (-)	$m_b$ (-)	$s$ (-)	$a$ (-)	$E_d$ (GPa)
Valori medi	24	33.75	50	12	60	2.876	0.0117	0.503	17.55
Valori minimi	24	20.25	30	12	30	0.985	0.0004	0.522	1.65

### 3.1.3 Zone di faglia

Per le zone di faglia sono stati assunti i parametri riportati nelle Tabelle 3.7, 3.8 e 3.9 seguenti.

Tabella 3.7 – Zone di faglia – Parametri della roccia intatta

$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$ (-)	<b>MR</b> (-)	$E_i$ (GPa)
25	25	525	13.125

Tabella 3.8 – Zone di faglia – Valori di GSI

<b>GSI</b> (-)
20

Tabella 3.9 – Zone di faglia – Parametri geotecnici della roccia intatta e dell'ammasso roccioso

$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_i$ (GPa)	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$ (-)	<b>GSI</b> (-)	$m_b$ (-)	$s$ (-)	$a$ (-)	$E_d$ (GPa)
24	13.125	25	25	20	1.436	0.0001	0.544	0.6

## 3.2 Caratterizzazione geotecnica dei materiali sciolti

La caratterizzazione geotecnica di questi materiali sciolti è stata condotta in riferimento a un mezzo continuo equivalente, omogeneo ed isotropo, con modello costitutivo

elasto-plastico ideale, le cui caratteristiche di resistenza sono quantificate in riferimento al criterio lineare di Mohr-Coulomb, espresso dalla relazione:

$$\tau = c' + \sigma'_n \cdot \tan \phi' \quad (3-7)$$

dove:

- $\tau$  = tensione tangenziale sul piano di taglio
- $\sigma'_n$  = tensione efficace normale al piano di taglio
- $c'$  = coesione efficace

Nel seguito si riporta la caratterizzazione geotecnica dei due litotipi di materiale sciolto presenti nell'area di studio.

### 3.2.1 Sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareniti di Vinco (Sp)

Non sono disponibili prove geotecniche su questi materiali. Con riferimento a dati di letteratura e a esperienze di lavori su materiali analoghi e considerando la composizione di questo materiale sono stati assunti i parametri geotecnici riportati nella Tabella 3.10.

Tabella 3.10 – Sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareniti di Vinco (Sp) – Parametri geotecnici

<b>Litotipo</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>E (MPa)</b>	<b>c' (kPa)</b>	<b><math>\phi'</math> (°)</b>
Sabbie e areniti appartenenti alla formazione delle Calcareniti di Vinco (Sp)	20	120	10÷20	37÷38

### 3.2.2 Depositi di origine fluvio-marina (Dat)

Non sono disponibili prove geotecniche su questi materiali. Con riferimento a dati di letteratura e a esperienze di lavori su materiali analoghi e considerando la composizione di questo materiale sono stati assunti i parametri geotecnici riportati nella Tabella 3.11.

Tabella 3.11 – Depositi di origine fluvio-marina (Dat) – Parametri geotecnici

<b>Litotipo</b>	<b><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>E (MPa)</b>	<b>c' (kPa)</b>	<b><math>\phi'</math> (°)</b>
Depositi di origine fluvio-marina (Dat)	19	10	5	33÷34

#### **4. BIBLIOGRAFIA**

Hoek E.; Brown E.T. (1980). "Empirical strength criterion for rock masses". J. of Geotechnical Engng., ASCE, Vol. 106, No. GT9, pp. 1013-1035

Hoek E., Brown E.T. (1988). "The Hoek-Brown failure criterion - a 1988 update". Proc. 15<sup>th</sup> Can. Rock Mechanics Symp., University of Toronto, pp. 31-38

Hoek E.; Brown E.T. (1997). "Practical estimates of rock mass strength". Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 34, No 8, pp. 1165-1186

Hoek E. (2002) "A brief history of the development of the Hoek-Brown failure criterion"

Hoek E.; Carranza-Torres C.; Corkum B. (2002) "Hoek-Brown failure criterion – 2002 edition". Proc. North American Rock Mechanics Society meeting, Toronto, July 2002, pp. 267-273

Hoek E., Diederichs M.S. (2006). "Empirical estimation of rock mass modulus" International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 43, pp. 203-215

Marinos P., Hoek E. (2000). "GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation". Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne, CD-Rom