

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)

SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)

COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)

SACYR S.A.U. (MANDANTE)

ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)

A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA PRO GLOBAL Dott. Ing. B. Polifroni Ordine Ingegneri Reggio Calabria n° A1845</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
 <p>Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p>			

<p><i>Unità Funzionale</i> COLLEGAMENTI VERSANTE CALABRIA <i>Tipo di sistema</i> CANTIERI <i>Raggruppamento di opere/attività</i> SITI DI STOCCAGGIO - CAVE <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> SITI DI RECUPERO AMBIENTALE – SD.19 <i>Titolo del documento</i> CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">CZ0150_F0</div>
--	--	--

CODICE	C	G	1	4	0	0	P	R	X	D	C	C	Z	C	4	S	D	1	9	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	SURACE	F.FEDELE	S.FEDELE

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

INDICE

1.	Ubicazione geografica	7
2.	Inquadramento geomorfologico generale.....	9
2.1	Inquadramento geomorfologico dell'area d'intervento.....	9
2.2	Analisi dei fenomeni evolutivi in atto	11
3.	Inquadramento geolitologico	13
4.	Circolazione idrica superficiale.....	17
5.	Circolazione idrica sotterranea.....	19
6.	Inquadramento tettonico e sismicit� del territorio	21
7.	Inquadramento nella cartografia P.A.I.	23
8.	Assetto strutturale	25
9.	Analisi dei risultati delle indagini.....	25
9.1	Sondaggio a carotaggio continuo.....	27
9.2	Prove S.P.T. in foro	27
9.3	Prove penetrometriche dinamiche pesanti	28
9.4	Prospezione sismica.....	29
10.	Modello geotecnico del sottosuolo.....	31
11.	Valutazione dei parametri geotecnici	33
11.1	Metodologia di elaborazione.....	33
11.2	Valori dei parametri geotecnici da prove SCPT.....	34
11.3	Valori dei parametri geotecnici da prove SPT in foro	35
12.	Classificazione sismica del sottosuolo.....	37
13.	Considerazioni conclusive	39

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Premessa

La presente relazione geologico – tecnica è stata redatta per il “*Progetto Definitivo Deposito Materiale Inerte – CRA 1*”, da realizzarsi nel Comune di Melicuccà (RC).

Lo studio geologico è stato impostato nel rispetto della normativa vigente, e le indagini svolte hanno consentito di definire:

- l'assetto geomorfologico, i processi morfogenetici ed i dissesti in atto o potenziali (e la loro tendenza evolutiva) del territorio interessato dall'intervento in progetto;
- i caratteri lito-stratigrafici generali e locali, con definizione dell'origine e natura dei litotipi presenti nelle aree interessate, della loro distribuzione spaziale, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;
- l'andamento litostratigrafico dei terreni interessati dalle opere in progetto;
- i lineamenti tettonici, geostrutturali e sismici generali, nonché la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità in genere;
- lo schema idrologico superficiale e idrogeologico sotterraneo;
- le condizioni di stabilità delle zone interessate;
- le caratteristiche geomeccaniche degli stessi terreni e i loro parametri geotecnici.

Lo studio si è svolto secondo il seguente iter:

- Rilevamento geologico di superficie, confrontato con le informazioni desunte dalla cartografia ufficiale e dalla bibliografia esistente.
- Piano di indagini in situ basato su:
 - Sondaggi a carotaggio continuo;
 - Prove Spt in foro;
 - Prove penetrometriche dinamiche pesanti.
 - Prospezione sismica a rifrazione;
 - Prospezione sismica con metodologia MASW.

Per quanto concerne gli aspetti litologici, geologici ed idrogeologici del sito, ci si riferisce anche alla specifica relazione generale che fornisce, in modo esaustivo per ciascun ambito, le indicazioni su tutta la tratta interessata dai lavori.

Il documento cui si fa riferimento è la Relazione Geologica generale con annesse relazioni idrogeologiche, identificato con il codice CG0800PRGDCSBC6G00000001A.

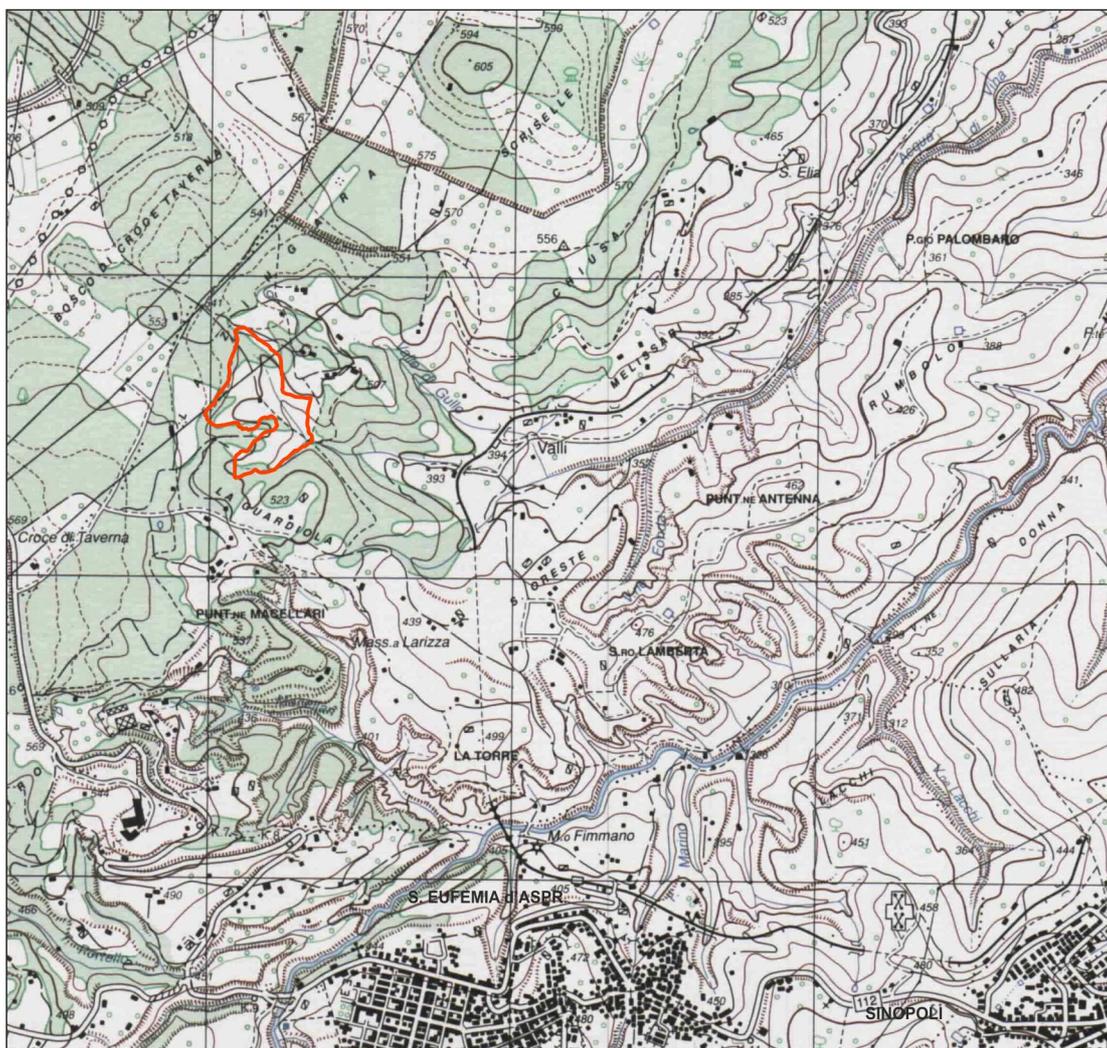
		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p><i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

1. Ubicazione geografica

L'intervento in progetto dovrà essere realizzato nel territorio comunale di Melicuccà (RC), precisamente in località denominata *La Zingara*.

L'area direttamente interessata dal deposito si sviluppa entro la fascia altimetrica 460 – 520 m s.l.m., ed occupa una superficie complessiva di circa 101.496 mq.

Dal punto di vista geografico rientra nella Tavoletta *Oppido Mamertina*, Foglio n. 589 – Sez. II della Carta d'Italia I.G.M. 1:25.000.



Corografia
(scala 1:25.000)

Figura 1.1

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p><i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Geomorfologia

2. Inquadramento geomorfologico generale

Il territorio su cui si sviluppa l'area oggetto dell'intervento, presenta lineamenti morfologici tipici di un paesaggio collinare modellato essenzialmente su terreni sedimentari sabbioso – conglomeratici di età plio - pleistocenica e subordinatamente su rocce granitiche paleozoiche.

L'area interessa un settore di altopiano interrotto verso SE da un pendio piuttosto ripido che forma anche il versante orografico sinistro della valle del torrente Arena o Acqua di Vina. Questo pendio risulta inciso da depressioni vallive secondarie in cui scorrono occasionalmente le acque di ruscellamento raccolte da piccoli bacini imbriferi di meno di un chilometro quadrato di superficie, che si estendono verso l'interno dell'altopiano.

L'assetto morfologico locale è stato fortemente condizionato dal sollevamento neotettonico che ha interessato tutto l'Appennino calabrese con sollevamenti dell'ordine di parecchie centinaia di metri, che hanno determinato un notevole approfondimento del livello di base di tutti i corsi d'acqua.

I fenomeni evolutivi a rapida evoluzione sono legati principalmente all'erosione da ruscellamento concentrato dell'acqua piovana. Fenomeni di erosione superficiale per dilavamento della pioggia battente si rinvengono nelle aree prive di copertura boschiva. Secondari appaiono gli effetti morfologici sul territorio legati alla dinamica gravitativa, che sono molto circoscritti e risultano riconducibili soprattutto a fenomeni di tipo soil slip.

2.1 Inquadramento geomorfologico dell'area d'intervento

Il deposito di materiale verrà realizzato nella parte medio – alta di un impluvio naturale aperto a SE che incide il versante che delimita un vasto altopiano che si estende verso N-NW. Il bacino imbrifero misura circa 0,40 Kmq ed è solcato da un'asta fluviale di 2° ordine che confluisce ortogonalmente nella valle del torrente Arena o Acqua di Vina. La superficie del bacino risulta quasi completamente coperta da vegetazione di alto fusto composta da boschi di castagno, querce, robinie e circoscritti uliveti; localmente sono presenti cespugli ed arbusti rappresentati da specie tipiche della macchia mediterranea. Molto rare sono le superfici denudate, che spesso sono soggette ad erosione per dilavamento dell'acqua piovana.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

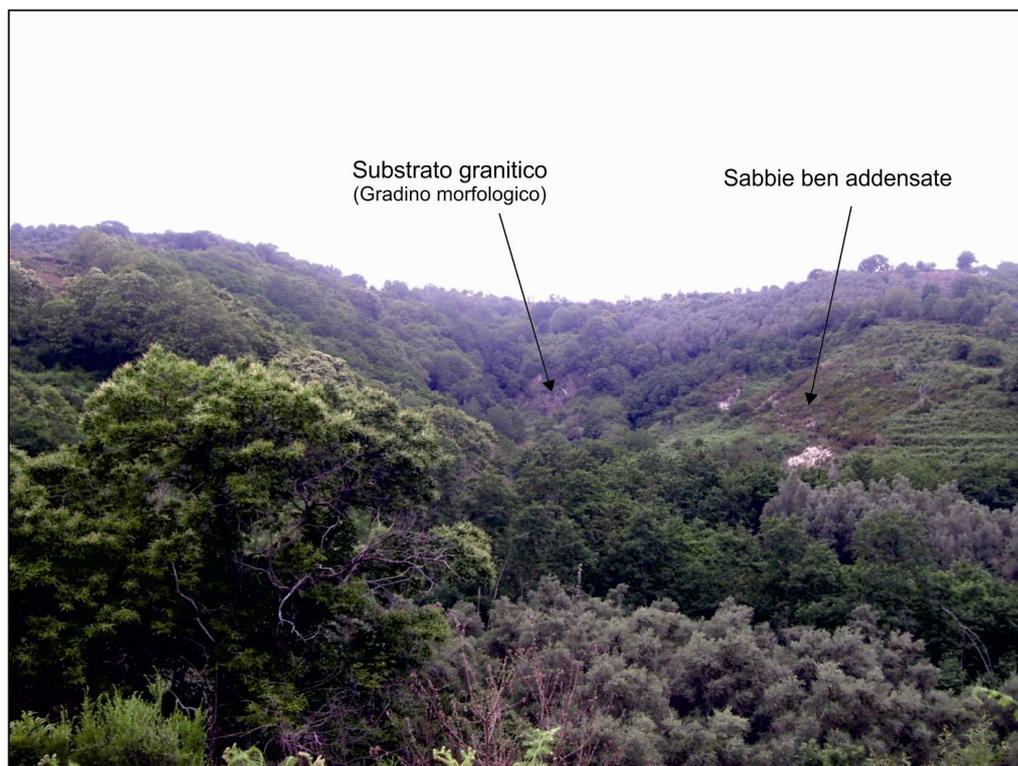


Figura 2.1

Il profilo longitudinale dell'asta valliva principale presenta una morfologia strettamente legata alle caratteristiche litotecniche delle rocce affioranti nel bacino imbrifero. Partendo dall'altopiano, dalla quota altimetrica di circa 525 m s.l.m., dove affiorano terreni sabbiosi ben addensati, la pendenza, per una lunghezza di circa 600 m, oscilla tra il 15 ed il 20 %.. In questo settore del bacino idrografico, alla quota altimetrica di circa 460 m s.l.m, cade, dopo la variante di riduzione della superficie di stoccaggio, il limite inferiore dell'area interessata dal progetto.

Segue un breve tratto di circa 80 m modellato su rocce granitoidi, dove la pendenza aumenta fino al 50 %, che termina con un *gradino morfologico* dove affiora la roccia cristallina. Subito dopo questo gradino affiorano nuovamente le rocce sedimentarie sabbiose presenti nel primo tratto: qui la valle si apre repentinamente e forma un fondovalle largo mediamente circa 100 m, con pendenze che si attestano attorno al 6 %, che si mantengono costanti fino alla confluenza con il torrente Arena o Acqua di Vina. Questo settore della valle, compreso tra il gradino morfologico e la ex linea delle Ferrovie della Calabria, grazie alla fertilità del suolo ed all'assetto topografico sub pianeggiante, veniva in passato utilizzato per la coltivazione di ortaggi. Sono presenti anche delle costruzioni rurali, un edificio scolastico ed una piccola chiesa, a testimonianza di un agglomerato rurale ormai abbandonato da qualche decina di anni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il deflusso delle acque piovane provenienti da monte, subito dopo il gradino morfologico, è stato deviato con un argine in terra alto circa un metro, a ridosso del piede del versante sinistro della valle e confluisce nel torrente Arena o Acqua di Vina, mediante una stradella interpodereale che passa sotto il primo ponte ferroviario (lato Melicuccà).

Nell'asta principale confluiscono anche, nella parte medio – alta del bacino, due vallecole secondarie entrambe poste sulla destra idrografica. In questo tratto del bacino i versanti vallivi hanno pendenze che si attestano attorno al 30 %. A valle del gradino morfologico, le pendenze dei fianchi vallivi aumentano leggermente raggiungendo valori compresi tra il 40 ed il 45 %.

A parte il gradino morfologico, probabilmente ascrivibile ad una scarpata di faglia, i versanti presentano dei profili regolari con forme di tipo convesso che mostrano generalmente un aumento dell'inclinazione verso il basso.

2.2 Analisi dei fenomeni evolutivi in atto

Il quadro che emerge dai sopralluoghi eseguiti denota un assetto morfologico tendenzialmente stabile, in cui non sono state rinvenute forme di dissesto imputabili a fenomeni esogeni a rapida evoluzione.

I processi di denudazione dei versanti sono poco incisivi in quanto gli stessi, quasi ovunque, sono protetti da una fitta ed efficace copertura vegetale di alto fusto, che limita fortemente l'azione erosiva della pioggia battente.

I processi gravitativi sono molto rari ed appaiono limitati a fenomeni di tipo *soil slip* (frane superficiali per saturazione e fluidificazione rapida del suolo), che si attivano unicamente solo dopo eventi pluviometrici eccezionali, di breve durata e forte intensità.

I fenomeni di erosione lineare ascrivibili al ruscellamento concentrato dell'acqua piovana, non rivestono particolare rilevanza sull'assetto geostatico dell'area di intervento. Ciò è dovuto alla ridotta estensione della superficie imbriferà e alla prevalenza nel bacino di terreni sabbiosi ad elevata permeabilità che limitano l'aliquota di acqua piovana disponibile al ruscellamento.

Pertanto il deflusso nell'asta idrografica principale si attiva unicamente dopo eventi piovosi piuttosto intensi e di lunga durata. In ogni caso non assume mai carattere parossistico, come dimostra la totale assenza forme erosive accentuate lungo il talweg di deflusso nel tratto compreso tra il gradino morfologico ed il talweg del torrente Arena o Acqua di Vina. Tale considerazione è inoltre suffragata dai diversi manufatti (fabbricati rurali, rilevato della linea ferroviaria) presenti in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA	<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

questo settore della valle, che nel corso degli anni non sono mai stati danneggiati dall'esondazione delle acque che defluiscono nel fosso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

3. Inquadramento geolitologico

Secondo le indicazioni riportate sulla Carta Geologica della Calabria 1:25.000 - (Tavoletta S. Eufemia d'Aspromonte) e dal rilievo geologico eseguito, il substrato dell'area interessata dal progetto é composto da rocce sedimentarie terrigene sovrapposte in discordanza stratigrafica su basamento cristallino di rocce intrusive acide di età paleozoica.

Dal punto di vista litostratigrafico nell'area esaminata affiorano le seguenti formazioni:

- Complesso di rocce acide a composizione granitoide - γ - (Paleozoico)
- Sabbie di colore biancastro – Ps¹⁻² - (Pliocene medio – sup.)
- Depositi alluvionali eterogenei - q^{cl-s} - (Pleistocene medio – sup.)
- Depositi di soliflusso e dilavamento - a - (Olocene)

▪ COMPLESSO DI ROCCE ACIDE A COMPOSIZIONE GRANITOIDE

Questo complesso cristallino, nell'ambito considerato, forma affioramenti discontinui e molto limitati arealmente.

Dal punto di vista petrografico si tratta di rocce acide biotitiche, a grana da media a grossolana, a composizione variabile tra la quarzo – diorite e la granodiorite. In affioramento la roccia appare intensamente fratturata ed interessata da un grado di alterazione chimica decrescente in profondità.

I costituenti mineralogici in ordine quantitativo decrescente sono: plagioclas, quarzo, microclino, ortoclasio, biotite e muscovite.

La roccia affiorante risulta fortemente fratturata a seguito delle intense vicissitudini tettoniche subite durante le orogenesi ercinica ed alpina. Inoltre, trattandosi di masse plutoniche, bisogna tenere presente che sono numerose anche le fessurazioni per raffreddamento e consolidamento del magma.

A questa profonda disgregazione meccanica si accompagna sempre un'alterazione chimico - fisica molto spinta, causata dagli agenti atmosferici.

Il processo di alterazione interessa in modo particolare i feldspati, mentre gli altri componenti soprattutto quarzo e mica sono quasi inalterabili all'acqua ed all'aria.

I feldspati al contatto con l'acqua si trasformano lentamente in idrosilicati, minerali



INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
Stralcio della Carta Geologica della Calabria 1:25.000
Foglio 254 - Tavoleta: S. Eufemia I N.E.

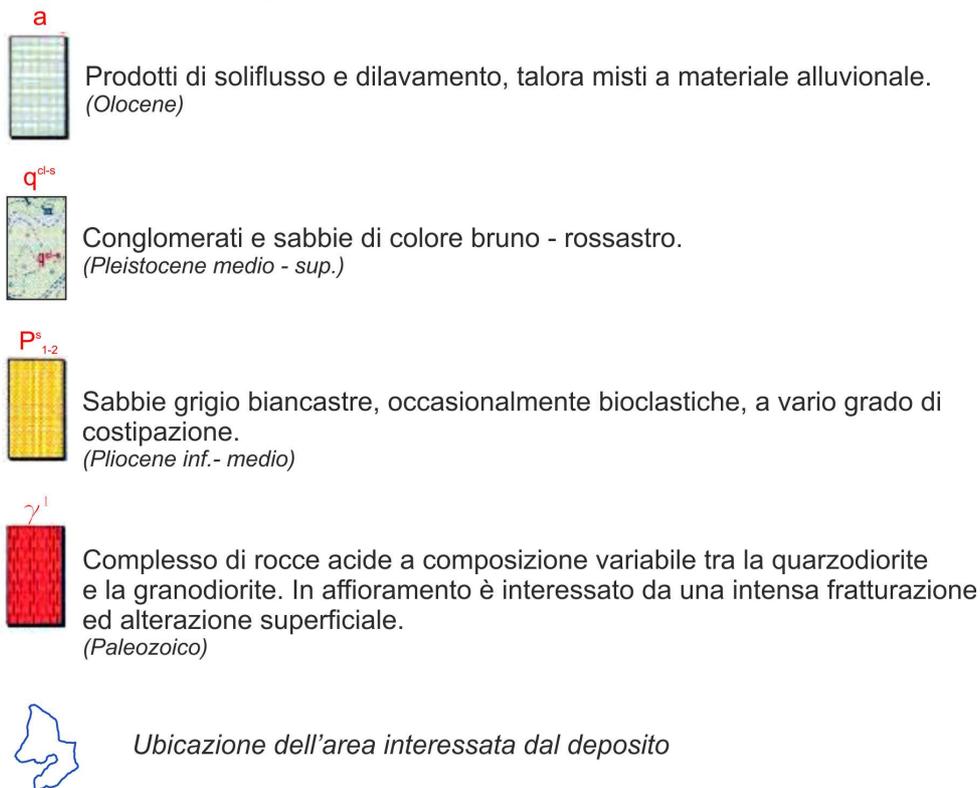


Figura 3.1

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

che globalmente vanno sotto il nome di caolino. La completa alterazione ed idratazione di questa fase minerale ed il conseguente aumento di volume hanno portato alla trasformazione della roccia originaria in un materiale scarsamente coesivo e facilmente disaggregabile. Mancando però l'ossatura dei cristalli di feldspato, gli altri granuli (quarzo, mica, ecc.) che costituiscono la roccia si staccano fra loro e così rimane solo una sabbia che le acque di superficie possono facilmente rimuovere. Quando lo stadio di alterazione è molto avanzato, la roccia viene ridotta ad un vero e proprio *sabbione disfatto color ruggine*, costituito in massima parte da quarzo, il solo componente mineralogico rimasto inalterato.

Il fenomeno, conosciuto come "arenizzazione dei graniti", appare generalmente limitato alla parte più superficiale dell'ammasso roccioso, dove la decompressione naturale dei versanti, allentando i giunti di fratturazione, determina una maggiore permeabilità ed una più diffusa circolazione delle acque meteoriche.

In affioramento la roccia appare sempre interessata da vari sistemi di fratture e fessurazioni, che tendono a suddividerla in prismi o blocchi irregolari di varie dimensioni.

- **SABBIE DI COLORE BIANCASTRO - Ps²⁻³ - (Pliocene medio – sup.)**

Questa formazione è quella che di gran lunga affiora all'interno del bacino imbrifero interessato.

Si tratta di una formazione terrigena di ambiente marino, eterogenea dal punto di vista granulometrico, composta da sabbie di colore grigio - biancastro a granulometria variabile da fine a grossolana. Localmente diventa ghiaiosa con clasti di natura cristallina sub arrotondati e di diametro variabile fino ad 1 cm. Talora appare debolmente cementata fino a formare conglomerati sabbiosi o arenarie.

Gli elementi sono costituiti essenzialmente da quarzo, feldspati ed aggregati polimineralici derivati dal disfacimento delle rocce cristalline e, localmente, da bioclasti.

Negli affioramenti esaminati forma degli strati massicci privi di strutture sedimentarie che ne consentono di rilevare con certezza il suo assetto giaciturale. Tuttavia, in base ad informazioni cartografiche e da affioramenti esaminati fuori dell'area in studio, la stratificazione in genere tende ad immergere verso SE con angoli di inclinazione variabili fra 5 e 10°.

La formazione poggia in discordanza stratigrafica sul basamento cristallino e può raggiungere spessori variabili fino ad un massimo di 150 m.

Nel suo complesso presenta una moderata resistenza ai fenomeni di ruscellamento concentrato e tende ad essere facilmente dilavata dalla pioggia battente soprattutto nei settori privi di cementazione e/o dove manca un'adeguata copertura arborea.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La permeabilità va considerata su una scala medio – alta, e favorisce nettamente i fenomeni di infiltrazione dell’acqua piovana nel sottosuolo.

▪ **DEPOSITI ALLUVIONALI ETEROGENEI - q^{cl-s} - (Pleistocene medio – sup.)**

Si tratta di una formazione di ambiente alluvionale che affiora in modo continuo soprattutto nella parte alta del bacino considerato, anche se localmente può formare lembi isolati che poggiano in discordanza stratigrafica sulle formazioni precedenti.

Dal punto di vista litologico è formata da sabbie limoso – argillose generalmente di colore bruno - rossastro, localmente passanti a conglomerati sabbiosi grossolani debolmente cementati o anche ad argille sabbiose.

La caratteristica principale di questa formazione è la notevole variabilità litologica riscontrabile sia verticalmente sia orizzontalmente, che appare legata ad un ambiente deposizionale di conoide alluvionale alimentato da paleo corsi d’acqua. La sua deposizione testimonia comunque una forte erosione delle aree continentali legata ai sollevamenti quaternari avvenuti in questo settore della penisola calabrese.

I sedimenti, a causa della loro eterogeneità granulometrica, non presentano in affioramento piani di stratificazione significativi.

Questi depositi sono facilmente disgregabili e presentano di conseguenza una debole resistenza ai fenomeni erosivi legati al ruscellamento.

La permeabilità risulta molto variabile ed appare condizionata dall’elevata eterogeneità dei sedimenti. Generalmente si attesta su valori medi dove prevalgono i sedimenti grossolani, mentre è bassa nei settori in cui i sedimenti sono prevalentemente argillosi.

Le diverse sezioni naturali visibili nelle aree limitrofe a quella considerata, evidenziano uno spessore complessivo compreso fra 10 e 15 m.

▪ **DEPOSITI DI SOLIFLUSSO E DILAVAMENTO - a - (Olocene)**

Nell’area considerata affiorano soltanto in alcuni settori del fondovalle del bacino idrografico oggetto di riempimento.

Rappresentano depositi di recente formazione, la cui origine è collegata alla rimobilizzazione, per azione degli agenti esogeni, dei terreni e delle rocce affioranti lungo i versanti.

Si tratta, nel dettaglio, di depositi colluviali spesso frammisti a materiale alluvionale di natura sabbiosa, per lo più localizzati alla base delle incisioni che solcano i versanti e soprattutto nei settori in cui il fondovalle presenta inclinazioni tipografiche contenute. Localmente sono presenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

anche sedimenti alluvionali, composti da sabbia, ghiaia e ciottoli granitici fino a circa 10 cm di diametro, legati al deflusso effimero che si genera nel talweg in concomitanza con eventi piovosi a carattere eccezionale.

L'affioramento più esteso si trova nel tratto di fondovalle compreso tra il gradino morfologico e la ex linea ferroviaria. In questo settore le indagini hanno consentito di accertare che sono costituiti prevalentemente da argilla debolmente limosa a consistenza soffice, di colore variabile da marrone a nerastro, e raggiungono uno spessore massimo di circa 11 m. Al disotto le argille lasciano il posto a depositi di chiara origine alluvionale, composti in genere da sabbie limose con piccoli ciottoli cristallini sub arrotondati di diametro variabile fino a 2 cm.

Dal punto di vista idrogeologico sono caratterizzati da una bassa permeabilità. La resistenza ai fenomeni erosivi è molto bassa.

4. Circolazione idrica superficiale

La circolazione idrica superficiale si attiva nell'asta valliva principale, come già accennato in precedenza, solamente in concomitanza di eventi piovosi intensi e prolungati. Tale aspetto è da collegare sia alla ridotta estensione della superficie imbriferà sia alla natura dei litotipi affioranti, che sono costituiti prevalentemente da depositi sabbiosi ad elevata permeabilità.

Le acque provenienti da monte, quando si immettono nel tratto vallivo compreso tra la ex linea ferroviaria ed il gradino morfologico, sono deviate con un argine in terra in un fosso che decorre al piede del versante sinistro della valle. Dal fosso si riversano in una stradina interpoderale la cui carreggiata inizia circa 100 m a monte del ponte ferroviario posto sul lato sinistro della valle. Oltrepassato il ponte, dopo un percorso di circa 180 m sempre lungo la stessa stradina, le acque si riversano nell'alveo del torrente Arena o Acqua di Vina. In ogni caso la portata, a giudicare dalla sezione di deflusso visibile nel fosso, deve essere molto contenuta. Tale considerazione è, inoltre, suffragata dal fatto che le acque continuano a defluire in questo settore della valle, anche se negli ultimi anni è in parte venuta meno la manutenzione del fosso a seguito del graduale abbandono delle attività agricole.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>		<p><i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

5. Circolazione idrica sotterranea

L'assetto idrogeologico locale risulta sostanzialmente definito dalla presenza di un elevato spessore di sedimenti sabbiosi o sabbioso – conglomeratici che poggiano in discordanza stratigrafica su un basamento granitico molto alterato e fratturato.

La sequenza sedimentaria affiorante nel bacino presenta una permeabilità primaria per porosità che si attesta su valori medio – alti e favorisce nettamente la percolazione delle acque piovane nel sottosuolo.

La roccia granitica, in base alle caratteristiche geolitologiche e geochemiche, presenta una permeabilità secondaria per fessurazione. La roccia é praticamente impermeabile alla scala del singolo campione, mentre permette l'infiltrazione e lo spostamento di acqua soltanto nei diversi sistemi di discontinuità che la attraversano (diaciasi, faglie, fessure da raffreddamento). Localmente, dove appare ridotta ad un sabbione pseudo coerente, si può instaurare anche una circolazione idrica per porosità. In ogni caso si tratta sempre di una permeabilità decrescente con la profondità. Infatti, a quote maggiori di 70 - 80 m le fessure orizzontali o suborizzontali tendono a chiudersi per effetto della pressione geostatica, mentre permangono solo fessure verticali o subverticali dovute a faglie o al raffreddamento della massa magmatica. La permeabilità legata all'alterazione é presente fino ad una profondità che normalmente non supera i 30 m. Inoltre, bisogna evidenziare che una roccia granitica permeabile per fessurazione tende a registrare una progressiva riduzione del grado di permeabilità man mano che si sviluppa il processo di argillificazione dei suoi stessi feldspati. Le argille di alterazione tendono progressivamente ad intasare le fessure, sino a limitare moltissimo la circolazione delle acque sotterranee all'interno della massa rocciosa.

Pertanto, alla luce di quanto descritto sopra, al contatto tra i depositi sedimentari molto permeabili ed il basamento granitico praticamente impermeabile vi sono le condizioni idrogeologiche favorevoli per presenza di una falda acquifera di tipo freatico.

Questa falda nella zona alimenta spesso delle piccole sorgenti con portate costanti contenute entro 2 – 3 l/s, che generalmente sono localizzate nella parte medio alta di questi piccoli bacini idrografici, nei punti in cui l'erosione torrentizia mette a giorno il piano di contatto fra cristallino e sedimentario. Queste sorgive sono spesso utilizzate per l'irrigazione locale o alimentano anche piccoli acquedotti rurali.

Nel bacino esaminato non sono state individuate sorgenti di rilievo.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>		<p><i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>

In corrispondenza dei punti in cui sono stati eseguiti i sondaggi a carotaggio continuo, fino alla profondità raggiunta di 25 m, non è stata rinvenuta la presenza di acqua sotterranea.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6. Inquadramento tettonico e sismicità del territorio

▪ INQUADRAMENTO TETTONICO – STRUTTURALE GENERALE

L'area calabrese viene considerata in letteratura (Ogniben,1973) come un asse di sollevamento isostatico e di corrugamento geosinclinalico.

L'assetto strutturale regionale è dovuto in parte al ciclo orogenetico ercinico e, soprattutto a quello alpino, con contatti tra i vari complessi strutturali solitamente di tipo tettonico. La fase orogenetica iniziata nel Pleistocene inferiore, denominata "fase neotettonica", ha determinato un forte e rapido sollevamento isostatico regionale. Per la Calabria meridionale le velocità di sollevamento variano da un minimo di 0,06 mm/anno ad 1,5 milioni di anni fa, fino a 1,5 mm/anno a 0,08 milioni di anni, con valori massimi registrati proprio nel massiccio dell'Aspromonte, (F. Ghisetti 1980). Tale sollevamento è stato quantificato in 1.200 metri nell'arco degli ultimi 800 mila anni. Esso ha coinvolto terreni di varia età, fratturando e disarticolando gli affioramenti rocciosi e producendo le profonde incisioni ove scorrono gli attuali corsi d'acqua.

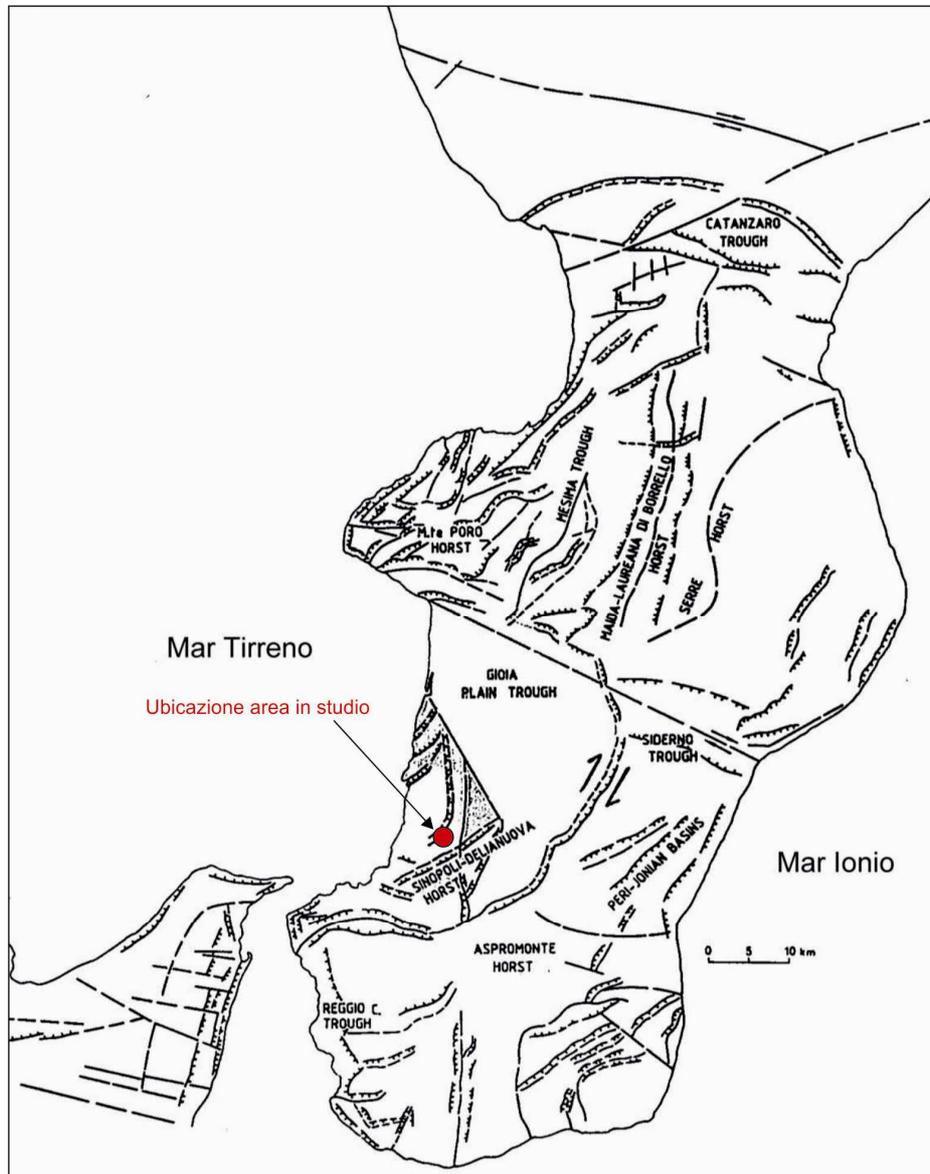
L'area esaminata si colloca nella parte sud - orientale del pilastro tettonico (horst) Palmi – S. Elia che, a forma di sperone, scende gradualmente verso la valle del Fiume Petrace e si immerge repentinamente sotto le rocce terziarie e quaternarie della piana di Gioia Tauro.

Verso oriente tale pilastro tettonico risulta delimitato da una linea di faglia orientata dapprima in direzione NE – SW fino all'altezza dell'abitato di Melicuccà, dove prosegue poi verso N, orientandosi gradualmente in direzione N-S.

Si tratta di una faglia che, con meccanismo normale, ribassa repentinamente il basamento granitico paleozoico e delimita una parte del settore meridionale del graben della Piana di Gioia Tauro riempito dai terreni del ciclo sedimentario pliocenico-quaternario.

Questa faglia attraversa anche il bacino idrografico oggetto dell'intervento in progetto ed è stata posizionata in corrispondenza del gradino morfologico, già citato nei capitoli precedenti.

La faglia è stata certamente attiva in epoca neotettonica, come dimostra la presenza dei depositi alluvionali pleistoceni q^{cl-s} sull'altopiano alle spalle del bacino idrografico interessato, che sono stati innalzati fino alla quota di circa 600 m



Zone neotettoniche della Calabria meridionale, (Guerricchio et. al. - 2008)

Figura 6.1

▪ **SISMICITÀ LOCALE**

In virtù della complessa conformazione geo-tettonica regionale e dell'assetto tettonico - strutturale locale, l'area d'interesse si inserisce all'interno di un territorio caratterizzato da un'elevata sismicità e da un alto rischio sismico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'analisi della sismicità storica è stata effettuata mediante la consultazione del "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C.-1990" (Boschi et al., 1997). Gli eventi risentiti nell'area in esame sono riportati nella tabella, in cui compaiono, per ogni evento, la data, il tempo di origine ridotto al Greenwich Mean Time (GMT), l'area epicentrale, l'intensità sismica all'epicentro (I_0) e l'intensità sismica locale (I).

Data	Ora (GMT)	Zona Epicentrale	I_0	I
11.01.1693	13 30 00	Sicilia orientale	11.0	6.0
05.02.1783	12 00 00	Calabria	11.0	11.0
16.11.1894	17 52 00	Calabria meridionale	9.0	7.5
08.09.1905	01 43 11	Calabria	10.0	7.5
23.10.1907	20 28 19	Calabria meridionale	8.5	8.0
28.12.1908	04 20 27	Calabria meridionale-Messina	11.0	8.0
28.06.1913	08 53 02	Calabria settentrionale	8.0	4.0
16.01.1975	00 09 45	Stretto di Messina	7.5	5.5
11.03.1978	19 20 44	Calabria meridionale	8.0	6.0
15.04.1978	23 33 47	Golfo di Patti	8.0	5.0

I_0 = intensità all'epicentro

I = intensità locale

Tabella 6.2

Ciò che emerge dalla lettura della tabella è che il territorio comunale di Melicuccà non è stato sede di epicentri dei più forti terremoti storici, ma sicuramente ne ha subito gli effetti.

Per quanto riguarda invece l'attività sismica più recente, da dati desunti dalla letteratura specializzata consultata risulta che, negli ultimi anni, non sono stati registrati eventi sismici di rilievo riguardanti il comprensorio di Melicuccà.

Per la situazione strutturale e sismologica appena evidenziata, nella legislazione italiana, il territorio entro cui si colloca l'area d'intervento, viene classificato come *Zona 1*, caratterizzata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni $>$ di 0,25 [ag/g].

7. Inquadramento nella cartografia P.A.I.

Dal raffronto con la cartografia del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria), riguardante il territorio del Comune di Melicuccà (Tav. FRI 080-048 - Cartografazione e classificazione frane) è stato riscontrato che l'area interessata dall'intervento in progetto, non rientra nelle aree classificate a rischio di frana R3 o R4. Anche per quanto riguarda il rischio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

idraulico (Tav. IRI 080-048), l'area interessata non rientra nelle aree a rischio idraulico R3 o R4, o nella Zona di Attenzione (art. 24 delle norme di attuazione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

8. Assetto strutturale

La formazione sabbiosa pliocenica (*Sabbie di colore biancastro – Ps¹⁻²*), che affiora ampiamente all'interno del bacino esaminato, è quella che sostanzialmente determina l'assetto strutturale e di riflesso ne condiziona anche l'assetto geostatico globale.

Nell'area di riferimento non sono stati individuati affioramenti significativi che hanno consentito di determinare con esattezza l'assetto giaciturale della formazione. Dall'osservazione di un affioramento posto sul versante vallivo sinistro, a circa 150 m a monte dell'ex linea ferroviaria, non sono state rilevate strutture sedimentarie significative. Tuttavia, stando a quanto riportato sulla cartografia geologica di riferimento, la stessa formazione in aree limitrofe mostra un assetto stratigrafico che tenderebbe ad immergere verso SE con angoli di inclinazione variabili fra 5 e 10°. Considerando valida la suddetta indicazione, tale assetto giaciturale, in rapporto alla configurazione topografica del territorio considerato, determinerebbe una disposizione della stratificazione a franapoggio meno inclinata del pendio, che potrebbe potenzialmente risultare sfavorevole al mantenimento dell'assetto geostatico. Tuttavia, si deve tenere presente che la formazione, a seguito del forte sollevamento neotettonico, è stata oggetto di intensa erosione che ha asportato un considerevole spessore di sedimenti sovrastanti rispetto all'attuale configurazione topografica. Tale situazione ha determinato, dal punto di vista geotecnico, una condizione di sovraconsolidazione naturale. Inoltre, dalle indagini eseguite è emerso che questi depositi sabbiosi sono caratterizzati da una consistenza addensata o molto addensata. Infine, bisogna evidenziare che in questo settore del territorio non si sono mai verificati dissesti franosi a grande scala, il cui innesco sia stato in qualche modo favorito dall'assetto giaciturale dei litotipi considerati.

Le suddette considerazioni portano a ritenere che l'assetto strutturale della formazione sabbiosa, anche conseguentemente alla realizzazione dell'intervento in progetto, non rappresenti un fattore naturale predisponente l'innesco di movimenti franosi a grande scala.

9. Analisi dei risultati delle indagini geognostiche

Nella precedente fase progettuale, in cui era previsto che il limite inferiore dell'area di stoccaggio fosse collocato a circa 150 m a monte della ex linea ferroviaria, era stato *programmato ed eseguito* il seguente piano di indagine in situ:

- sondaggi a carotaggio continuo;
- prove penetrometriche SPT in foro;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- prove penetrometriche dinamiche pesanti;
- prospezioni sismiche a onde P e secondo la metodologia Masw.

I risultati delle suddette prove avevano messo in evidenza la presenza di un orizzonte litologico superficiale riconducibile a depositi di soliflusso e dilavamento, composto da *Argilla debolmente sabbiosa di colore variabile da nero a marrone, a consistenza variabile da soffice a molto soffice*¹. Questo strato imponeva scelte progettuali impegnative sia sotto il profilo geotecnico che economico.

Pertanto, dopo la prima revisione progettuale interna veniva deciso di arretrare a monte di circa 350 m il limite inferiore dell'area di deposito, dove la suddetta unità litotecnica non era presente ed il substrato di appoggio del materiale di stoccaggio è composto da *Sabbia debolmente limosa di colore biancastro a granulometria medio – fine, con sottili intercalazioni di limo, a consistenza molto addensata*². Nell'ambito dell'area considerata questa unità litotecnica mantiene caratteristiche geotecniche complessivamente uniformi.

In un simile contesto le caratteristiche geotecniche ricavate con il suddetto programma di indagine sono ritenute valide anche per questa fase progettuale. Questa scelta è stata in parte anche dettata dalle notevoli difficoltà ambientali dell'area in cui è stato riposizionato il nuovo limite inferiore del bacino di stoccaggio, che non consentono un agevole accesso ai mezzi meccanici per eseguire una nuova campagna di indagine.

Di seguito sono illustrati i risultati della campagna geognostica eseguita nella precedente fase progettuale.

¹ Definito come *Unità Litotecnica 1* nel Modello Geotecnico del Sottosuolo (rif. Cap. 10 della presente relazione).

² Definito come *Unità Litotecnica 3* nel Modello Geotecnico del Sottosuolo (rif. Cap. 10 della presente relazione).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.1 Sondaggio a carotaggio continuo

L'esame delle carote di perforazione ha reso possibile una suddivisione del sottosuolo, seppure in forma semplificata, in tre orizzonti litologici principali di cui viene fornita la seguente descrizione stratigrafica sintetica:

Sondaggio S1	
Profondità m)	Litologia
0 – 7.5	Argilla debolmente sabbiosa di colore nero con rari ciottoli di circa 1 cm di diametro, passante in profondità ad argilla limosa di colore variabile da nero a marrone.
7.5 – 17.5	Sabbia limosa a granulometria medio – grossolana di colore grigio - ruggine con piccoli ciottoli cristallini sub arrotondati di diametro variabile da 0.5 fino ad 1 cm e lenti di sabbia grossolana ghiaiosa.
17.5 – 25.0	Sabbia debolmente limosa di colore biancastro a granulometria medio – fine, con sottili intercalazioni di limo.

Tabella 9.1

Sondaggio S2	
Profondità (m)	Litologia
0 – 8.2	Argilla sabbiosa di colore marrone scuro con occasionali ciottoli cristallini di forma spigolosa con diametro variabile fino a 5 cm.
8.2 – 17.0	Sabbia limosa a granulometria medio – grossolana di colore grigio con sfumature rossastre con piccoli ciottoli cristallini sub arrotondati di diametro variabile fino a 2 cm.
17.0 – 25.0	Sabbia debolmente limosa di colore biancastro a granulometria medio – fine, con sottili intercalazioni di limo.

Tabella 9.2

Il primo orizzonte litologico è riconducibile ai depositi di soliflusso e dilavamento, che come già descritto, sono presenti nei settori di fondo valle in cui si registra una sensibile diminuzione del gradiente topografico.

Il secondo orizzonte presenta caratteristiche litologiche tipiche dei depositi alluvionali, la cui sedimentazione deve essere avvenuta in condizioni paleogeografiche molto differenti rispetto a quelle attuali.

Il terzo orizzonte, infine, presenta caratteristiche litologiche simili a quelle della formazione sabbiosa pliocenica.

9.2 Prove S.P.T. in foro

Sono state effettuate 6 prove seguendo la metodologia S.P.T. (Standard Penetration Test), utilizzando al posto del campionatore una punta chiusa con apertura di 60°.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sondaggio S1				
Prova	Profondità	N colpi	Nspt	Consistenza
n. 1	15 m	23/27/29	56	Molto addensata
n. 2	20 m	R 6 cm	rifiuto	"
n. 3	24.6 m	R 9 cm	rifiuto	"
Sondaggio S2				
Prova	Profondità	N colpi	Nspt	Consistenza
n. 1	16 m	20/23/27	50	Addensata
n. 2	20 m	R 8 cm	rifiuto	Molto addensata
n. 3	24.6 m	R 9 cm	rifiuto	"

Tabella 9.3

I valori emersi dalle prove evidenziano che i litotipi interessati presentano quasi sempre una consistenza molto addensata ed una resistenza al taglio molto elevata, che determina spesso il rifiuto alla penetrazione.

9.3 Prove penetrometriche dinamiche pesanti

Sono state effettuate 6 prove per complessivi 67,8 m di infissione delle aste. Durante le prove è stato rilevato il numero di colpi necessario a far avanzare di 20 cm (N_{20}) le aste.

Il rifiuto alla penetrazione è stato raggiunto a profondità variabili da un minimo di 3 fino ad un massimo di 19,8 m.

L'istogramma di registrazione del numero di colpi N_{20} , mostra sia un andamento regolare che è tipico di terreni argillosi, sia un andamento irregolare a picchi contrapposti che evidenzia la presenza di terreni granulari incoerenti.

Dall'analisi dei risultati è stato possibile suddividere il sottosuolo in tre strati principali, che presentano una buona correlazione con gli orizzonti litologici riscontrati nei sondaggi a carotaggio continuo.

Strato n. 1: argilla debolmente sabbiosa			
Prova	Spessore (m)	Nspt	Consistenza
n. 1	1	3.23	Soffice
n. 2	5.6	1.73	Molto soffice
n. 3	8.0	1.81	"
n. 4	10.2	1.68	"
n. 5	11.8	2.76	Soffice
n. 6	-	-	-

Tabella 9.4

Strato n. 2: sabbia limosa con piccoli ciottoli			
Prova	Spessore (m)	Nspt	Consistenza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

n. 1	1	16.76	Mediam. densa
n. 2	3.8	11.92	“
n. 3	8.0	19.92	“
n. 4	8.0	29.80	“
n. 5	2.2	14.57	“
n. 6	1	7.84	Sciolta

Tabella 9.5

Strato n. 3: sabbia limosa con piccoli ciottoli			
Prova	Spessore (m)	Nspt	Consistenza
n. 1	n.d.	73.5	Molto addensata
n. 2	“	49.49	“
n. 3	“	62.48	“
n. 4	“	67.62	“
n. 5	“	58.80	“
n. 6	“	41.47	Addensata

Tabella 9.6

9.4 Prospezione sismica

Lo stendimento sismico è stato realizzato a 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri. Per generare onde P rifratte d'ampiezza rilevabile, è stata utilizzata una mazza del peso di 9 Kg battente su un piattello metallico. E' stato effettuato un congruo numero di punti d'energizzazione, la cui precisa ubicazione si desume dal modello di velocità di seguito riportato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

MODELLO DI VELOCITA'

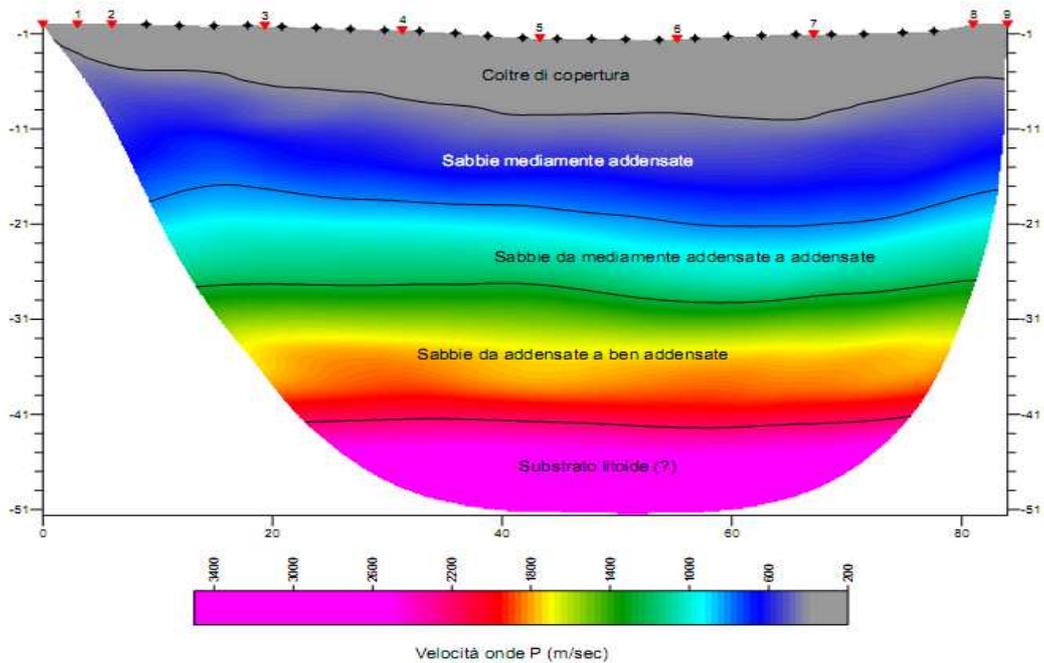


Figura 9.7

Il modello di velocità ottenuto ha consentito d'investigare una profondità massima di circa 50 metri. Tenendo conto anche dei limiti insiti nella metodologia di indagine e di interpretazione dei dati, dal modello si individua un primo orizzonte sismico superficiale che si assottiglia nella parte iniziale del modello (versante orografico destro), dove le velocità delle onde longitudinali (V_p) variano tra 200 m/sec e 400 m/sec, e possono essere associate alla coltre di copertura corrispondente sostanzialmente allo strato di argilla limosa a consistenza soffice. Nei sismostrati sottostanti i valori di V_p variano fra 400 m/sec e 2200 m/sec, e sono associabili a depositi sabbiosi con un grado di addensamento crescente con la profondità. Nella parte inferiore del modello si registrano velocità delle onde longitudinali (V_p) superiori ai 3000 m/sec, che qui sono stati associati al substrato granitico paleozoico.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

10. Modello geotecnico del sottosuolo

I dati acquisiti con le diverse metodologie di indagine hanno sostanzialmente fornito risultati concordanti che consentono la definizione, con un buon margine di sicurezza, del modello geotecnico di progetto.

La ricostruzione è stata eseguita sulle sezioni topografiche chieste dai progettisti ed è riportata nell'elaborato *Profili e sezioni litotecniche*.

Il sottosuolo è stato suddiviso in *quattro unità litotecniche* principali sovrapposte.

▪ UNITÀ LITOTECNICA 1

Argilla debolmente limosa a consistenza molto soffice

Questa unità litotecnica corrisponde grossomodo ai depositi di soliflusso e dilavamento già descritti nell'inquadramento geologico dell'area di intervento. I sedimenti rappresentano i prodotti della degradazione chimico - fisica delle rocce affioranti, che sono rimasti in posto oppure hanno subito un breve trasporto ad opera dalle acque di ruscellamento.

Risulta formata da litotipi in cui la componente pelitica è nettamente prevalente, anche se localmente può presentare una debole eterogeneità litologica data da un aumento dello scheletro sabbioso/limoso oppure dalla presenza di piccoli ciottoli spigolosi.

Sostanzialmente, quindi, è formata da argilla più o meno limosa di colore variabile da nerastro a marrone, con una discreta percentuale di materia organica specie nei primi 2 – 3 m di profondità.

I valori di N_{spt} oscillano fra 1,68÷3,23 colpi, con spessori variabili da 1 fino a 11,8 m.

Dal punto di vista geotecnico deve essere considerata come argilla *normalconsolidata*, a consistenza molto soffice, caratterizzata da un comportamento principalmente plastico e strettamente dipendente dal contenuto naturale in acqua. I litotipi di questa unità litotecnica presentano pertanto una compressibilità elevata che determina cedimenti eccessivi anche per carichi contenuti.

▪ UNITÀ LITOTECNICA 2

Sabbia limosa a consistenza mediamente densa

I sedimenti di questa unità litotecnica presentano caratteristiche litologiche associabili a depositi di ambiente alluvionale, che derivano dall'erosione delle formazioni affioranti nella parte alta del bacino e che sono state trasportate e deposte nel tratto vallivo considerato.

La composizione litologica prevalente è formata da sabbia limosa a granulometria medio – grossolana di colore grigio con sfumature rossastre, con piccoli ciottoli cristallini sub arrotondati di diametro variabile da 0,5 fino a 2 cm. Anche in questo caso bisogna segnalare una certa

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

eterogeneità litologica, legata ad intercalazioni discontinue di sabbia grossolana ghiaiosa di spessore inferiore al metro.

I valori di N_{spt} oscillano fra 7,84÷29,8 colpi, con spessori variabili da 1 fino a 8 m.

Ai fini geotecnici risulta costituita da materiali non cementati di natura prevalentemente sabbioso - limosa, a consistenza mediamente addensata, che mostrano in generale una risposta molto simile a quella dei terreni granulari, anche se in presenza di un contenuto apprezzabile della componente fine.

▪ **UNITÀ LITOTECNICA 3**

Sabbia limosa a consistenza molto addensata

I sedimenti di questa unità litotecnica presentano caratteristiche litologiche simili a quelle della formazione sabbiosa pliocenica, che affiora sul versante sinistro della valle in cui sono state eseguite le indagini. Si evidenzia che la formazione si trova in condizioni di sovraconsolidazione naturale: infatti, le attuali aree di affioramento sono il frutto di una profonda erosione conseguente ai sollevamenti tettonici quaternari. In un simile contesto la tensione litostatica a cui è stata soggetta la formazione durante la storia geologica, risulta superiore a quella attuale.

La composizione litologica prevalente dei sedimenti è costituita da sabbia debolmente limosa di colore biancastro a granulometria medio – fine, con sottili intercalazioni di limo.

I valori di N_{spt} sono risultati quasi sempre superiori a 50 colpi, con frequente rifiuto alla penetrazione. Ciò potrebbe essere dovuto anche ad una leggera cementazione dei sedimenti, che è una caratteristica litologica riscontrabile nella formazione geologica di appartenenza.

I sedimenti, in considerazione dell'elevato grado di addensamento naturale, sono dotati di valori elevati di resistenza al taglio.

▪ **UNITÀ LITOTECNICA 4**

Roccia granitica molto fratturata ed alterata

I sedimenti appartenenti a questa unità litotecnica rappresentano il prodotto finale dei processi di degradazione chimico - fisica che hanno interessato il substrato granitico.

A vantaggio della sicurezza, sono stati considerati come una sabbia grossolana a consistenza addensata, in cui il contributo della coesione alla resistenza al taglio va considerato nullo. In ogni caso si deve tenere presente che dove la roccia affiora questi materiali sono stati facilmente disgregati dall'erosione dell'acqua, e quindi le caratteristiche geomeccaniche sono da ritenersi sicuramente superiori a quelle sopra descritte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11. Valutazione dei parametri geotecnici

11.1 Metodologia di elaborazione

Sulla base dei dati ricavati dalle indagini eseguite (prove dinamiche pesanti – prove spt in foro) è stato possibile determinare, con un buon grado di approssimazione, i valori dei parametri geotecnici da attribuire alle unità litotecniche che costituiscono il modello geotecnico di progetto.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software s.a.s..

Il programma, partendo dal numero di colpi registrato, calcola i valori dei parametri geotecnici mediante le elaborazioni proposte dai seguenti autori:

- **Correlazioni terreni coerenti**

Angolo di attrito in condizioni drenate: Meyerhof (1956)

Coesione non drenata: U.S.D.M.S.M

Coesione drenata: U.S.D.M.S.M

Peso unità di volume: Meyerhof ed altri

Peso unità di volume saturo: Meyerhof ed altri

Modulo di Poisson: (A.G.I.)

Modulo di deformazione a taglio dinamico: Owaski Iwasaki

Modulo di Young: Apollonia

Modulo Edometrico: Stroud e Butler (1975)

- **Correlazioni terreni incoerenti**

Angolo di resistenza al taglio: Owaski Iwasaki

Peso unità di volume: Meyerhof ed altri

Peso unità di volume saturo: Terzaghi-Peck 1948-1964

Modulo di Poisson: (A.G.I.)

Modulo di deformazione a taglio dinamico: Owaski Iwasaki

Modulo di Young: Terzaghi

Modulo Edometrico: Menzenbach & Malcev

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA	<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0

11.2 Valori dei parametri geotecnici da prove Scpt

Per le prove penetrometriche dinamiche continue (Nscpt), è stata utilizzata la seguente relazione:
 $N_{spt} = N_{scpt} \times 1.489$, (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quelli in esame).

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	C (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	1,0	3,23	Coesivo	1,65	1,86	20,92	0,13	14,82	32,30	--	--
[2]	2,0	16,76	Incoerente	1,92	1,96	33,31	--	112,75	292,22	0,32	919,88
[3]	3,0	73,50	Incoerente	2,46	2,50	53,34	--	365,81	611,95	0,2	3691,68

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	C (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	5,6	1,73	Coesivo	1,54	1,85	20,49	0,07	7,94	17,30	--	--
[2]	9,4	11,92	Incoerente	1,79	1,93	30,44	--	91,16	246,44	0,33	667,75
[3]	10,0	49,49	Incoerente	2,24	2,50	46,46	--	258,73	502,15	0,25	2545,42

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	8,0	1,81	Coesivo	1,55	1,85	20,52	0,07	8,30	18,10	--	--
[2]	16,0	19,92	Incoerente	1,99	2,39	34,96	--	126,84	318,58	0,32	1082,05
[3]	16,4	62,48	Incoerente	2,31	2,50	50,35	--	316,66	564,21	0,23	3168,91

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	10,2	1,68	Coesivo	1,54	1,85	20,48	0,07	7,71	16,80	--	--
[2]	19,2	29,80	Incoerente	2,13	2,50	39,41	--	170,91	389,65	0,3	1580,07
[3]	19,8	67,62	Incoerente	2,37	2,50	51,77	--	339,59	586,96	0,22	3413,38

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	11,8	2,76	Coesivo	1,62	1,86	20,79	0,11	12,66	27,60	--	--
[2]	14,0	14,57	Incoerente	1,87	1,95	32,07	--	102,98	272,46	0,33	806,43
[3]	14,2	58,80	Incoerente	2,28	2,50	49,29	--	300,25	547,34	0,24	2993,15

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	3,0	7,84	Coesivo	1,89	1,90	22,24	0,32	35,97	78,40	--	--
[2]	4,0	41,37	Incoerente	2,21	2,50	43,76	--	222,51	459,11	0,27	2150,79

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA	<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0

11.3 Valori dei parametri geotecnici da prove Spt in foro

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1 SPT n.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	25,5	50,00	Incoerente	2,24	2,50	46,62	--	261,00	590,70	0,25	2570,07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1 SPT n.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	15,5	56,00	Incoerente	2,26	2,50	48,47	--	287,76	661,50	0,24	2858,97

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1 SPT n.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	20,5	50,00	Incoerente	2,24	2,50	46,62	--	261,00	590,70	0,25	2570,07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2 SPT n.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	16,5	50,00	Incoerente	2,24	2,50	46,62	--	261,00	590,70	0,25	2570,07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2 SPT n.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	20,5	50,00	Incoerente	2,24	2,50	46,62	--	261,00	590,70	0,25	2570,07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S2 SPT n.3

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	Cu (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson	Modulo G (Kg/cm ²)
[1]	25,5	50,00	Incoerente	2,24	2,50	46,62	--	261,00	590,70	0,25	2570,07

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA	<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

12. Classificazione sismica del sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica di progetto³, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione sismica dei terreni secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008. La classificazione riguarda *i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock)*, ossia quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

Per il progetto in esame la classificazione del substrato di fondazione è stata effettuata mediante una prova eseguita con la metodologia MASW, che analizza la dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh.

<i>Profondità dal p.c. al centro dello stendimento (metri)</i>	<i>Velocità delle onde S (m/sec)</i>
-0.667	129.536
-1.501	131.768
-2.543	140.178
-3.846	141.584
-5.475	148.306
-7.511	167.839
-10.056	191.285
-13.237	207.053
-17.213	221.339
-21.516	333.966

$V_{s30} = 220$ m/sec (media pesata sugli spessori, estrapolata fino a 30 metri)

Categoria Sottosuolo di fondazione : C

Tabella 12.1

Categoria Topografica: **T1**;

Coordinate Geografiche (Gradi sessagesimali/centesimali): **N 38,27929° - E O 15,85344°** .

Per ulteriori dati riguardanti la risposta sismica del sottosuolo interessato dal progetto si rimanda alla relazione tecnica conclusiva dell'indagine sismica eseguita.

³ Decreto Ministero Infrastrutture e Trasporti 14/01/2008.

		<p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p align="center">CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p><i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc</p>	<p><i>Rev</i> F0</p>	<p><i>Data</i> 20/06/2011</p>	

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
CRA1 - RELAZIONE GEOLOGICA		<i>Codice documento</i> CZ0150_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

13. Considerazioni conclusive

Le indicazioni geologico – tecniche emerse dalle indagini eseguite hanno permesso di definire il seguente quadro conoscitivo:

- l'assetto geolitologico del bacino che sarà interessato dall'intervento in progetto è costituito da rocce sedimentarie plioceniche di natura prevalentemente sabbiosa che poggiano in discordanza stratigrafica su un substrato granitico paleozoico molto fratturato ed alterato;
- l'assetto geomorfologico risulta sufficientemente stabile e non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto in atto che limitano la fattibilità dell'intervento in progetto;
- la circolazione idrica superficiale risulta molto limitata sia per la ridotta estensione della superficie imbriferà sia per l'elevata permeabilità dei litotipi affioranti nel bacino;
- l'assetto idrogeologico locale non comporta la presenza di falde idriche o sorgenti che determinano condizioni penalizzanti per la realizzazione dell'intervento;
- le caratteristiche litotecniche dei litotipi affioranti, dopo il riposizionamento del limite inferiore del bacino di stoccaggio, risultano favorevoli e non determinano scelte progettuali impegnative per la realizzazione dell'intervento in oggetto.

In base alle considerazioni emerse dall'indagine effettuata, si esprime parere favorevole per la fattibilità geologico - tecnica degli interventi previsti in progetto, fermo restando, così come indicato dal D.M. 11.03.88, sez. B2, ultimo comma, la necessaria verifica delle conoscenze fin qui acquisite, anche con i dati che emergeranno durante la fase esecutiva.

Varapodio, li Dicembre 2010.

Il geologo
dott. Francesco Surace