

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/05/2014	Pag. 1 di 62

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 2 di 62

INDICE

FINALITÀ DELLO STUDIO e RIFERIMENTI NORMATIVI	3
1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO.....	5
1.1 Ubicazione geografica	5
1.2 Caratteristiche generali degli interventi.....	9
2 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI	11
2.1 INQUADRAMENTO REGIONALE.....	11
3 PERICOLOSITÀ e VINCOLI GEO-AMBIENTALI	16
3.1 PERICOLOSITÀ E VINCOLI P.A.I.....	16
3.2 PERICOLOSITÀ E VINCOLI SISMICI	18
3.2.1 Regione sismo-tettonica	18
3.2.2 Pericolosità sismica.....	21
4 ASPETTI GEOLOGICI LOCALI	27
4.1 QUADRO DI RIFERIMENTO.....	27
4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	27
4.2.1 Ghiaie e Sabbie di Messina.....	27
4.2.2 Depositi alluvionali	28
4.2.3 Depositi di litorale	28
4.3 GEOMORFOLOGIA.....	30
4.4 IDROGRAFIA E GEOIDROLOGIA	31
4.4.1 Idrografia.....	31
4.4.2 Dati pluviometrici.....	32
4.4.3 Circolazione idrica sotterranea	36
5 INDAGINI GEOGNOSTICHE	38
5.1 Sondaggi meccanici	39
Fig.5.1 Ubicazione sondaggi meccanici.....	40
5.2 Parametri di resistenza al taglio dei terreni di fondazione	46
5.3 INDAGINI GEOFISICHE	50
5.3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	50
5.3.2 Sismica a rifrazione.....	53
5.3.3 Prove di laboratorio	56
6 MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI	57
6.1 MODELLO GEOLOGICO sintetico	57
6.2 POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE	58
7 PERICOLOSITA' GEOLOGICHE e FATTIBILITÀ	61

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 3 di 62

FINALITÀ DELLO STUDIO e RIFERIMENTI NORMATIVI

Per migliorare l'efficienza del trasporto commerciale tra la Sicilia e la Penisola, ed in particolare tra il nuovo porto di Tremestieri e la città di Reggio Calabria,

Per la **Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria**, sono state eseguite ricerche biblio-cartografiche, verifica di studi precedenti e indagini sul campo che hanno permesso di inquadrare con sufficiente attendibilità la geologia dell'area nel territorio regionale, di costruire ipotesi attendibili sulla geologia locale, di caratterizzare la sismicità e tracciare la problematica riguardante la risposta simica dei terreni, di eseguire le indagini geognostiche utili per ottenere i parametri da utilizzare nelle ricostruzioni litostratigrafiche, nelle verifiche geotecniche e nei calcoli geostatici.

Per gli approfondimenti specifici necessari per la realizzazione in sicurezza dell'intervento, è stata programmata ed eseguita una campagna geognostica mediante la quale sono state ottenute informazioni e parametri geologico-tecnici che hanno permesso di caratterizzare in maniera specifica il sottosuolo e di acquisire i dati richiesti dalle norme vigenti.

Sono stati così ricostruiti l'assetto litostratigrafico e il modello geologico dell'area di costruzione, determinando i caratteri di resistenza meccanica delle formazioni presenti, le condizioni geologiche di continuità/discontinuità orizzontale e le condizioni di fattibilità geologica dell'opera riferendola agli aspetti geomeccanici della successione litostratigrafica locale.

Pertanto, come prescritto dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008, *Capitolo 6 Progettazione Geotecnica*), lo studio geologico del sito di progetto è stato sviluppato in maniera da consentire la caratterizzazione e la modellazione geologico-tecnica del sito stesso, indispensabile elemento di riferimento per i progettisti per inquadrare i problemi geotecnici.

A tal fine, le indagini sono state programmate e scelte in funzione del tipo di opera e della complessità dell'ambiente geologico e hanno permesso di acquisire i dati necessari per la definizione del modello geologico del sito, attraverso la "ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio..." (D.M. 14/01/2008 § 6.2.1 *Caratterizzazione e modellazione geologica del sito*).

Per definire il modello geotecnico del sottosuolo di cui al D.M. 14/01/2008 § 6.2.2 *Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito*, la campagna geognostica è stata programmata in funzione del tipo di opera e del *volume significativo* di cui al § 3.2.2 delle norme.

Analogo rilievo è stato dato allo studio delle condizioni di stabilità del versante previsto dal D.M. 14/01/2008 al capitolo 6.3 - *Stabilità dei pendii naturali*, considerando sia la morfologia della spiaggia emersa che quella della spiaggia sommersa.

In maniera approfondita è stata trattata la sismicità della zona, la cui pericolosità, secondo quanto stabilito dalle NCT 2008, deve tener conto della "pericolosità sismica di base" - ripresa dagli studi condotti a livello nazionale - e considerare la risposta del sito facendo riferimento alla possibilità di amplificazione dell'azione sismica e determinando l'insieme di fattori e parametri necessari per consentire una progettazione adeguata. (v. *Relazione sulla pericolosità sismica*)

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 4 di 62

I dati acquisiti attraverso le diverse tipologie di indagine sono stati organizzati in parti omogenee, ognuna delle quali sarà trattata separatamente.

Le ipotesi di progetto saranno direttamente verificate durante la fase realizzativa e, se dovessero emergere differenze tra i dati progettuali e quelli provenienti dalle misure e dalle osservazioni che saranno condotte nel corso dei lavori, si provvederà agli adeguamenti costruttivi eventualmente necessari.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 5 di 62

Parte I

1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

1.1 Ubicazione geografica

Gli interventi andranno a interessare il tratto di litorale marino a nord del piazzale realizzato in occasione della costruzione della sede della della Capitaneria di Porto, in prossimità dell'imbocco del raccordo del Porto con l'Autostrada Salerno - Reggio Calabria.

Si tratta di un territorio che pur essendo inserito nel tessuto urbano della città di Reggio Calabria, presenta ampi spazi non edificati.

L'area d'intervento è rappresentata nel foglio 254 – III NE – REGGIO CALABRIA della Carta d'Italia dell'I.G.M. (serie 25 V) utilizzata come base per la Carta Geologica ufficiale della Calabria e sarà ricompresa nel Foglio n° 601, MESSINA – REGGIO DI CALABRIA della serie 25, ancora non pubblicato. Una rappresentazione di maggior dettaglio si trova sulla Carta Tecnica Regionale 1:5000 (elemento N° 601081).

Una cartografia dell'area è stata realizzata anche dal Comune di Reggio Calabria (Foglio N° 7010810 - La Carrera, del rilievo aerofotogrammetrico 1:2.000).

Le coordinate geografiche espresse in gradi decimali e riferite al punto centrale del sito sono:

Latitudine = 38.132864; Longitudine = 15.654328

L'esatta posizione dell'area e i rapporti con gli ambiti territoriali adiacenti possono essere meglio individuati nelle figure che seguono oltre che nei grafici e nelle planimetrie di progetto.

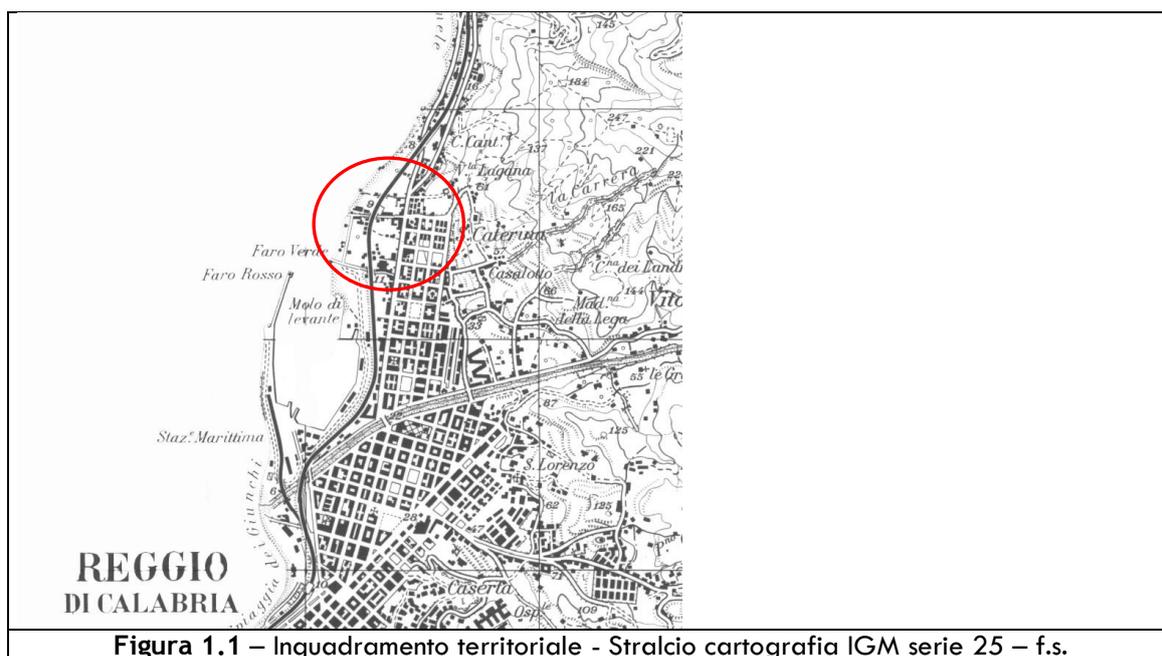


Figura 1.1 – Inquadramento territoriale - Stralcio cartografia IGM serie 25 – f.s.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 6 di 62

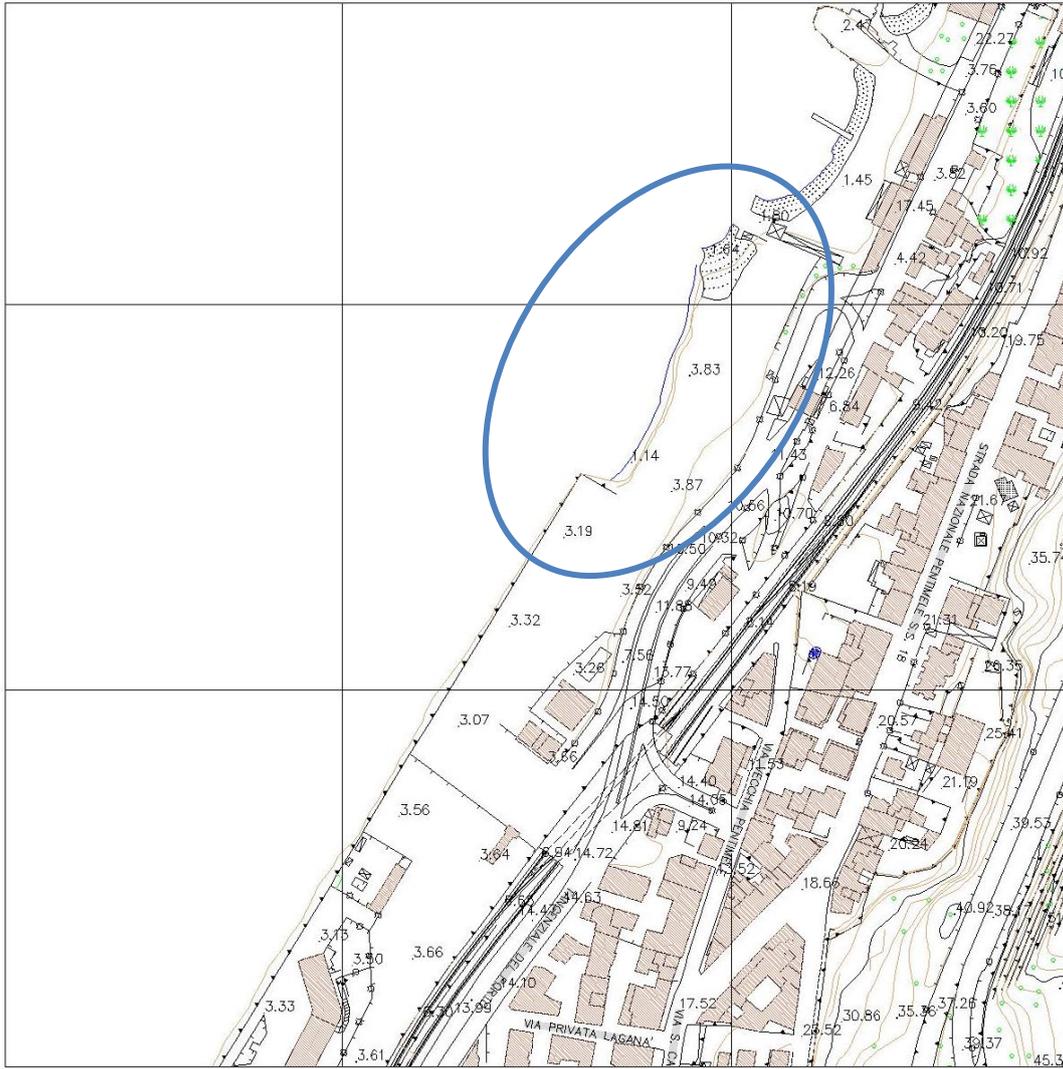


Figura 1.2 – Inquadramento territoriale di dettaglio. Cartografia 1:2000

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 7 di 62

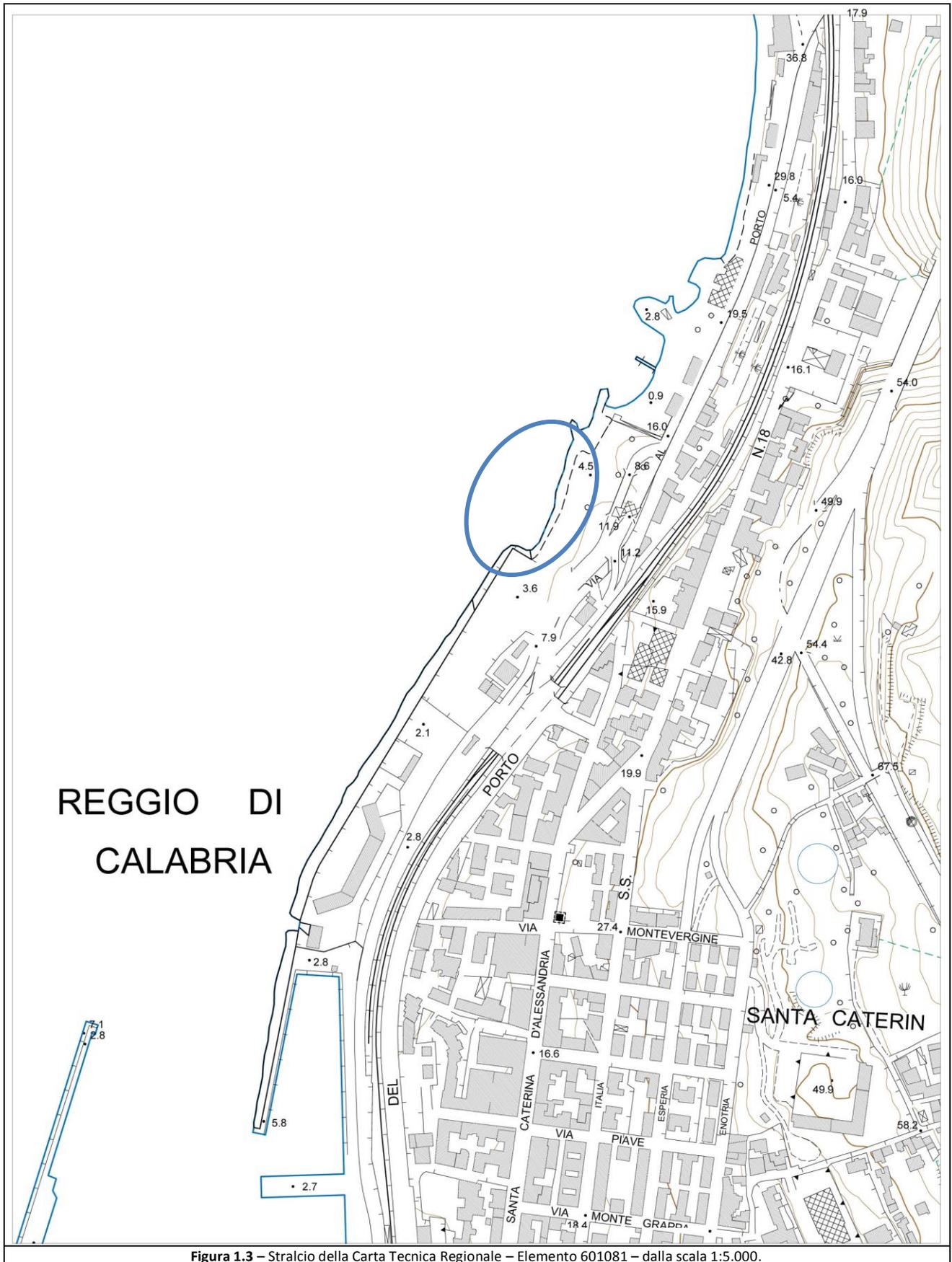


Figura 1.3 – Stralcio della Carta Tecnica Regionale – Elemento 601081 – dalla scala 1:5.000.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 8 di 62

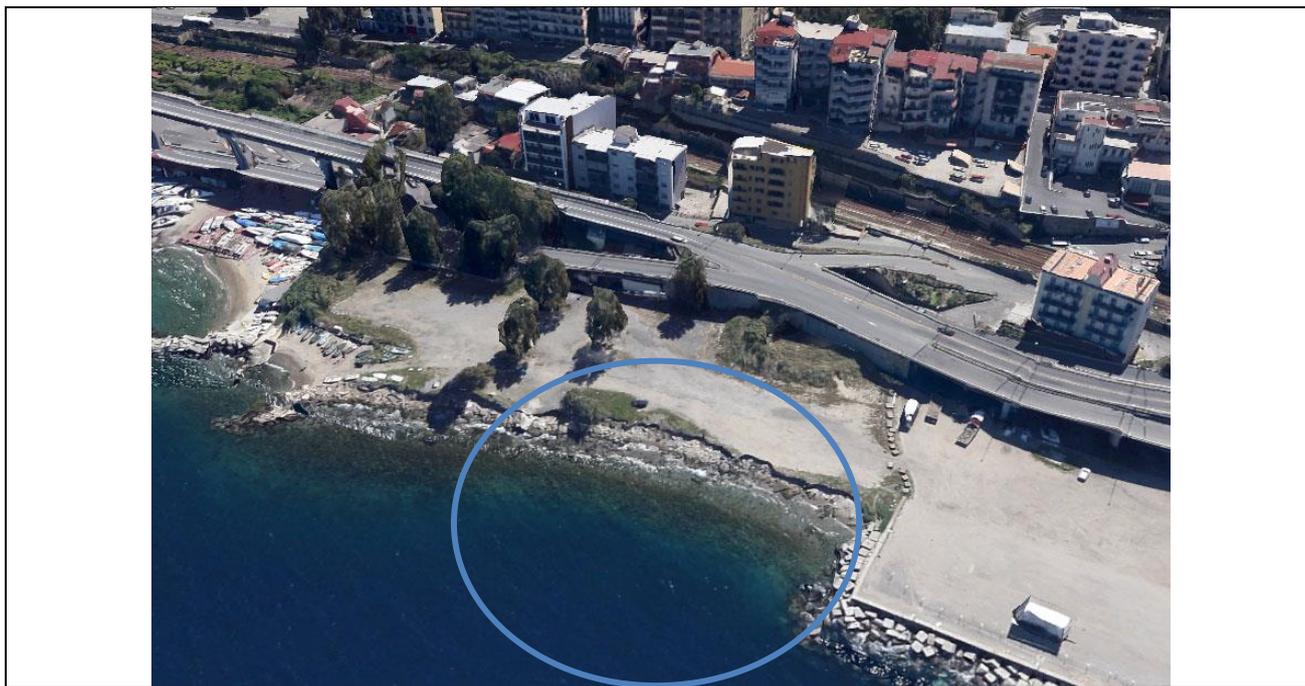


Figura 1.4 – Vista prospettica area di interesse prima della costruzione della scogliera,

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 9 di 62

1.2 Caratteristiche generali degli interventi

Dalla relazione tecnico-illustrativa e dai grafici di progetto si evince che gli interventi riguardano:

- la concessione di uno specchio d'acqua di circa 4.000 mq e la conseguente collocazione di n°2 bettoline (di cui una posizionata tra lo specchio acqueo in questione e quello chiesto in gestione dalla Meridiano Lines spa) su una superficie complessiva destinata all'attività gestita esclusivamente da Caronte & Tourist Spa di mq 6.380,00 e nella quale sono individuati 600 ml per le corsie di accumulo dei veicoli ;
- una corsia di uscita dal terminal, verso la viabilità pubblica, di circa 650 mq in comune ai due vettori;
- un box destinato a chiosco/servizi;
- biglietterie e corsie di accosto agli scivoli.
- Gli interventi strutturali sostanzialmente sono rivolti alla realizzazione di una banchina per l'ormeggio di traghetti per il trasporto Ro-Ro, costituita da cassoni autoaffondanti in calcestruzzo armato, affiancati e allineati a formare un fronte di accosto rettilineo lungo circa 50 metri (16 cassoni di larghezza 3,15 m.).
- I cassoni saranno realizzati in calcestruzzo armato con fusto di dimensioni esterne espresse in metri di 3,00 x 3,15 x 6,70 (h), costituito da setti perimetrali di spessore 25 centimetri. Il calcestruzzo utilizzato per la realizzazione dovrà essere della classe C40/45 (Rck 45 N/mm²) XS 3 UNI EN 206/1:2006 con impiego di cemento pozzolanico, vibrato meccanicamente per ottenere una perfetta impermeabilizzazione [coefficiente di permeabilità $k < 1 \cdot 10^{-11}$ m/s], mentre l'acciaio di armatura dovrà essere del tipo FeB44k ad aderenza migliorata e con un rapporto ferro-cemento minimo di 80 kg/m, dotato di copriferro di almeno 5 centimetri.
- I cassoni - dotati di idonea apertura sul fronte mare per permettere la dissipazione dell'energia del moto ondoso ed evitare il fenomeno di riflessione ondosa che potrebbe disturbare le operazioni di attracco delle navi traghetto - saranno realizzati in idoneo cantiere e completati con trasporto, posizionamento ed affondamento, su uno scanno di imbasamento opportunamente realizzato con pietrame scapolo, mediante riempimento con acqua di mare. Successivamente i cassoni verranno ulteriormente zavorrati riempiendoli con materiale arido di cava (sabbia e pietrame) o inerte proveniente dagli scavi e dragaggi del cantiere (se ritenuto idoneo), fino all'altezza di 3,80 m., e nella parte sommitale del cassone, in corrispondenza della camera antiriflettente, si porrà in opera una scogliera realizzata con massi di seconda categoria con pendenza del paramento 2/3, idonea a garantire la dissipazione sia dell'energia ondosa incidente sia dei moti indotti dai propulsori delle navi. Superiormente ai cassoni sarà posizionata una "coppella prefabbricata" anch'essa in c.a., opportunamente dimensionata ed armata, su cui si realizzerà la sovrastruttura di banchina.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 10 di 62

- Dopo lo scavo e la regolarizzazione del fondo marino, in corrispondenza del piano di imposta del basamento della banchina in cassoni, si realizzerà uno strato filtro in ghiaia, a bonifica del sedime originario, di spessore 30 centimetri. Alla base dei cassoni si realizzerà un imbasamento di pietrame scapolo esente da materiali fini, per uno spessore di 80 cm. La regolarizzazione del piano di posa dei cassoni sarà ottenuta mediante la posa di un adeguato strato di pietrisco. Il cassone sarà protetto dall'erosione al piede con il posizionamento di massi guardiani in doppio ordine, la cui misura espressa in metri avrà le seguenti dimensioni 3,15x1,50x0,50(h).

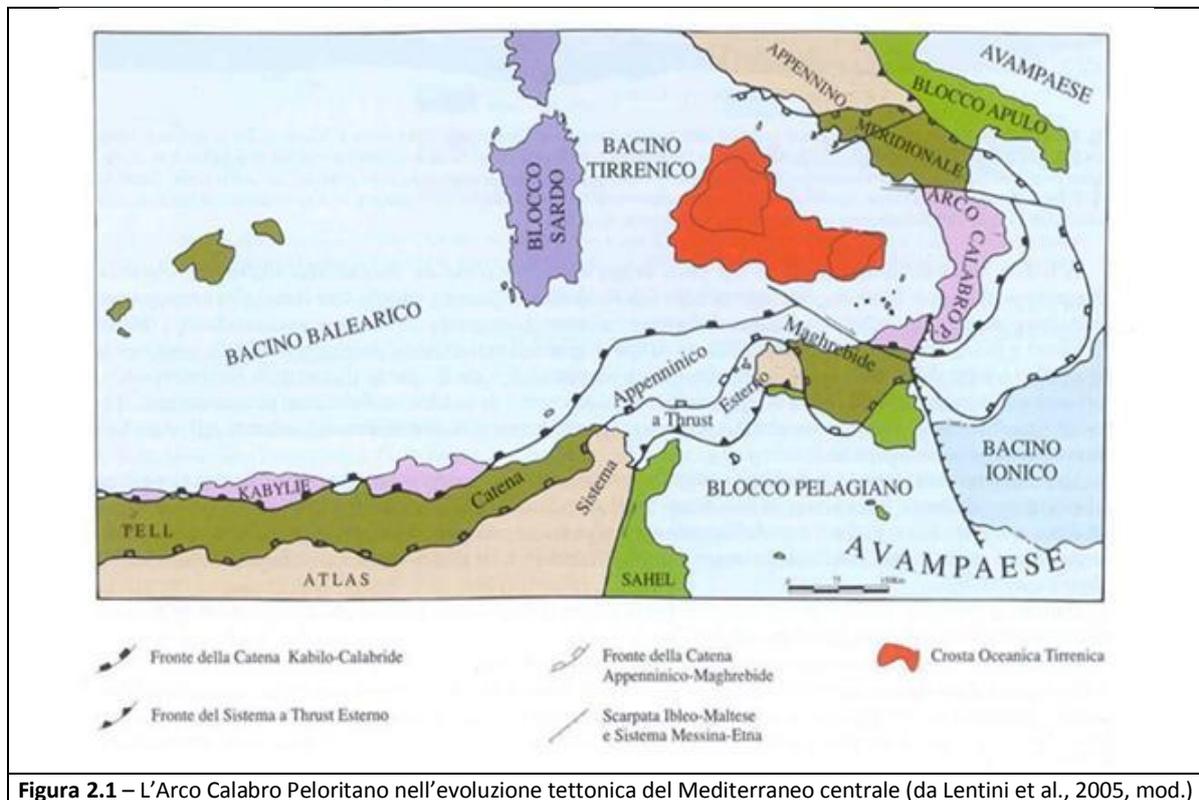
Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 11 di 62

Parte II

2 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI

2.1 INQUADRAMENTO REGIONALE

Il territorio in cui si trova l'area d'intervento fa parte di una vasta regione - tettonica definita nel suo complesso Arco Calabro Peloritano e qui caratterizzata dal *Graben dello Stretto di Messina* al quale, sul fronte calabro emerso, corrispondono l'*Horst dell'Aspromonte* e il meno esteso *Horst di Piale* che delimitano l'ampia depressione controllata da più sistemi di faglie, nota in letteratura come *Bacino di Reggio*. Si tratta di una regione interessata da intensi movimenti tettonici verticali ancora attivi, che hanno dato origine al rapido sollevamento dell'Aspromonte in Calabria e dei Monti Peloritani in Sicilia e allo sprofondamento dello Stretto.



Secondo gli studi più accettati, la struttura principale di questa regione sarebbe rappresentata da uno *slab* orientato in direzione NE-SW e immergente a NW, posto sul fronte ionico, verso il quale con movimento rotatorio anti-orario sembrerebbe dirigersi l'intero *Blocco Calabro* (v. figura 2.1). L'area studiata ricade nella zona centrale del *Bacino di Reggio Calabria*, fossa articolata e complessa posta tra il margine sud-occidentale dell'Aspromonte e lo Stretto di Messina, il cui sviluppo è controllato da più sistemi di faglie normali alcune delle quali sono correlabili a quelle dello Stretto, mentre altre sono specifiche del bacino emerso (Figura 2.2) .

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 12 di 62

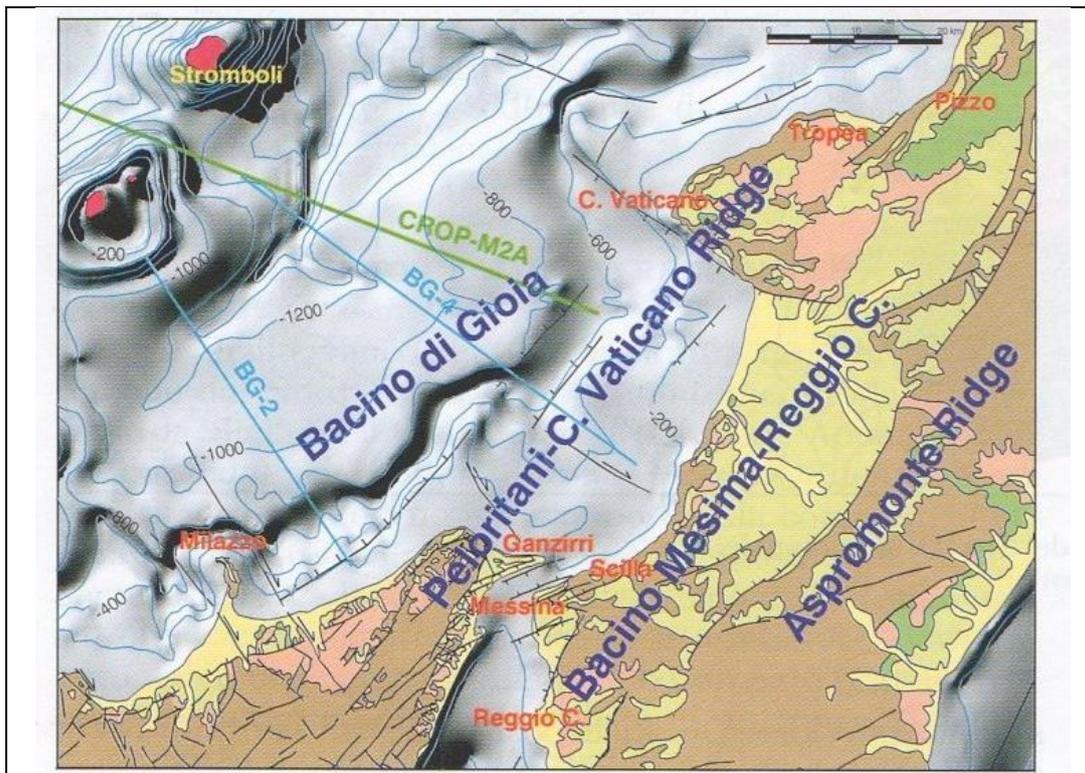


Figura 2.2 – Schema tettonico della Calabria meridionale e della Sicilia nord-orientale principali strutture presenti nell'*off-shore* tirrenico. In azzurro le linee sismiche pubblicate dal CNR e in verde le linee sismiche CROP-Mare

I diversi sistemi di faglie, caratterizzati da piani di scorrimento prossimi alla verticale lungo i quali si verifica il sollevamento discontinuo del basamento cristallino, hanno originato le scarpate che delimitano il bordo esterno dei terrazzi pleistocenici che scandiscono il sollevamento regionale polifase che interessa la Calabria meridionale almeno dal Pleistocene.

Nel *Bacino di Reggio*, dove importanti fenomeni di subsidenza avrebbero accentuato la depressione rispetto all'entroterra appenninico in sollevamento, si sono succeduti diversi cicli di sedimentazione, talora interferenti con le deposizioni del bacino ionico. I sedimenti più antichi, depositi in aree marine peri-costiere e generalmente a debole profondità, risalgono al Miocene (*Calcareni e Sabbie molassiche*) e sostengono potenti successioni, più o meno continue e spesso in forte discordanza stratigrafica e angolare, di sedimenti plio-pleistocenici di facies deltizia e continentale (*Ghiaie e sabbie di Messina*) apicalmente ricoperti da depositi olocenico – attuali di facies francamente continentale (*Depositi di terrazzo e Depositi alluvionali*).

La continuità stratigrafica della sedimentazione mostra tracce evidenti dei fenomeni tettonici e delle faglie, ma in tutte le aree emerse è lateralmente interrotta dagli intensi processi erosivi che hanno inciso e segmentato le formazioni, in particolare quelle pleistoceniche, che spesso si osservano soltanto come affioramenti isolati alla sommità dei rilievi interfluviali.

Per altro va posto in evidenza che i sedimenti plio-pleistocenici del bacino di Reggio Calabria appoggiano con uguale frequenza sui litotipi del basamento cristallino-metamorfoico oppure sui sedimenti miocenici e questi ultimi, talvolta anche in aree prossime alla costa, appoggiano sullo stesso basamento.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 13 di 62

Recenti studi tendono a riconoscere nella successione plio-pleistocenica alcune intercalazioni che, pur spazialmente discontinue, caratterizzano l'interland di Reggio Calabria in maniera tanto particolare da diventare quasi esclusive del *Bacino*.

I rapporti stratigrafici fra le diverse formazioni sono rappresentati nella figura 2.3, per la cui lettura si deve tenere presente che si tratta di una rappresentazione estremamente schematica, nella quale alcuni termini (*Calcareniti*, *Marne*, *Sabbie superiori*, *Ghiaie di Messina*) possono rinvenirsi in continuità stratigrafica, mentre altri (*Calcari*) sono più sporadici. Anche se in alcun caso la continuità stratigrafica va intesa come indeclinabile successione verticale continua, i rapporti tra le *Ghiaie di Messina* e i *Sedimenti eterometrici di terrazzo* sono caratterizzati da una netta discordanza angolare ed inoltre questi ultimi, al contrario delle formazioni precedenti, si sono depositati in ambiente continentale peri-costiero e spesso hanno ricoperto stagni e acquitrini, talora originando sedimenti torbosi.

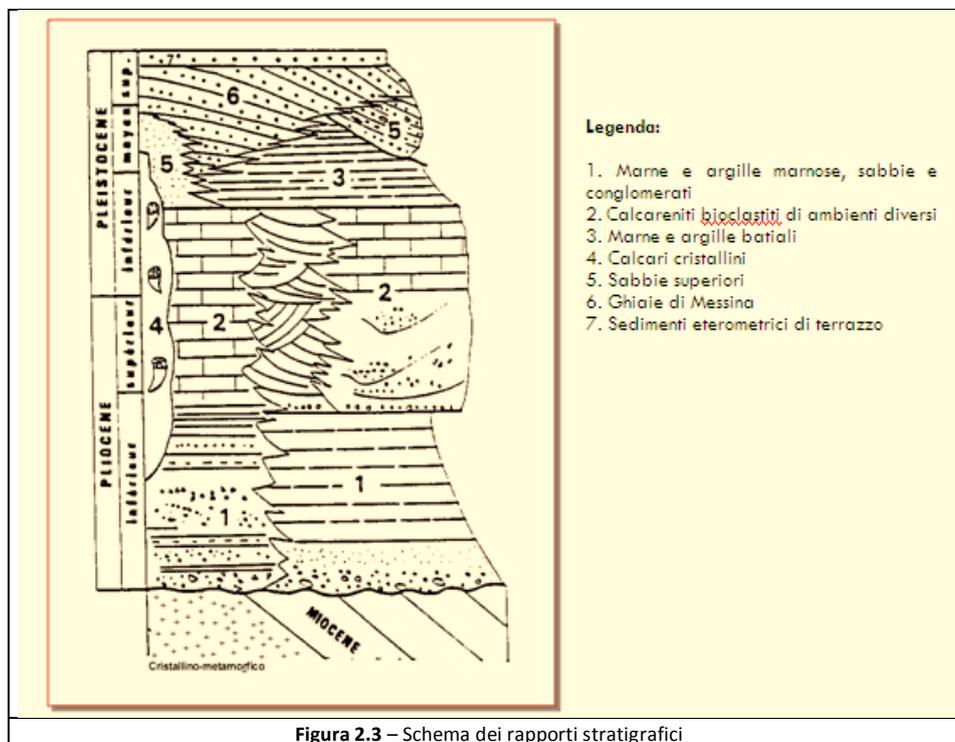


Figura 2.3 – Schema dei rapporti stratigrafici

In tale quadro ogni formazione può essere costituita da litotipi molto diversi, accomunati soltanto dall'età. Un esempio è rappresentato dalle *Ghiaie di Messina*, formazione pleistocenica stratificata con andamento inclinato verso la parte assiale dello Stretto per un fenomeno di clinostratificazione in ambiente deltizio. Un fenomeno analogo può essere alla base della sedimentazione dei depositi di terrazzo che caratterizzano l'immediato entroterra dell'area di costruzione.

In tale contesto tettonico e geomorfologico, il Bacino di Reggio si inserisce con aspetti tettonici, geologici e fisiografici singolari.

I sollevamenti tettonici hanno causato il ringiovanimento del rilievo e un'intensa attività erosiva, mantenendo attivi i processi morfogenetici che hanno modellato il paesaggio e il pattern

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 14 di 62

idrologico. La contemporaneità degli eventi e la loro durata hanno reso possibile la progradazione, alimentata dai materiali smantellati nell'entroterra e la creazione delle sottili pianure litoranee dove all'azione terrigena si associa quella meteomarina.

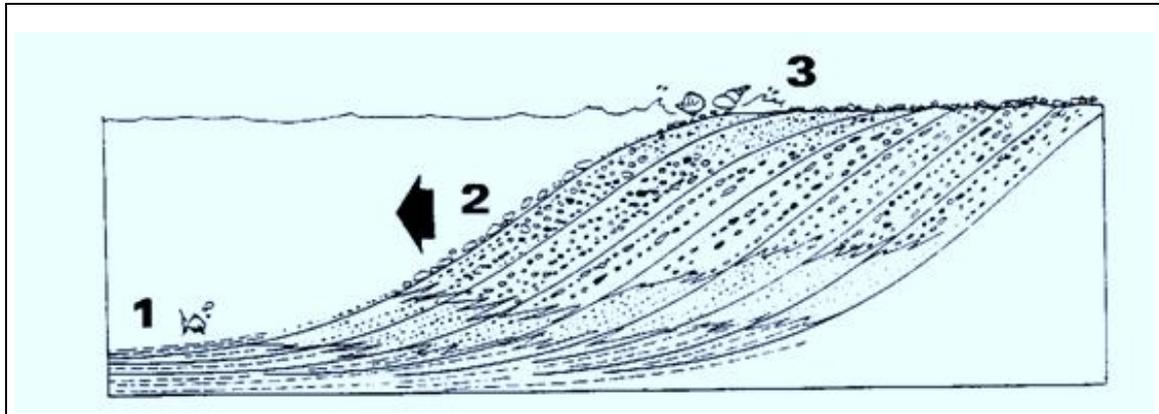


Figura 2.5 – Meccanismo di progradazione [1 Sabbie (bottom set); 2 Ghiaie clinostratificate (foreset); 3 depositi di litorale (topset)]

Ne è derivata una situazione geomorfologia che allo stato attuale si caratterizza per la presenza di corsi d'acqua che scorrono ripidi e in valli strette, che solo in prossimità della foce danno luogo ad espansioni deltizie, talvolta coalescenti, con letti disposti secondo linee di massima pendenza, scavati tra rilievi dalla sommità tabulare che si protendono verso il fondo valle in maniera molto ripida e verso il mare con pendenze minori.

Le formazioni su cui si sviluppano tali processi sono rappresentate sulla Carta Geologica della Calabria (1:25.000) che nella parte che riguarda l'area di costruzione è riportata nella figura 2.6.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	11/5/2014
		Pag. 15 di 62	

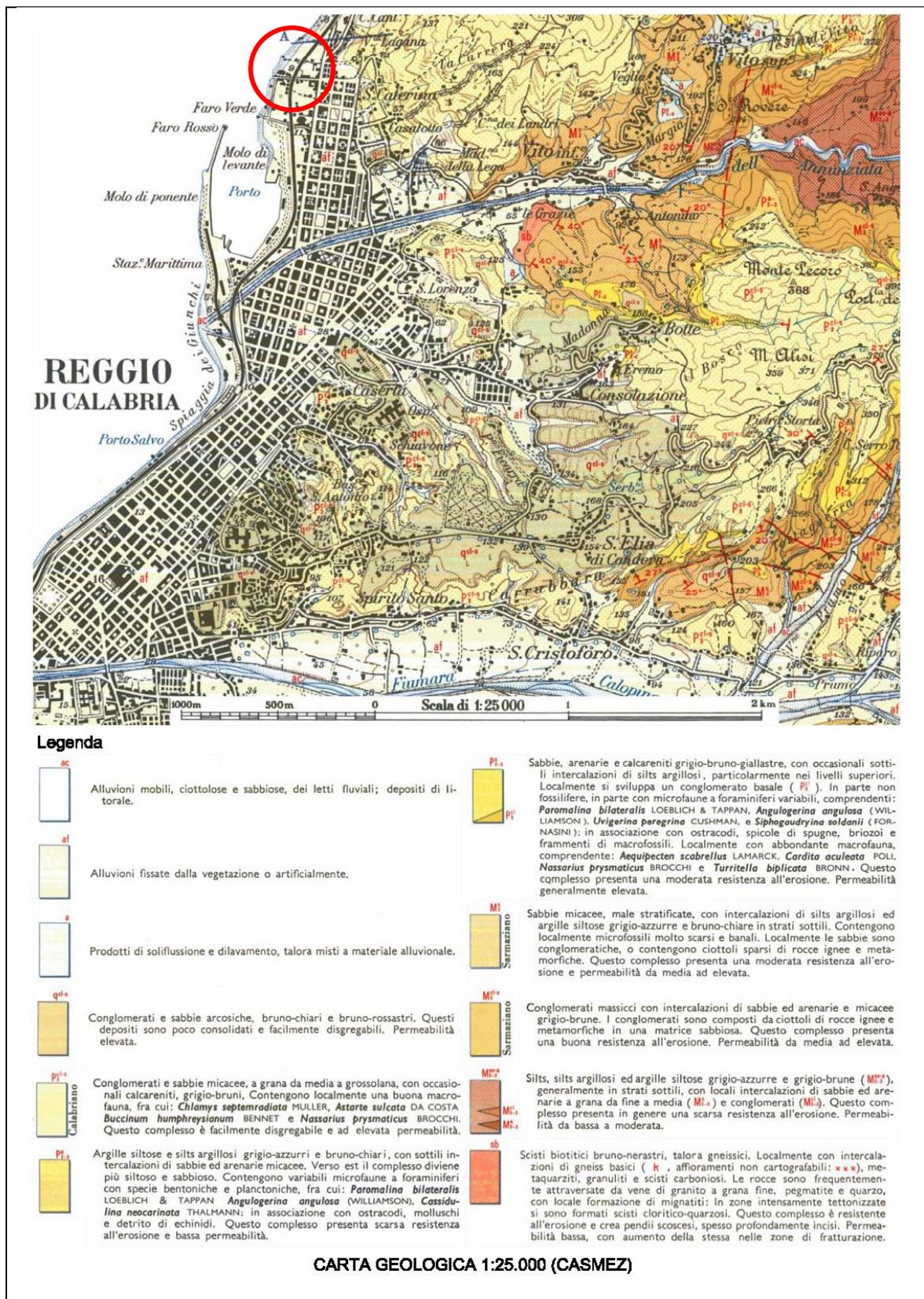


Figura 2-4 – Stralcio della Carta geologica del bacino di Reggio Calabria

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 16 di 62

Parte III

3 PERICOLOSITÀ e VINCOLI GEO-AMBIENTALI

3.1 PERICOLOSITÀ E VINCOLI P.A.I.

Il P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Calabria) è lo strumento mediante il quale l'Autorità di Bacino della Calabria dà indicazioni sulla destinazione d'uso del territorio in relazione a tre tipologie di rischio idrogeologico (rischio di frana; rischio d'inondazione; rischio di erosione costiera) e, in conformità al D.P.C.M. 29 settembre 1998, per ciascuna tipologia prevede quattro livelli di rischio - ad intensità decrescente da R4 a R1 – così indicati:

- **R4** [Rischio molto elevato] . *Quando esistono condizioni che determinano la possibilità di: perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socio-economiche.*
- **R3** [Rischio elevato] . *Quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socio-economiche;*
- **R2** [Rischio medio] . *Quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche.*
- **R1** [Rischio basso] . *Per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.*

Lo stesso Piano definisce pericolose alcune porzioni del territorio intorno a centri abitati e infrastrutture dove i dati disponibili "indicano condizioni di pericolo la cui effettiva sussistenza e gravità potrà essere quantificata a seguito di studi, rilievi e indagini di dettaglio". In tale prospettiva il Piano individua:

- *Aree con pericolo di frana*, tracciate in via transitoria sulla base dell'inventario delle frane rilevate, così come definite nelle specifiche tecniche del PAI e localizzate nelle corrispondenti tavole grafiche;
- *Aree di attenzione per pericolo di inondazione*, che interessano tutti i tratti dei corsi d'acqua per i quali non sono stati ancora definiti i livelli di rischio;
- *Aree con pericolo di erosione costiera* che interessano i tratti di spiaggia retrostanti la linea di riva per una fascia di 50 metri.

Per quanto attiene al **Rischio frane**, dal riscontro analitico dell'elaborato del PAI (Tav. 080-063/3) si evince che l'area di intervento non rientra tra le aree in frana, né tra quelle classificate a rischio di frana o tra le aree di rispetto, restando le aree più vicine ed in qualche modo soggette a questo tipo di rischio (Aree R2) a monte della circonvallazione (v. figura 3.1).

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 17 di 62

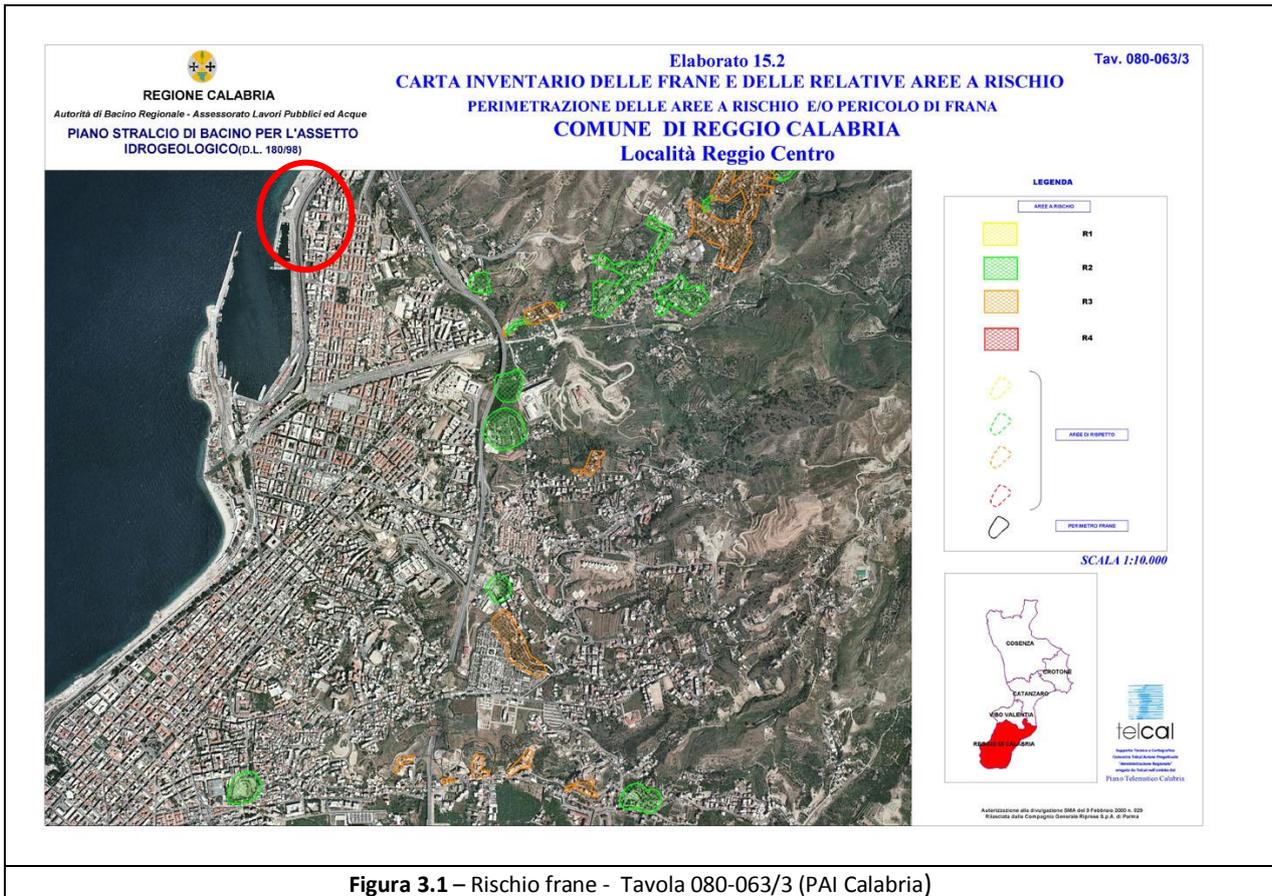


Figura 3.1 – Rischio frane - Tavola 080-063/3 (PAI Calabria)

Analogamente, per il **Rischio idraulico** dalla tavola C4.564.A si deduce che la posizione dell'area di intervento è priva di penalizzazioni dirette e non è interessata da aree, punti o zone di attenzione (v. figura 3.2).

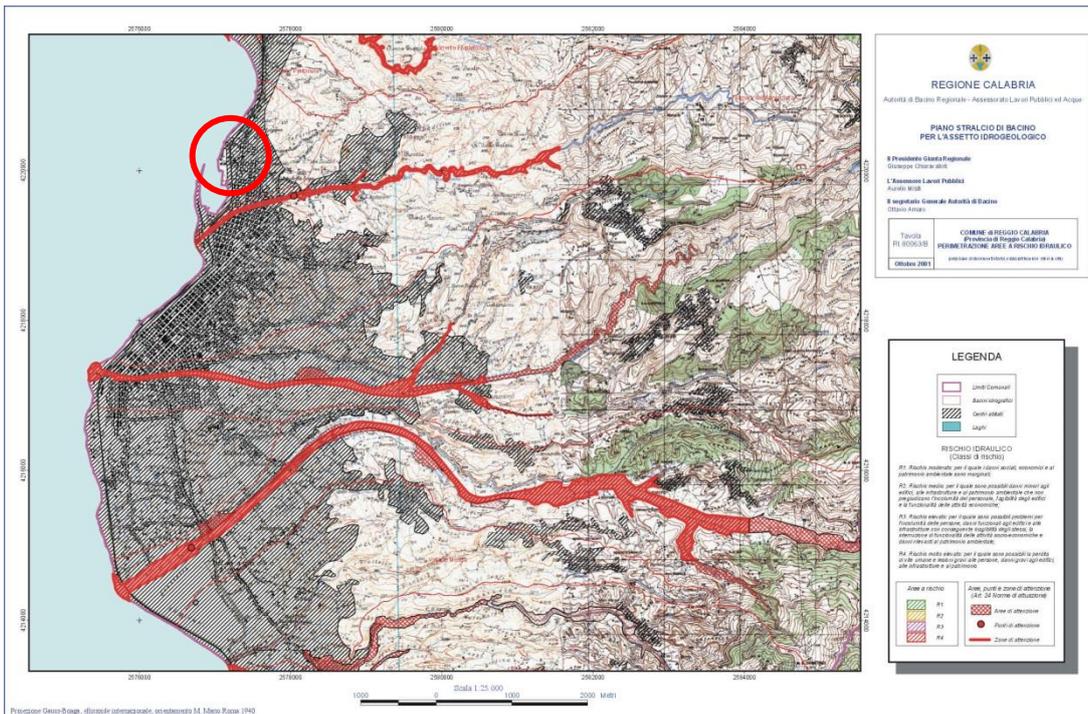


Figura 3.2 – Rischio Idraulico - Tavola RI 80063/B (PAI Calabria)

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 18 di 62



Figura 3.3 – Stralcio P.A.I. Regione Calabria - Autorità di Bacino Regionale – Assessorato Lavori Pubblici ed Acque. Dall'elaborato 12.2 “Perimetrazione delle aree a rischio di erosione costiera” - Comune di Reggio Calabria – Tav. 080-063/0.

3.2 PERICOLOSITÀ E VINCOLI SISMICI

3.2.1 Regione sismo-tettonica

Com'è stato descritto nella Parte II, il territorio in cui ricade l' area d'intervento rientra nella struttura tettonica dello Stretto di Messina, caratterizzata da un'accentuata mobilità verticale da cui deriva il sollevamento dell'entroterra cristallino e dei terreni sedimentari sovrapposti - in un'alternanza di fasi di sollevamento e rallentamento che hanno prodotto la caratteristica morfologia a gradinata - e da fenomeni di sovrascorrimento passivo e di rotazione anti-oraria, che traslano il blocco calabro verso sud-est allontanandolo dai Peloritani.

La configurazione sismo-tettonica dell'area d'interesse è governata da alcuni sistemi di faglie dirette di età recente, a prevalente orientazione NE – SW, le quali delimitano il bordo orientale del

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 19 di 62

bacino di Reggio Calabria nei confronti dell'*Horst dell'Aspromonte* e, più a nord, il *bacino di Gioia* ed il *Graben del Mesima* dalla dorsale interna. Il complesso quadro strutturale è completato da altri importanti sistemi di faglie a orientazione NW-SE e, seppure in minor misura, ad andamento E-W e NW-SE (v. Fig. 3.4 - Neotectonic Map of Italy – CNR - Progetto finalizzato Geodinamica).

Molto legati a queste strutture, sono i terremoti che, nel corso dei secoli, si sono succeduti nell'area, assumendo talvolta intensità distruttiva.

Il potenziale sismogenetico deriva dalla correlazione delle strutture tettoniche con la posizione degli ipocentri dei terremoti più intensi, localizzati a nord nella Piana di Gioia Tauro e nella valle del Mesima, a sud nello Stretto di Messina e a est nel mare Jonio fino a Ferruzzano.

Sulla Carta Neotettonica d'Italia (CNR – Progetto Finalizzato Geodinamica, 1991) si può notare che il massimo assoluto di attività sismica dell'Arco Calabro è localizzato nello Stretto di Messina e nella Piana di Gioia - Bacino del Mesima, con un gran numero di terremoti di magnitudo $M > 7$ e profondità focali di circa 10 Km. Tali ricorrenze, estese a quelle che caratterizzano l'intero territorio nazionale, hanno portato alla valutazione della massima intensità macrosismica risentita dalle diverse parti della penisola italiana e alla redazione di una specifica carta tematica (Carta della Massima intensità macrosismica risentita in Italia. INGV; Pres. Cons. Ministri - Dip. Protezione Civile.1996) uno stralcio della quale comprendente l'area in esame è riportato nella pagina seguente. Dall'esame di tale Carta si evince chiaramente che il territorio di Reggio Calabria e quindi anche l'area di costruzione rientrano in una zona in cui si sono verificati terremoti distruttivi con intensità MCS maggiore dell'XI grado.

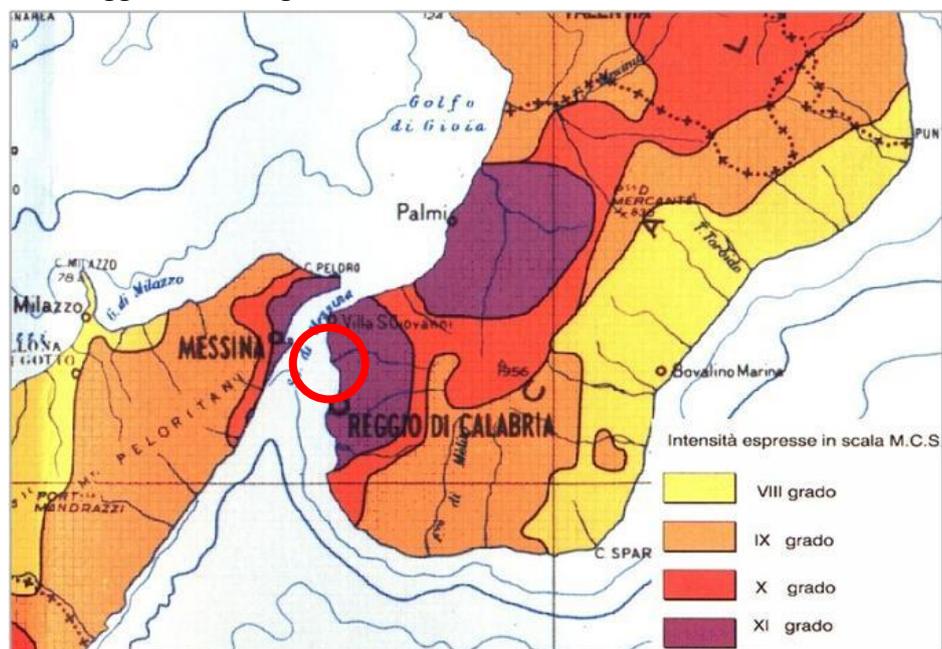


Figura 3-2– Stralcio della Carta della massima intensità macrosismica risentita in Italia (INGV-SSN, 1995 e s.m.i)

Nella figura 3.4, invece, sono riportate, le principali faglie che attraversano l'Arco Calabro con la sovrapposizione dei principali terremoti.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 20 di 62

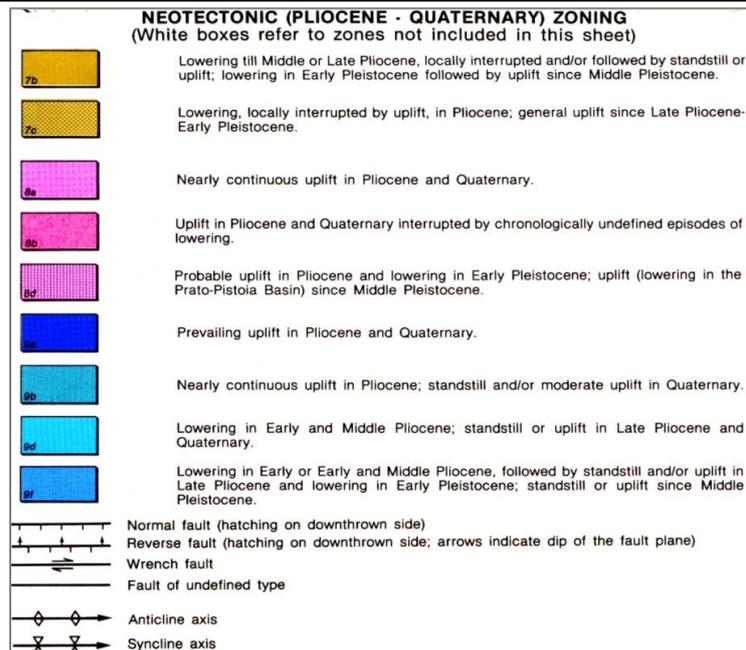
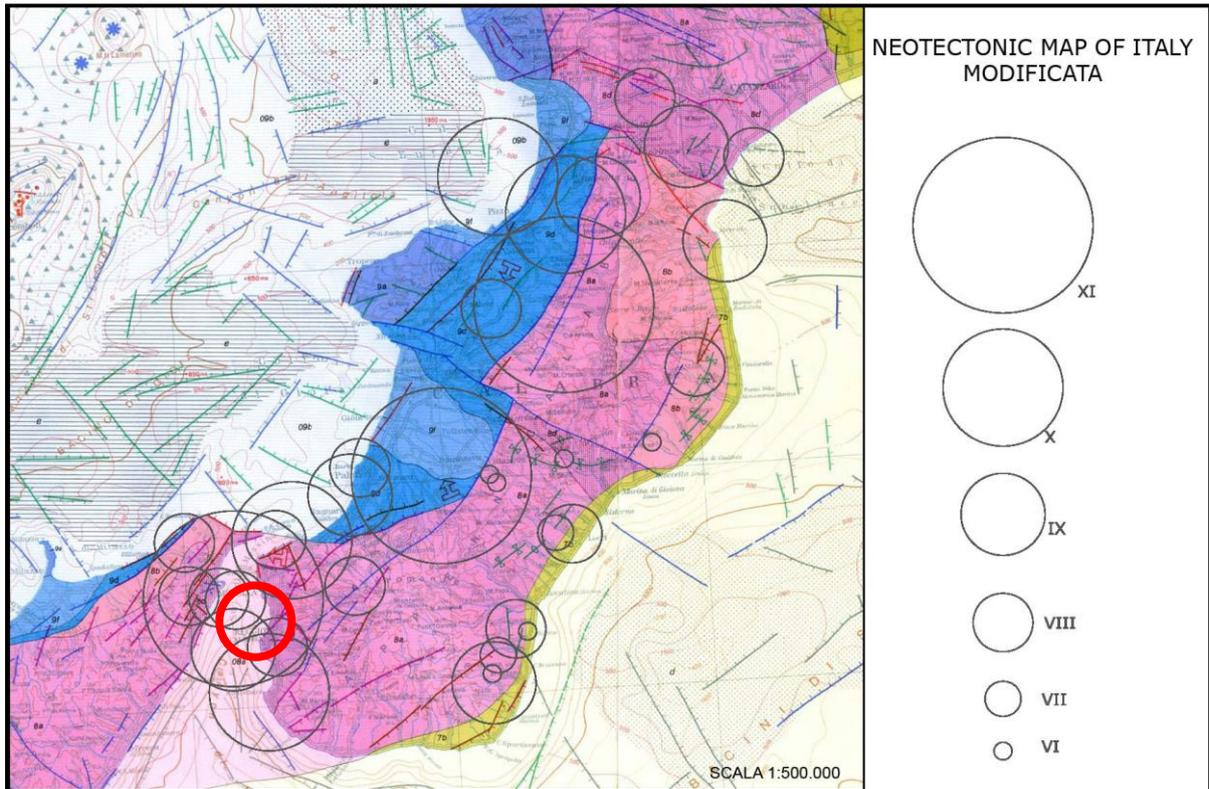


Figura 3.3-Carta neotettonica della Calabria meridionale e della Sicilia orientale (CNR Progetto finalizzato Geodinamica, modificata G.Mandaglio 2013).

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 21 di 62

3.2.2 Pericolosità sismica

Dall'insieme delle situazioni descritte deriva l'elevato livello di sismicità del territorio e la sua pericolosità sismica.

Rimandando alla relazione sulla pericolosità sismica per i dettagli sulla valutazione e per i diversi approcci utilizzati (deterministico e probabilistico), nelle tabelle seguenti è sintetizzata la storia sismica di Reggio Calabria con i danni causati da ogni evento, ricostruiti con dati storici e strumentali.

Dai dati tabellati si evincono con immediatezza gli effetti al sito e cioè l'entità dei danni che, a parità di energia liberata, ogni terremoto ha prodotto a Reggio Calabria.

Storia sismica di Reggio di Calabria [38.108, 15.647]									
Numero di eventi: 64									
Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
9-10	-91					Reggio Calabria?	1	9-10	6.30
8-9	17					Reggio C.-Sicilia	2	8-9	5.14
9-10	374					Reggio Calabria	1	9-10	6.30
6-7	1169	02	04	07		Sicilia orientale	9	10	6.60
NC	1184	05	24			Valle del Crati	7	9	6.00
5-6	1230	04	05			REGGIO CALABRIA	1	5-6	4.63
NR	1494	05	29	02	15	Messina	2	7-8	5.17
8	1509	02	25	22	20	Calabria meridionale	4	9	5.57
7	1599	08				MESSINA	2	7	5.17
5-6	1638	03	27	15	05	Calabria	206	11	7.00
4-5	1649	01				MESSINA	2	6-7	5.03
6	1659	11	05	22	15	Calabria centrale	118	10	6.50
7	1693	01	11	13	30	Sicilia orientale	181	11	7.41
5-6	1706	03	19			REGGIO CALABRIA	4	5-6	4.63
4-5	1712	07	16			CALABRIA MER.	4	D	4.65
4-5	1715	02	21			REGGIO CALABRIA	4	5-6	4.68

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 22 di 62

7-8	1743 02 20 16 30	Basso Ionio	77	9	6.90
5-6	1743 12 07	CALABRIA MERID.	7	7-8	5.79
F	1767 07 14 01 05	Cosentino	8	8-9	5.83
6-7	1770 06 08	REGGIO CALABRIA	2	6-7	5.03
8-9	1783 02 05 12	Calabria	357	11	6.91
6-7	1783 02 07 13 10	Calabria	192	10-11	6.59
7	1783 03 28 18 55	Calabria	323	11	6.94
5	1791 10 13 01 20	Calabria centrale	77	9	5.92
3-4	1818 02 20 18 15	Catanese	127	9-10	6.00
3-4	1824 12 11	ROSSANO	4	7-8	5.53
5	1828 03 12	PALMI	4	7	5.33
4	1831 01 28	MILAZZO	4	6-7	5.03
5	1832 03 08 18 30	Crotonese	78	10	6.48
NF	1835 10 12 22 35	Cosentino	34	10	5.91
NF	1836 04 25 00 20	Calabria settent.	46	10	6.16
3	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10	6.15
2	1857 12 16 21 15	Basilicata	337	11	6.96
3	1869 11 28	VIBO VALENTIA	21	6-7	5.03
2-3	1870 10 04 16 55	Cosentino	56	10	6.16
NF	1879 06 17 06 50	Area etnea	27	9	5.06
3	1887 12 03 03 45	Calabria settent.	142	9	5.52
3	1892 03 16 12 38	ALICUDI	28	8	5.38
3	1893 04 22 03 20	MONTALBANO	33	6-7	5.03
7	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	299	9	6.05
F	1894 12 27	FILICUDI	12	7	5.18
5	1898 08 12	ROMETTA	69	6-7	5.03
7-8	1905 09 08 01 43	Calabria	827	10-11	7.06
6	1907 10 23 20 28	Calabria meridionale	270	9	5.93
4	1908 12 10 06 20	NOVARA DI SICILIA	64	7	5.00
10	1908 12 28 04 20	Calabria meridionale	786	11	7.24
8	1909 07 01 06 24	CALABRO MESSINESE	35	8	5.55
3-4	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	9	5.87
3-4	1913 06 28 08 53	Calabria settentrion	151	8-9	5.65
NF	1913 10 04 18 26	MATESE	205	8	5.40
F	1916 07 03 23 21	STROMBOLI	18	6-7	5.07
5-6	1928 03 07 10 55	CAPO VATICANO	30	8	5.90
3	1936 10 08 08 04	PATTI	16	6-7	4.83
4	1947 05 11 06 32	Calabria centrale	254	9	5.71
5-6	1961 03 24 10 36	ASPRMONTE	59	5-6	4.63
RS	1967 12 09 03 09	ADRIATICO MER.	22	5	4.83
3	1968 05 19 09 37	BASSO TIRRENO	11	4	4.83
7	1975 01 16 00 09	Stretto di Messina	346	7-8	5.38
5	1978 03 11 19 20	Calabria meridionale	126	8	5.36
5-6	1978 04 15 23 33	Golfo di Patti	332	8	6.06
3-4	1980 11 23 18 34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
4-5	1990 12 13 00 24	Sicilia sud-orientale	304	7-8	5.68
4	1999 02 14 11 45	PATTI	101	6	4.73
4	2002 09 06 01 21	PALERMO	132	6	5.89

Figura 3-4 – Storia sismica di Reggio Calabria (INGV) [Is = Intensità al sito (MCS); Np = Numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Ix = intensità massima (MCS); Mw = Magnitudo momento]

L'istogramma (figura 3.7) evidenzia l'intensità, l'incremento di frequenza negli ultimi 5 secoli e il terremoto più importante (sisma del 28.12.1908), mentre la figura 3.8 rappresenta l'intensità

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 23 di 62

macrosismica del terremoto stesso nei centri abitati della Calabria Meridionale e della Sicilia Nord-orientale (INGV - Stucchi et alii 2007). L'intensità macrosismica risentita nell'area dello Stretto di Messina e nei territori confinanti è riportata nella figura 3.9.

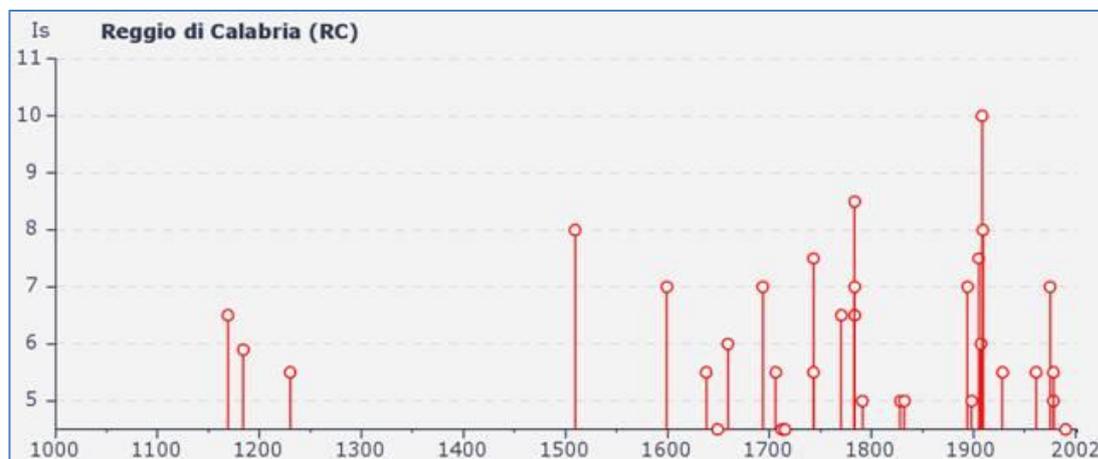


Figura 3-5 – Storia sismica (Intensità al sito) di Reggio Calabria (INGV)

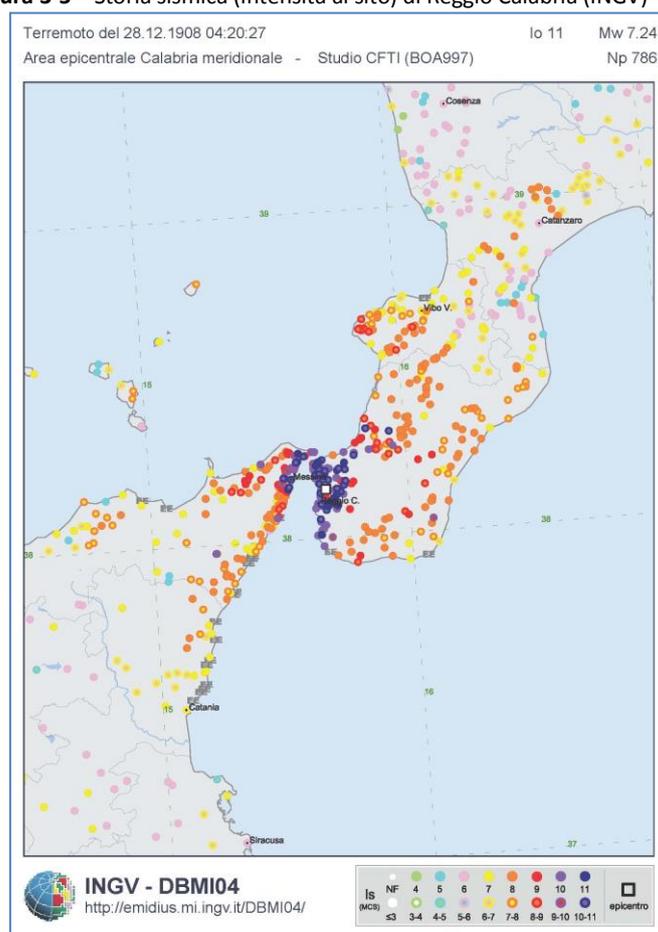


Figura 3-6 – Distribuzione dell'intensità macrosismica in Calabria e Sicilia nordorientale per il terremoto del 1908 (INGV - Stucchi et alii -2007)

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 24 di 62

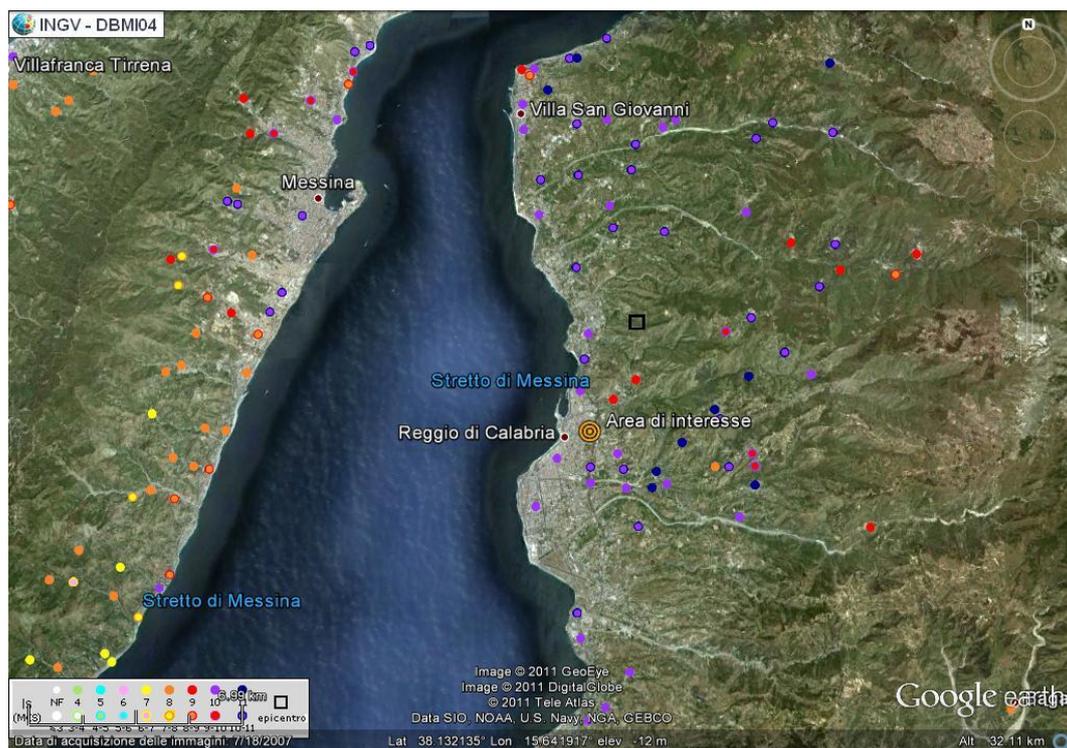


Figura 3-7 – Distribuzione dell'intensità macrosismica nel territorio di Reggio Calabria e Messina per il terremoto del 1908 (INGV - Stucchi et alii. -2007)

Importante è la mappa della pericolosità sismica del territorio Italiano, approvata dalla Commissione Grandi Rischi (Fig 3.10 e 3.11). Tale carta, redatta in termini di *accelerazione massima al suolo* su un suolo di riferimento di Categoria A, fornisce la base di partenza per la valutazione dell'azione sismica prevista dalle norme vigenti (NTC 2008).

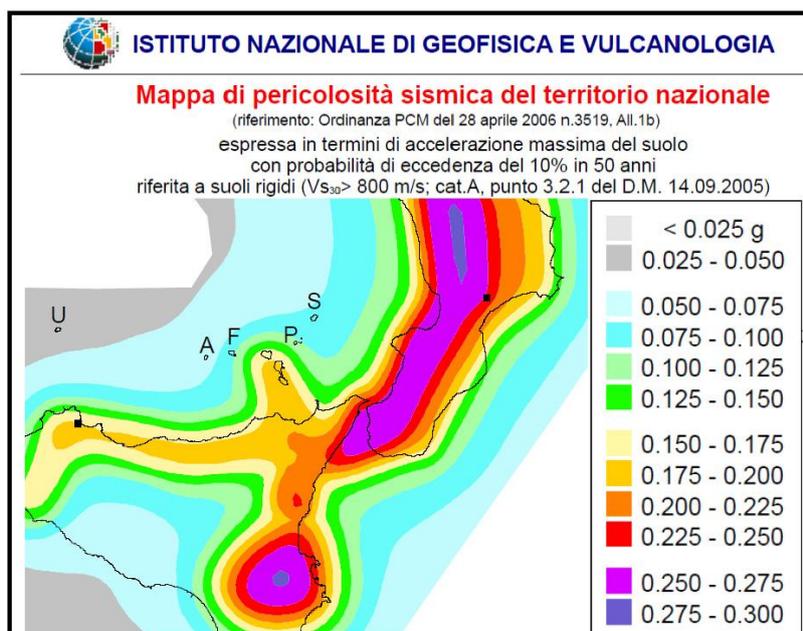


Figura 3-8- Stralcio Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 25 di 62

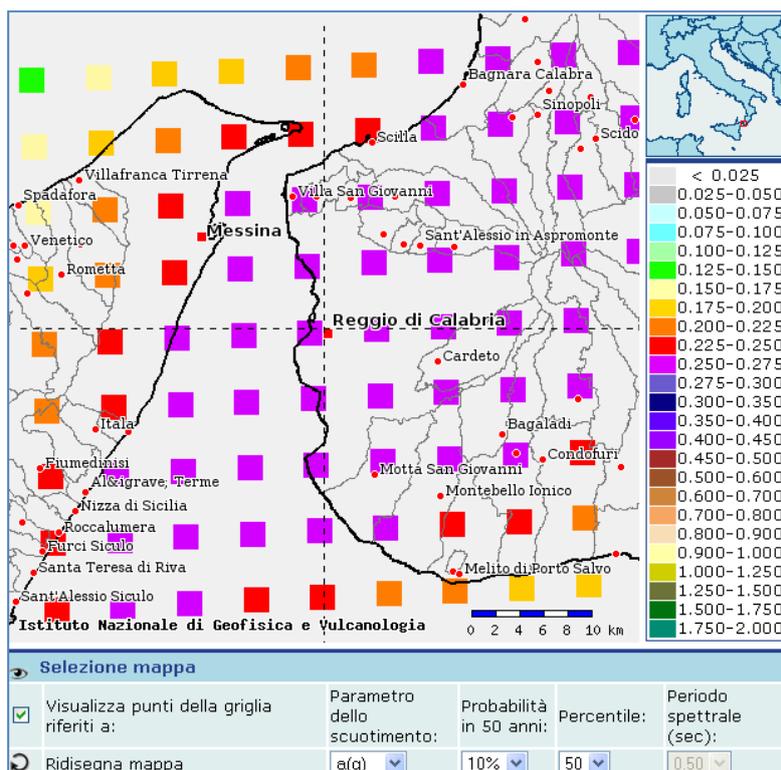


Figura 3-9- Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del territorio di interesse (il sito di progetto è posto in prossimità del centro della griglia (fonte INGV)

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 26 di 62

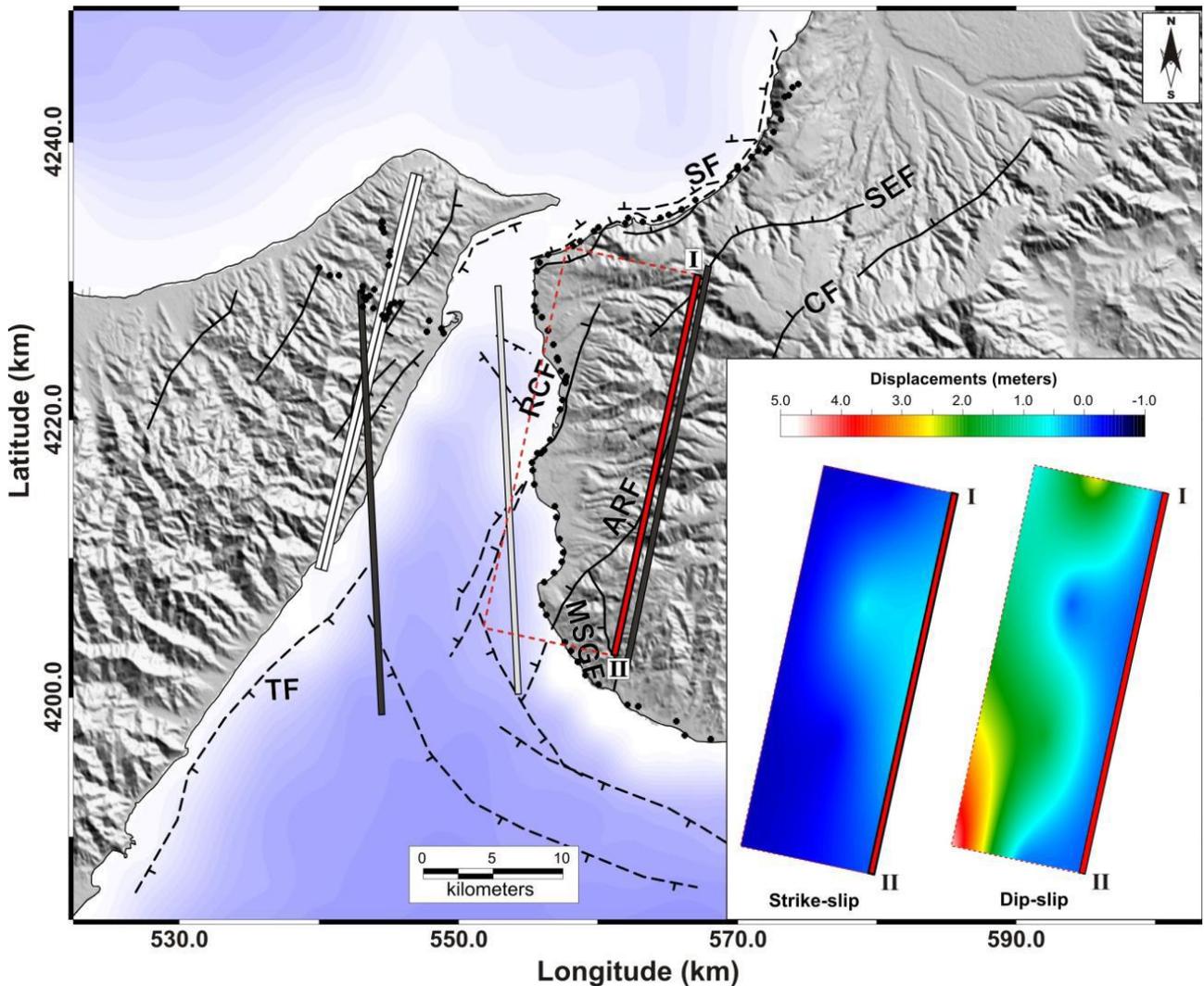


Fig.3.12. Mappa schematica con i modelli di faglia ricostruiti per il terremoto del 1908.

Le linee scure indicano l'intersezione del piano di faglia con la superficie del suolo. La doppia linea bianca rappresenta il modello proposto da Brancaleoni et al. (2009); la linea grigio-scura rappresenta due soluzioni equivalenti ottenute senza considerare i parametri della faglia; la linea grigia chiara semplice rappresenta due soluzioni equivalenti ottenute fissando un angolo d'inclinazione di 60°; la linea nera indica le tracce geologiche delle faglie (a tratti dove dedotte o sommerse, segnati sul lato ribassato del blocco; ARF = Faglia di Armo; CF = Faglia di Cittanova; MSGF = Faglia di Motta San Giovanni; RCF = Faglia di Reggio Calabria; SEF = Faglia di S. Eufemia; SF = Faglia di Scilla). I cerchi neri indicano i punti della livellazione di Loperfido (1909). Il riquadro mostra le componenti di strike-slip e dip-slip per la faglia di Armo modellata con un angolo d'inclinazione di 60° (linea rossa) calcolata dividendo la dislocazione di superficie in una griglia con maglie di 7 x 7 km. I risultati sono proiettati alla superficie del suolo. La proiezione è UTM-WGS84.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 27 di 62

Parte IV

4 ASPETTI GEOLOGICI LOCALI

4.1 QUADRO DI RIFERIMENTO

Come già ampiamente trattato nella Parte II, il territorio su cui si trova l'area d'intervento ricade nella vasta regione tettonica caratterizzata dal *Graben dello Stretto di Messina* al quale, sul fronte calabro emerso corrispondono i pilastri tettonici sud-calabresi che delimitano l'ampia depressione nota in geologia come *Bacino di Reggio*. Si tratta di una regione interessata da intensi movimenti tettonici verticali ancora attivi, che hanno dato origine al rapido sollevamento dell'Aspromonte in Calabria e dei Monti Peloritani in Sicilia.

Il sollevamento del basamento cristallino è avvenuto con andamento discontinuo ed ha generato la successione dei terrazzi pleistocenici che delimitano la zona orientale del bacino, inserendosi nel sollevamento regionale polifasico che in Aspromonte può essere riscontrato fino ad altitudini superiori ai 1600 metri.

Diffusi fenomeni di subsidenza hanno caratterizzato il *Bacino di Reggio*, accentuandone l'aspetto depresso rispetto all'entroterra appenninico in sollevamento e dando luogo a diversi cicli di sedimentazione con depositi di spessore più o meno elevato, intervallati alle fasi di sollevamento.

4.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Le peculiarità geolitologiche del territorio emerso sono determinate dalla presenza di terreni sedimentari appartenenti a due formazioni, differenti per età e ambiente di sedimentazione.

Se dai terreni affioranti nell'immediato entroterra - prevedibilmente presenti anche nel substrato dell'area di costruzione - si procede verso la costa, dove affiorano e sono in via di formazione quelli più recenti la successione litostratigrafica può essere così schematizzata:

- *Ghiaie e Sabbie di Messina (Pleistocene)*
- *Depositi alluvionali (Olocene – Attuale)*

4.2.1 Ghiaie e Sabbie di Messina

La formazione, costituita da ghiaie e sabbie grigio-giallastre di ambiente marino epicontinentale, viene a giorno sui rilievi collinari a est dell'area di costruzione, dove talvolta è coperta da depositi terrazzati di ambiente continentale, ma la sua presenza nel substrato profondo dell'area di costruzione è da ritenere certa. Nei luoghi di affioramento più vicini alla costa la formazione si mostra come una successione di ghiaie interstratificate con sabbie medio – grossolane localmente con intercalazioni francamente sabbiose.

Le componenti più grossolane (ciottoli) sono rappresentate da clasti sub-arrotondati di rocce cristallino – metamorfiche, di dimensioni centimetriche e talvolta decimetriche, mentre la matrice sabbiosa è in prevalenza grossolana, di natura quarzosa e subordinatamente micacea.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 28 di 62

Nei luoghi in cui l'affioramento è più visibile (ex Cava Leone), la successione immerge verso la parte assiale dello Stretto di Messina con un angolo di circa 30°, a causa di una marcata clino – stratificazione che, secondo l'opinione di molti studiosi, è singenetica e riflette le originarie condizioni dell'ambiente deposizionale.

Nonostante i litotipi siano in prevalenza allo stato incoerente e i processi litogenetici siano a uno stadio embrionale, la diagenesi ha prodotto un addensamento elevato e non è raro che diano origine a scarpate con angolo di inclinazione maggiore all'angolo di attrito interno (imbocco dell'autostrada A3). Tuttavia la mancanza di cementazione o di una litificazione vera e propria è causa di una modesta resistenza ai processi erosivi.

Nei luoghi di affioramento sopra indicati (a monte dell'Autostrada A3) si possono osservare successioni continue di ghiaie e sabbie con occasionali quantità di limo e rari trovanti. Ma talora nella formazione si possono osservare addensamenti di materiali a granulometria medio-fine ad andamento lenticolare; più spesso però prevalgono le componenti grossolane, costituite da frammenti eterometrici di rocce ignee e metamorfiche, elaborati dalle correnti fluviali durante il trasporto.

La permeabilità delle *Ghiaie e Sabbie di Messina* è molto elevata, e si sviluppa prevalentemente per percolazione nei vuoti intergranulari (permeabilità primaria, per porosità).

4.2.2 Depositi alluvionali

Facendo riferimento all'area di costruzione e alle sue immediate adiacenze, i rilievi e le indagini hanno permesso di stabilire la presenza di sedimenti di età olocenico-attuale, indicati sulla Carta geologica come *Depositi alluvionali stabilizzati*.

Si tratta di sedimenti riferibili allo smantellamento delle formazioni geologiche presenti nell'entroterra e alla sedimentazione del trasporto solido dei corsi d'acqua, la cui granulometria va dalle ghiaie e sabbie grossolane alle sabbie fini debolmente limose, ma sempre con elementi ciottolosi di natura cristallino-metamorfica.

Il meccanismo della deposizione fluviale permette di prevedere anche intercalazioni più o meno lenticolari di materiali grossolani tra quelli più fini e viceversa, in relazione alla velocità, alla capacità di trasporto e alla provenienza delle antiche correnti deposizionali; considerando tuttavia la posizione dell'area di costruzione - tra il molo di ponente del Porto e la linea di riva della Spiaggia dei Giunchi – i processi deposizionali vanno correlati ai fenomeni meteomarini e alle modificazioni antropiche subite dal litorale in seguito alla costruzione del porto, dei piazzali e delle opere connesse.

4.2.3 Depositi di litorale

Verso l'esterno, i *Depositi alluvionali* passano a *Depositi di litorale*, che occupano la fascia di territorio compresa tra la linea di riva e il viadotto che raccorda il porto all'autostrada: va però evidenziato che nella parte più vicina al mare, in tempi recenti è stata realizzata una scogliera che protegge i sedimenti dalle azioni meteomarine. In quest'area, che nella rappresentazione

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 29 di 62

cartografica allegata risulta ancora come specchio d'acqua, si rinvencono materiali profondamente diversi da quelli ascrivibili ai processi naturali e classificabili come veri e propri materiali di riporto.

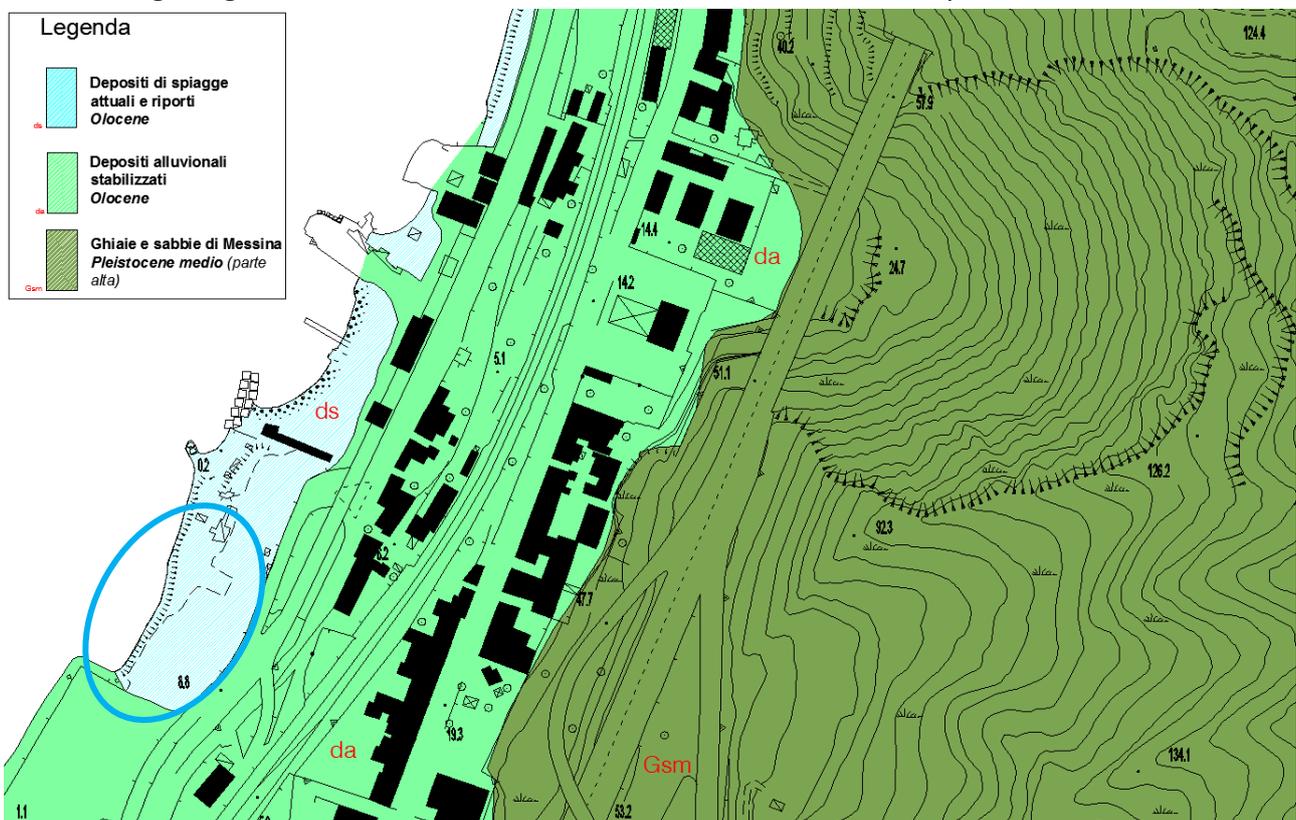
I Depositi di litorale sono costituiti da litotipi ghiaiosi e sabbiosi, disposti in strati più o meno irregolari, e si rinvencono sempre allo stato sciolto, la qual cosa determina un'elevata permeabilità per porosità. Locali riduzioni di permeabilità, per altro prive di particolare significato pratico, si possono avere nelle zone in cui prevale la concentrazione di materiali a grana fine.

I dati provenienti dalle indagini geognostiche realizzate anche in aree vicine, confermano quanto si può evincere dalle ricerche e dalle osservazioni dirette che indicano una predominanza litologica di ghiaie sabbiose alternate a sabbie con ciottoli.

Lo stato di addensamento non è molto elevato, per cui la resistenza all'erosione e agli sforzi di taglio si mantiene a livelli piuttosto bassi.

Lo spessore medio complessivo della formazione è inferiore ai 10 metri, ma la sovrapposizione alla formazione *dei Depositi alluvionali e delle Ghiaie di Messina*, litologicamente molto simili, può aumentarne lo spessore apparente.

Dalle indicazioni di carattere generale sopra riportate, si può dedurre che i litotipi che costituiscono il substrato geologico dell'area di costruzione sono rappresentati da elementi clastici con diametro compreso tra la dimensione massima dei ciottoli e quella minima dei limi, con estesa fascia intermedia che abbraccia tutto il campo delle ghiaie e delle sabbie, senza escludere occasionali trovanti. Sulla carta geologica di dettaglio (v. figura seguente) sono rappresentate le formazioni geologiche che interessano l'area d'intervento e l'entroterra più immediato.



Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 30 di 62

Figura 4.1. Carta geologica di dettaglio.

4.3 GEOMORFOLOGIA

Il morfotipo territoriale in cui è inserita l'area di costruzione, corrisponde a un litorale marino dove interventi antropici di varia natura e processi di urbanizzazione hanno modificato l'originario stato dei luoghi per conferirgli un assetto leggermente inclinato - delimitato ai margini da scarpate (lato sud) e scogliere (lato ovest) - che verso l'interno si raccorda attraverso una scarpata rimaneggiata a una palespiaggia fortemente degradata, mentre verso il mare continua nella spiaggia sommersa.

Si tratta di un'area che digrada in maniera sensibile e costante verso la battigia, dalla quale per altro resta separata per la presenza della scogliera, prima di proseguire verso il mare aperto.

Dal confronto con le cartografie del PAI risulta che l'area sarebbe in avanzamento

Infatti, in seguito alla costruzione del porto e delle opere di ampliamento, si è creata una barriera sporgente a mare (molo di ponente) che, mentre intercetta e devia verso il largo la corrente di deriva litoranea con il materiale solido da essa trasportato, contemporaneamente esercita una sorta di protezione dal moto ondoso e dalle correnti provenienti da sud. Per altro, la corrente di *long shore* proveniente da nord, anch'essa costretta a deviare verso il largo dalle strutture del vicino piazzale, potrebbe depositare i materiali che trasporta.

L'osservazione diretta e le consultazioni biblio-cartografiche non hanno evidenziato altri fenomeni geomorfici.

Nella fase morfogenetica attuale, si deve rilevare che non sono stati osservati fenomeni franosi o erosivi, così come mancano processi di dilavamento o altre forme di dissesto.

E' stato osservato tuttavia che la realizzazione della scogliera e del piazzale adiacente, ha comportato accumulo di materiali eterogenei che hanno modificato la morfologia locale e in parte mascherano i dislivelli naturali e la morfologia.

Se si considerano lo spessore dei materiali di riporto a ridosso della scogliera, i dislivelli attuali e quelli connessi agli scavi per la realizzazione delle opere previste in progetto, e si mettono in relazione con le caratteristiche geologico-tecniche dei litotipi, i fronti di scavo non possono essere considerati di per sé stabili, per cui si rende necessario prevenire possibili fenomeni di rilassamento gravitativo.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 31 di 62

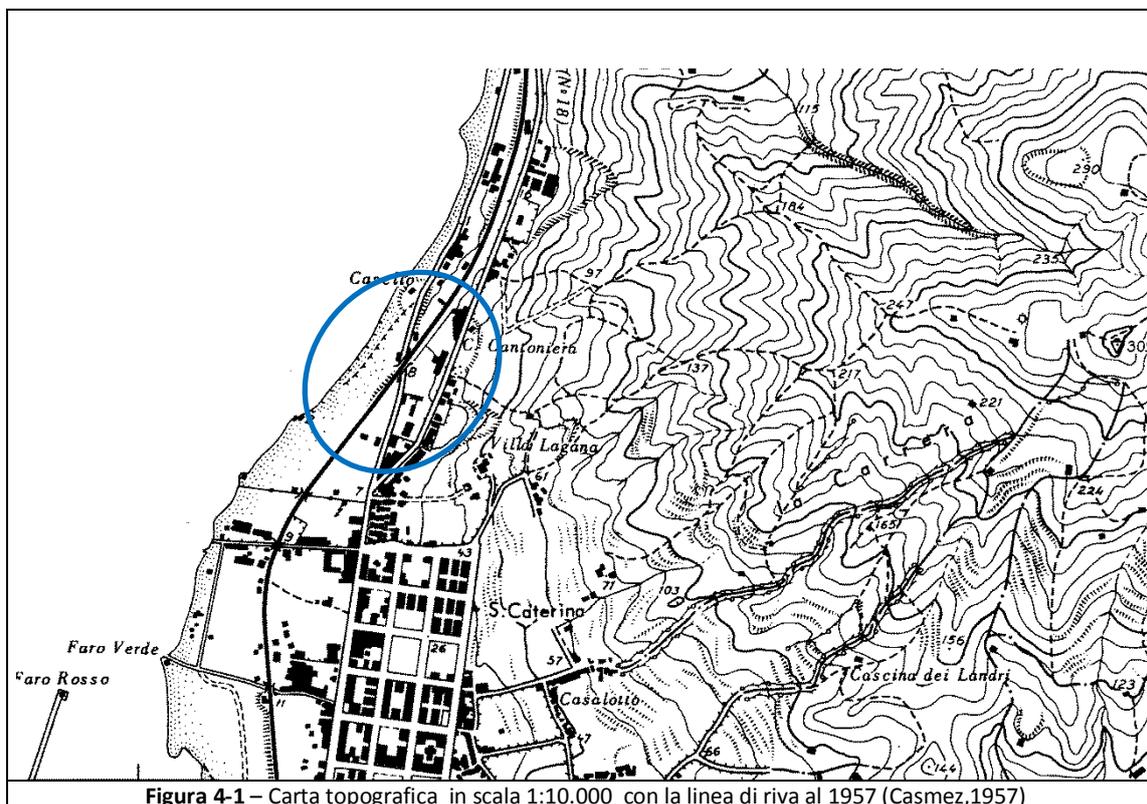
4.4 IDROGRAFIA E GEOIDROLOGIA

4.4.1 Idrografia

L'idrografia superficiale dell'area è caratterizzata dalla presenza della Fiumara dell'Annunziata che, con alveo stretto e incassato, drena le acque di un bacino non molto esteso, dalla forma stretta e allungata, che si sviluppa da est verso ovest, tra l'Aspromonte e lo Stretto di Messina, come del resto tutti gli altri corsi d'acqua che attraversano la città.

Ma l'area d'intervento non può essere concretamente inserita nel bacino idrografico della Fiumara Annunziata, né di alcuno dei corsi d'acqua di cui si abbia traccia visibile sul territorio, e solo facendo ricorso alla cartografia storica e all'analisi urbana si può trovare qualche indizio di presenza idrologica.

Se si osserva la carta in scala 1: 10.000 (Casmez,1957), si può notare infatti che nell'immediato entroterra dell'area in esame c'era una strada (via Vecchia Provinciale) che, sottopassando la ferrovia (ancora a binario unico), si accostava al litorale dove, presumibilmente, scaricava l'acqua meteorica.



Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	11/5/2014 Pag. 32 di 62

Oggi, la via Vecchia provinciale è interrotta, presso a poco nell'area d'intersezione con la ferrovia, perché quest'ultima, oltre al raddoppio, ha subito un'importante variazione di quota e nella nuova configurazione altimetrica ostacola la prosecuzione della strada.

Per altro, i tecnici della ferrovia non hanno trascurato di considerare gli effetti idraulici dell'interruzione e in corrispondenza della via provinciale Pentimele, hanno realizzato un sottopasso idraulico che collega la strada provinciale con la zona a valle della ferrovia e delle altre infrastrutture esistenti. Tuttavia, la posizione del canale di raccolta delle acque meteoriche può essere in qualche modo dedotta fino all'imbocco del vicino raccordo autostradale, ma da qui in poi, fino allo sbocco a mare, non è possibile fare alcuna deduzione. Tuttavia, nelle condizioni attuali, non sono stati osservati effetti negativi né interferenze con il tratto di litorale in cui si trova l'area d'intervento.

Del resto, se si escludono eventuali usi fognari impropri, il canale è rivolto esclusivamente al drenaggio delle acque meteoriche per cui, considerando la scarsa piovosità della zona e la modesta estensione del bacino drenato, può essere interessato da deflussi alquanto saltuari che possono diventare importanti soltanto in caso di piovosità intensa e concentrata.

4.4.2 Dati pluviometrici

Per valutare gli aspetti idrologici e idrogeologici che interessano l'area interessata dal progetto sono stati presi in esame i dati pluviometrici registrati dalla stazione più vicina, ossia quella di Reggio Calabria [cod. 2450] situata a un'altitudine di 15 metri s.l.m. , attiva dal 1917.

Le registrazioni riportate di seguito sono tratte dal sito dell'ARPACAL – Centro Funzionale Meteorologico della Regione Calabria.

Stazione di Reggio Calabria (cod. 2450) - Piogge mensili													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
1917	96.0	63.0	37.5	9.0	31.0	4.0	3.5	-	18.0	45.5	92.0	134.0	533.5
1918	21.0	10.5	104.5	78.2	25.6	12.9	0.5	14.5	6.5	219.8	39.2	63.0	596.2
1919	108.0	82.5	24.5	25.0	33.0	1.0	2.0	-	42.0	55.5	97.0	37.0	507.5
1920	14.0	3.0	37.0	10.0	6.0	16.0	-	6.0	12.0	153.0	93.0	71.0	421.0
1921	45.0	26.0	93.0	72.0	5.0	63.0	38.0	13.0	37.0	39.0	96.0	162.0	689.0
1922	151.0	104.0	4.0	28.0	15.0	-	-	-	-	6.0	46.0	40.0	394.0
1923	72.3	62.8	66.5	52.9	31.8	17.2	-	16.0	12.0	18.8	50.5	166.9	567.7
1924	107.2	77.4	22.8	38.0	-	4.1	18.7	-	-	70.0	69.6	37.7	445.5
1925	19.6	46.8	62.1	58.5	98.4	3.7	-	-	52.7	69.6	81.9	38.0	531.3
1926	66.8	76.1	23.7	61.2	54.4	14.9	3.0	-	42.5	70.2	54.2	65.5	532.5
1927	69.7	47.7	25.0	42.9	16.9	2.8	-	9.0	96.0	86.2	108.3	183.4	687.9

Committente	Oggetto												Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria												Relazione geologica	
													11/5/2014	Pag. 33 di 62

1928	96.5	67.8	136.2	109.8	9.6	-	2.3	6.4	37.8	70.9	40.8	83.1	661.2
1929	34.0	90.2	64.7	36.0	23.5	5.0	-	43.3	37.6	57.4	124.3	64.4	580.4
1930	80.5	165.3	58.6	16.8	11.8	21.6	3.0	5.4	43.2	45.1	29.7	131.4	612.4
1931	184.2	182.2	54.6	44.6	20.6	1.0	16.6	-	77.6	17.5	136.6	174.2	909.7
1932	23.2	43.8	116.7	30.4	2.6	6.8	9.0	1.2	69.8	39.7	286.8	56.8	686.8
1933	151.4	76.6	33.0	34.0	29.8	27.6	4.6	58.8	57.2	10.8	125.2	169.8	778.8
1934	133.2	66.0	45.0	29.0	16.0	32.6	0.4	-	50.0	107.7	85.6	126.4	691.9
1935	96.4	25.6	81.4	2.4	8.4	30.0	9.4	7.0	42.6	59.4	145.0	64.6	572.2
1936	46.4	79.6	44.6	49.2	62.6	13.4	-	7.2	55.0	29.8	115.8	115.2	618.8
1937	30.6	55.0	24.2	48.0	38.8	-	1.0	4.9	32.4	89.5	190.9	86.2	601.5
1938	116.2	25.2	20.4	46.0	15.8	0.6	12.2	7.4	23.0	91.0	110.8	137.8	606.4
1939	73.4	44.4	57.8	42.0	32.4	17.8	-	19.0	105.2	57.4	61.6	77.2	588.2
1940	127.3	26.8	26.1	42.4	51.4	59.8	0.1	7.9	-	30.1	22.5	145.0	539.4
1941	34.3	25.6	16.8	29.8	34.5	6.8	0.7	5.9	15.5	58.7	144.0	24.3	396.9
1942	163.8	73.6	46.8	11.2	1.8	42.8	1.8	56.2	-	39.4	58.8	93.8	590.0
1943	68.4	74.0	95.0	20.8	17.6	21.4	-	-	-	40.6	98.9	74.8	511.5
1944	22.5	81.4	87.6	32.5	1.4	14.0	2.8	26.8	11.8	95.7	65.4	148.2	590.1
1945	129.0	31.2	25.0	2.0	14.4	1.2	1.8	20.1	69.8	16.8	127.4	118.2	556.9
1946	177.8	44.0	69.5	61.6	17.8	-	1.4	-	-	115.4	49.6	107.3	644.4
1947	75.2	43.9	1.0	24.0	54.3	-	-	16.1	43.4	183.4	66.1	113.1	620.5
1948	89.7	37.8	1.8	17.3	26.8	16.8	0.4	2.2	43.8	139.2	102.0	31.6	509.4
1949	128.8	16.6	77.4	0.8	22.8	2.6	4.4	75.4	71.0	57.8	79.6	14.5	551.7
1950	112.8	69.4	59.0	54.6	25.0	16.2	-	4.8	17.6	44.4	96.2	103.8	603.8
1951	69.4	17.4	41.6	11.9	13.8	0.2	8.2	14.6	26.0	275.0	68.2	30.4	576.7
1952	77.2	46.8	45.6	7.2	19.6	-	12.2	1.4	6.0	39.2	95.4	69.0	419.6
1953	62.2	42.0	28.0	38.6	53.2	20.0	3.8	8.8	5.4	336.7	64.8	44.4	707.9
1954	109.7	137.7	56.0	41.7	30.0	-	-	0.2	17.0	70.2	65.2	95.4	623.1
1955	67.8	54.7	54.6	23.0	22.0	38.5	50.0	24.2	146.7	113.6	23.4	22.0	640.5
1956	34.6	81.2	43.6	11.7	14.2	4.9	-	0.6	20.0	60.8	116.0	87.4	475.0
1957	88.9	10.1	55.8	45.0	16.8	-	0.8	14.6	48.0	138.0	128.6	103.2	649.8
1958	99.0	33.0	90.2	55.4	100.8	0.8	1.6	-	21.2	41.8	157.1	56.0	656.9
1959	50.0	7.0	16.4	96.4	24.0	33.0	90.4	5.6	58.4	86.6	177.9	61.0	706.7
1960	77.9	48.2	111.6	56.4	115.8	2.6	4.2	-	30.2	170.6	18.6	101.7	737.8
1961	180.2	47.4	13.2	28.8	10.6	17.4	6.0	9.2	-	26.0	78.8	63.0	480.6
1962	126.6	59.4	70.6	30.8	1.6	9.6	16.0	-	25.8	114.4	81.2	97.2	633.2
1963	59.1	81.7	56.0	68.2	52.4	5.4	18.4	14.4	22.8	167.6	20.8	97.6	664.4
1964	103.0	108.3	40.6	15.6	28.8	23.6	12.2	12.4	44.8	43.7	65.9	132.2	631.1
1965	164.4	61.4	38.4	35.1	8.8	0.6	-	28.9	59.2	62.0	69.0	95.6	623.4
1966	134.0	19.0	75.6	58.1	49.8	12.0	5.2	-	87.1	54.4	64.8	165.2	725.2
1967	36.0	87.6	29.6	25.4	7.4	15.2	16.6	30.2	59.6	10.4	96.4	104.8	519.2
1968	108.8	41.1	32.2	6.4	8.2	45.8	0.2	8.6	18.0	77.2	54.8	167.4	568.7
1969	100.6	45.0	65.0	20.3	24.2	2.6	5.2	33.4	101.6	87.9	37.9	115.9	639.6
1970	67.6	20.5	10.9	9.2	36.1	4.3	10.5	0.2	13.3	97.0	30.2	65.5	365.3
1971	71.3	54.7	91.1	12.4	15.3	6.5	9.9	-	87.4	168.7	57.6	38.4	613.3
1972	90.6	50.3	28.7	30.2	14.8	-	35.6	30.6	32.0	98.1	8.0	148.0	457.3
1973	»	94.0	101.0	45.6	12.6	-	59.2	10.2	43.2	97.6	16.2	76.6	»
1974	87.1	27.6	»	49.0	20.2	4.0	6.4	1.6	20.0	135.2	90.3	»	»
1975	»	»	62.2	1.0	»	»	-	10.4	0.4	47.6	83.0	90.3	»
1976	63.2	27.8	29.6	44.8	8.3	77.7	14.6	26.5	0.5	137.2	309.8	134.9	874.9
1977	47.1	0.6	27.7	97.1	»	»	-	1.1	20.6	20.7	62.5	50.1	»
1978	91.2	93.0	96.5	56.8	37.0	-	-	-	40.0	131.4	»	»	»

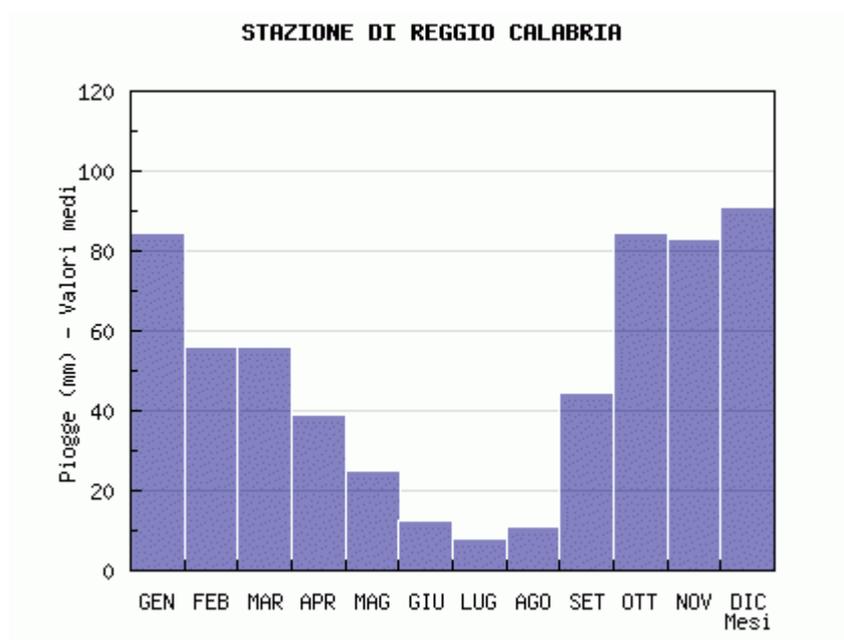
Committente	Oggetto												Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria												Relazione geologica	
													11/5/2014	Pag. 34 di 62

1982	37.8	63.4	90.4	59.8	0.6	0.8	-	-	20.6	35.4	13.6	62.2	384.6
1983	45.4	98.6	42.2	12.2	35.4	5.0	7.8	49.4	141.2	70.2	»	99.4	»
1984	53.0	55.2	34.4	112.8	0.6	0.4	-	20.6	67.2	29.6	94.6	172.4	640.8
1985	146.2	66.8	196.2	48.2	21.6	0.2	21.6	7.8	1.0	105.4	50.2	4.6	669.8
1986	»	»	»	»	21.6	12.8	10.6	-	76.2	46.0	76.2	37.8	»
1987	80.8	80.4	92.2	9.6	47.4	13.4	2.2	0.2	38.6	67.4	165.2	48.6	646.0
1988	109.0	88.2	138.0	41.2	2.8	2.8	0.4	8.8	84.8	28.0	159.6	88.0	751.6
1989	29.6	16.8	14.6	26.2	11.0	4.8	23.6	-	16.2	36.4	26.4	43.4	249.0
1990	61.4	69.2	8.6	81.8	14.2	0.6	0.8	0.2	11.0	65.8	107.0	228.0	648.6
1991	60.6	85.2	53.4	53.6	34.4	»	11.4	0.4	25.0	155.0	26.2	78.2	»
1992	»	20.2	»	»	78.4	17.2	7.8	-	16.6	44.6	»	101.4	»
1993	47.2	58.6	99.4	13.0	28.0	4.2	14.8	0.2	15.0	98.0	106.4	35.8	520.6
1994	56.4	98.0	0.8	44.0	12.2	26.6	10.8	1.8	29.4	87.6	61.6	38.4	467.6
1995	58.6	32.4	58.0	42.6	5.8	4.0	-	42.2	25.0	6.4	116.0	78.4	469.4
1996	173.8	86.6	74.8	33.4	43.0	1.0	5.0	15.0	95.0	232.6	31.2	125.6	917.0
1997	56.0	14.2	31.2	43.6	10.0	3.6	»	»	»	114.6	106.6	75.0	»
1998	62.2	13.4	47.6	35.8	18.8	1.2	0.2	1.4	73.2	»	»	49.4	»
1999	121.0	30.2	49.4	24.0	9.0	10.4	8.6	8.2	57.8	10.6	87.6	87.0	503.8
2000	78.2	34.8	14.2	72.0	15.2	1.6	0.8	0.4	159.4	113.8	33.6	57.8	581.8
2001	94.2	60.6	»	»	44.6	40.0	-	»	»	»	62.2	88.6	»
2002	»	»	»	32.6	8.8	-	18.0	7.8	55.0	43.8	80.8	214.4	»
2003	84.8	52.6	37.0	76.2	40.2	4.0	-	26.4	52.8	90.4	83.0	106.8	654.2
2004	59.6	21.2	102.4	35.4	26.4	6.2	4.6	-	112.0	47.2	91.0	104.0	610.0
2005	45.2	46.6	63.6	56.6	42.4	17.4	1.8	36.4	46.4	99.0	24.6	98.6	578.6
2006	»	»	39.8	17.8	-	21.6	32.0	15.0	53.8	68.0	14.8	79.0	»
2007	36.6	»	76.8	27.2	26.8	42.8	-	0.8	51.8	93.8	72.4	46.8	»
2008	29.6	20.8	66.0	14.6	0.6	3.0	-	-	53.6	101.8	109.2	166.0	565.2
2009	231.8	69.4	79.2	54.4	15.0	38.4	-	0.8	101.4	135.0	36.2	73.4	835.0
2010	80.6	85.2	80.4	6.8	15.6	13.4	1.0	-	209.2	240.8	60.4	57.2	850.6
2011	76.0	81.4	112.6	130.8	32.8	12.0	0.8	-	»	95.2	62.6	»	»

92 anni disponibili

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
84.3	56.2	55.9	39.2	25.2	12.5	7.8	10.7	44.6	84.5	82.9	90.6	594.3
Valori medi mensili e annuali (anni di riferimento 1917-2011)												

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 35 di 62



Di seguito sono riportati i massimi giornalieri annuali per il periodo 1980-2005.

Anno	Data	Valore
1980	»	41.4
1981	»	42.5
1982	»	35.4
1983	»	94.8
1984	13-11	36.0
1985	09-03	59.6
1987	11-11	52.8
1988	26-11	111.5
1989	»	13.6
1990	»	126.6
1991	»	47.6
1993	04-03	30.2
1994	21-10	56.8
1995	25-11	33.0
1999	09-09	40.0
2000	08-09	84.8
2001	14-01	32.4
2003	12-12	54.2
2004	20-09	43.8

Dalle registrazioni pluviometriche deriva una generale scarsa piovosità annuale e mensile, ma i massimi giornalieri non escludono la possibilità di eventi pluviometrici importanti dei quali, anche a voler prescindere dal collettore idraulico sopra individuato e del quale non vi è traccia visibile nell'area di intervento, sarà necessario tener conto per prevenire difficoltà di deflusso e fenomeni di impaludamento sui piazzali.

Infatti, allo stato attuale il reticolo idrografico del territorio gravitante sull'area di intervento è funzionalmente rappresentato dalla viabilità urbana che, raccogliendo le acque di provenienza

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 36 di 62

meteorica, le convoglia verso il mare secondo percorsi dettati dall'articolazione viaria. Gli afflussi idro-meteorici, pur mediamente modesti a causa della ridotta piovosità annuale della zona, sono in grado di generare deflussi idraulici importanti a causa della riduzione/annullamento della permeabilità efficace del terreno e dell'incrementata velocità dei flussi dovuta alla riduzione di scabrezza e alla accentuata linearità dei percorsi. Tali acque sono in gran parte controllate e confluiscono nel collettore idraulico che sottopassa la ferrovia e le altre infrastrutture né possono essere dirette altrove.

In queste condizioni, fenomeni idraulici capaci di interessare l'area di costruzione appaiono molto improbabili e, mantenendo la funzionalità delle strutture idrauliche preesistenti, i deflussi interni generati dalle precipitazioni dirette su piazzali e viabilità di manovra non appaiono in grado di produrre processi morfogenetici o inconvenienti funzionali quali ristagni e impaludamenti degni di attenzione, anche perché l'adiacenza al mare consente uno smaltimento efficace conservando la naturale pendenza del terreno.

4.4.3 Circolazione idrica sotterranea

Per quanto riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo, i terreni affioranti e quelli del substrato sono molto permeabili e quindi favoriscono i processi di assorbimento e passaggio nel sottosuolo. Peraltro, il flusso percolante generato dalla frazione degli afflussi idrometeorici che si infila nel terreno - generalmente modesta sia per lo scarso apporto pluviometrico e sia per l'impermeabilizzazione dei suoli dovuta alla stessa urbanizzazione - segue un movimento prevalentemente verticale, almeno fino a profondità prossime al livello del mare.

Ciò porta ad escludere la presenza di falde acquifere degne di considerazione non solo in prossimità del piano di posa delle fondazioni, ma anche fino a profondità superiori a quelle alle quali possono essere risentite le loro tensioni di carico.

In base alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche descritte in precedenza e ai dati provenienti dai sondaggi meccanici eseguiti, si può escludere la presenza di falde freatiche almeno fino a 30 metri dall'attuale p.c.

Tale dato, correlato con la permeabilità e la porosità del terreno, risulta molto importante perché rende improbabile che le eventuali risalite stagionali della falda possano raggiungere il piano di posa delle fondazioni.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 37 di 62

Si può quindi ritenere che le componenti idrologiche e idrogeologiche non inducono penalizzazioni di sorta sulle singole opere e sull'impianto nel suo complesso.

Esaminando la questione anche dal punto della subsidenza, le indagini eseguite e le acquisizioni tecniche provenienti da studi condotti nel territorio circostante portano a definire l'impossibilità pratica che accadano fenomeni di tal genere. Infatti, il grado di addensamento dei terreni è molto alto e pertanto né il carico delle nuove opere, né gli eventuali emungimenti delle falde sotterranee appaiono in grado di generare fenomeni di subsidenza degni di apprezzamento.

In ogni caso si deve evidenziare che le condizioni geologiche e idrogeologiche, l'altitudine dell'area e la sua vicinanza (adiacenza) al mare rendono praticamente certa l'esistenza di una falda acquifera, salmastra e di tipo freatico, con pelo libero poco al di sopra del livello medio marino.

In queste condizioni, anche nel caso di lunghi periodi di intensa piovosità e in presenza di soglie di permeabilità litologiche o litotecniche, è praticamente trascurabile la possibilità di sovrappressioni idrauliche.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 38 di 62

Parte V

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'area di interesse può essere considerata geologicamente nota perché esplorata all'epoca della costruzione della sede della Capitaneria di porto e del piazzale adiacente e il comportamento dei terreni potrebbe essere indirettamente deducibile dallo stato di conservazione degli edifici pubblici e privati realizzati nelle vicinanze. Tuttavia, l'area di costruzione non risulta che sia stata direttamente indagata, mentre l'importanza degli interventi previsti in progetto e il buon senso prima ancora della legge, non ammettono sorprese geologiche per difetto di indagini geognostiche. Pertanto, per la ricostruzione dell'assetto lito-stratigrafico e per la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei litotipi presenti nel substrato dell'area di progetto, si è ritenuto necessario effettuare una campagna geognostica specifica.

Per un concreto riscontro tra rilievi e osservazioni di superficie e per rendere efficaci le correlazioni con le formazioni affioranti, si è fatto ricorso a una campagna geognostica direttamente eseguita sull'area di costruzione e comprendente sondaggi meccanici e prospezioni geofisiche .

Le indagini sono state programmate tenendo conto di tre aspetti fondamentali:

- le conoscenze geologico-tecniche già disponibili sulla natura dei terreni;
- le finalità dello studio;
- le caratteristiche tecniche delle opere previste in progetto.

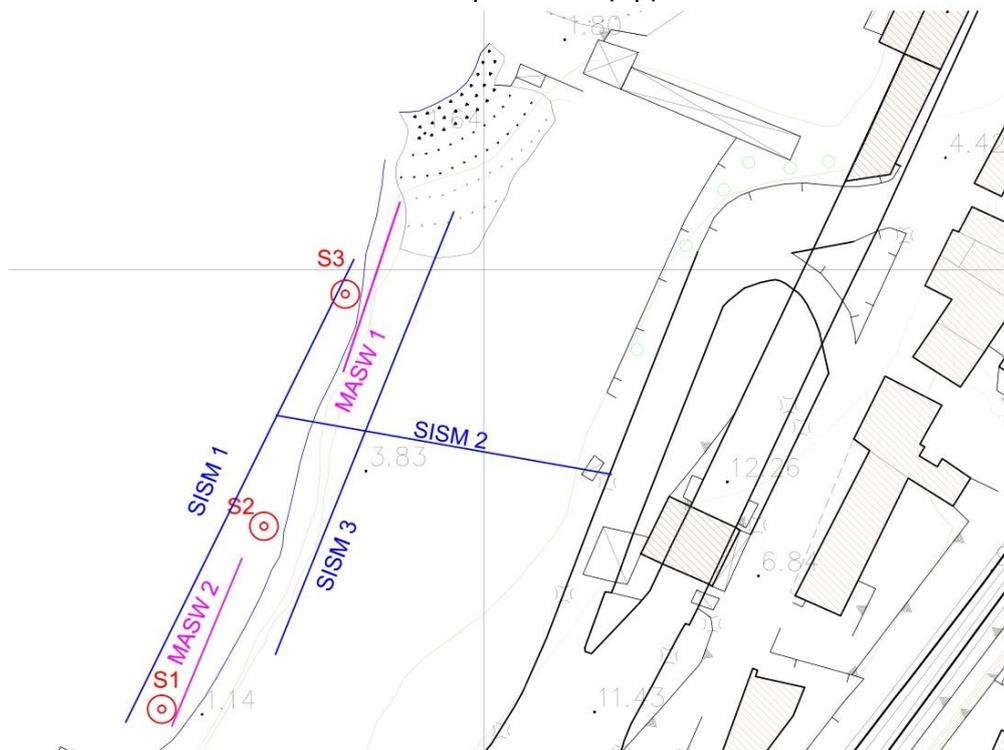
Per raggiungere tali obiettivi, si è fatto ricorso a tipologie d'indagine diverse ma tra loro compatibili e correlabili, in maniera che dal confronto dei risultati si potesse risalire a una ricostruzione univoca dell'andamento dei litotipi nel sottosuolo fino al bed rock di progetto.

Così, i sondaggi meccanici hanno permesso di accedere direttamente ai terreni del substrato fino a trenta metri di profondità, di eseguire prove di resistenza meccanica in situ (Standard Penetration Test), prelevare campioni in continuo fino a fondo foro e su alcuni di essi eseguire prove di laboratorio,

Le prove simiche MASW hanno permesso la ricostruzione della velocità delle onde di taglio (V_{s30}) fino alle profondità previste dalle norme.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 39 di 62

Le prove sismiche a rifrazione, infine, hanno fornito delle sezioni sismo-stratigrafiche in 2D in base all'andamento della velocità delle onde di compressione (V_p).



5.1- Planimetria indagini geognostiche

5.1 Sondaggi meccanici

La stratigrafia del sottosuolo, il prelievo di campioni e l'acquisizione sperimentale degli indispensabili parametri di tipo geolitologico e geotecnico, sono stati ottenuti facendo ricorso a perforazioni meccaniche eseguite nella posizione indicata nell'ortofoto con Ubicazione sondaggi meccanici (v. fig. 5.1).

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 40 di 62

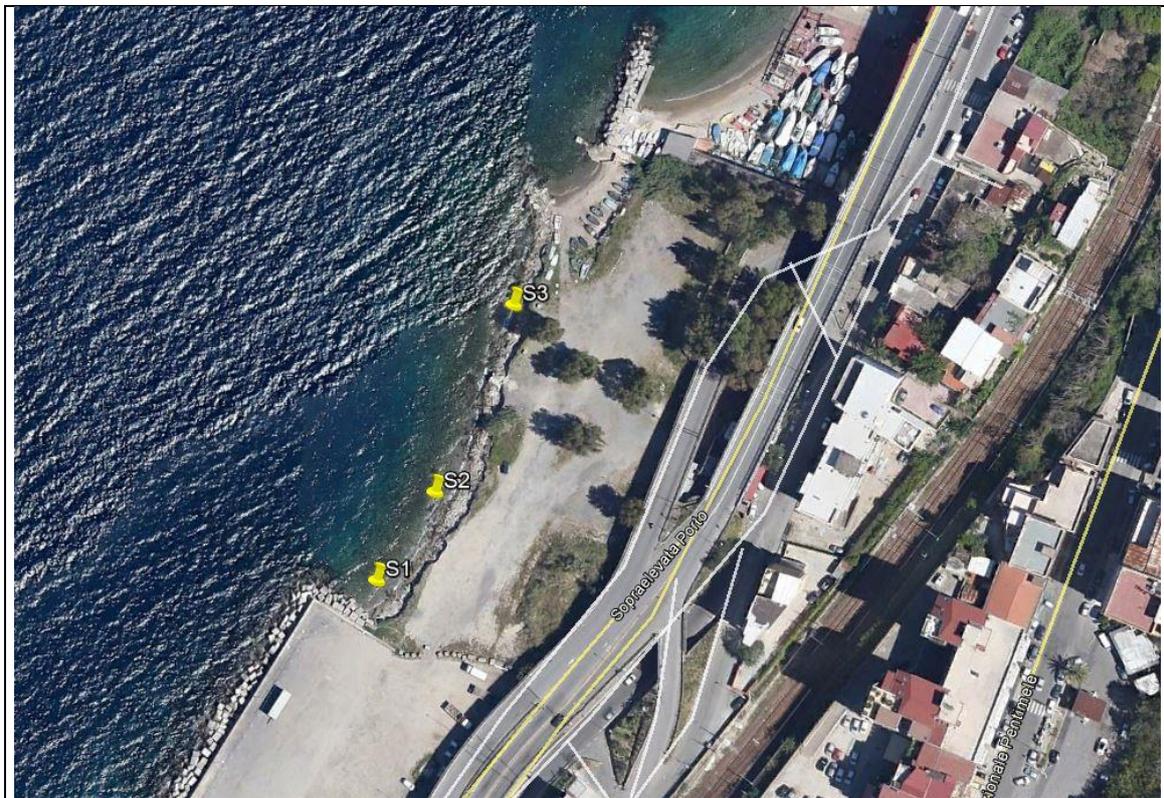


Fig.5.1 Ubicazione sondaggi meccanici.

La posizione dei sondaggi è stata scelta in modo da determinare la successione lito-stratigrafica e le variazioni litologiche su tutto il fronte degli interventi, consentire il prelievo di campioni significativi dei terreni attraversati, rilevare direttamente in situ alcune importanti proprietà di resistenza meccanica dei litotipi, verificare l'eventuale presenza di falde acquifere e, infine, consentire la indispensabile taratura delle prospezioni geofisiche.

Le perforazioni, spinte fino alla profondità di 30 metri nel sondaggio S3 e di 15m nei sondaggi S1 ed S2, sono state eseguite a rotazione e carotaggio continuo, mediante una corona diamantata in grado di produrre un foro del diametro interno di 101 mm, senza l'impiego di fanghi e usando l'acqua necessaria per il raffreddamento della testa di avanzamento.

Il metodo di perforazione a carotaggio continuo è stato adottato poiché la stratigrafia del sottosuolo non era stata mai definita con la necessaria precisione e inoltre, l'area d'intervento presenta vistosi segni di manomissioni antropiche recenti con notevoli spessoti di materiali di riporto.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 41 di 62

Le ricostruzioni litostratigrafiche dirette sono state utilizzate anche per la taratura delle indagini indirette, particolarmente nel caso in esame che prevede la realizzazione di opere di importanza rilevante (strategica).

Nei fori di sondaggio, con precisione maggiore di quanto è permesso da altri tipi di perforazione, sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) e sono state condotte le opportune osservazioni per la rilevazione della falda acquifera. Le prove penetrometriche S.P.T. - eseguite in corrispondenza delle più significative variazioni litologiche - sono state scelte quale mezzo di indagine idoneo per stime quali-quantitative delle caratteristiche fisico – meccaniche dei terreni in situ.

La profondità dei sondaggi copre il volume significativo indicato nelle *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche* dell’A.G.I.

Con tali osservazioni e richiamando gli altri elementi di analisi riportati nelle colonne stratigrafiche dei sondaggi, è stata ricostruita la correlazione lito-stratigrafica:

- dal p.c. fino alla profondità di -4.30 (S1), -4.40 (S2) e -5.80m (S3):
Terreni di riporto allo stato caotico composti in prevalenza da litotipi sabbiosi e ciottolosi con presenza di frammenti di calcestruzzo, laterizi, catrame e altri materiali antropici. Colore marrone chiaro e grigiastro.

Praticamente immersi in acqua o comunque sommergibili ad opera delle mareggiate.

La resistenza all’avanzamento meccanico registrata durante le prove SPT è chiaramente da ascrivere alla presenza di ciottoli e clasti eterogenei piuttosto che a una vera proprietà geomeccanica.

- Dalla base dei materiali di riporto fino alla profondità di 8.50 (S1) e 7.0+2.0 (S2):
Sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose, con occasionali trovanti e matrice limosa. Sabbia medio-fine, debolmente limosa e localmente con ghiaia (da -7m a -9m). Colore: marrone chiaro.

Nel sondaggio S2 la matrice limosa è più persistente e fra 6.7 e 6.8 m diventa apprezzabilmente argillosa. Questi litotipi, assenti in S3, con ogni probabilità, corrispondono al terreno naturale affiorante sul piano di campagna prima delle manomissioni che hanno accompagnato la realizzazione della scogliera e del piazzale.

La resistenza all’avanzamento della punta registrata dalle prove SPT può essere ascritta alle proprietà intrinseche compressive del terreno.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 42 di 62

- Dalla base delle Sabbie e ghiaiose (S1 e S2) e dei materiali di riporto in S3 e fino alla profondità di – 15.0 (S1,S2,S3):

Sabbia media o medio-fina, debolmente ghiaiosa con tracce di torba.

Colore: da grigio scuro a nerastro.

Questo complesso può essere riferito alla sedimentazione fluviale avvenuta in epoca remota, su un'antica laguna costiera, successivamente colmata. La relativa scarsità di limo potrebbe essere dovuta al dilavamento avvenuto in fase di perforazione.

Non è improbabile che la parte basale di questi litotipi appartenga alla formazione delle Ghiaie e Sabbie di Messina.

Gli elevati valori di resistenza all'avanzamento meccanico registrati durante le prove SPT in tutti i sondaggi e particolarmente i valori a rifiuto, vanno posti in relazione con la presenza di ciottoli, caratteristici delle fasi di sedimentazione più o meno caotiche che si verificano nelle colmate naturali dei bacini paludosi.

- Da -15,0 m a – 30.0 m (S3).

Sabbie e ghiaie con ciottoli.

Colore grigio

L'assortimento granulometrico, la natura e forma dei clasti indicano l'appartenenza alla formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina. La notevole resistenza all'avanzamento, rivelata anche dalle prove SPT, fa attribuire a questo complesso proprietà geomeccaniche buone ed affidabile resistenza alla compressione con buone capacità drenanti. I materiali estratti sono allo stato sciolto, ma la resistenza opposta all'avanzamento li fa considerare abbondantemente compattati.

La distinzione eseguita dal sondatore tra 1 15 e i 16.5m è dovuta più a una variazione cromatica che a effettiva riduzione granulometrica. Si tratta sempre di litotipi appartenenti alla formazione delle Ghiaie e sabbie di Messina con permeabilità da elevata a molto elevata e resistenza meccanica accentuata dalla presenza di ciottoli. Pur se i campioni sono stati estratti allo stato sciolto, si tratta di materiali che mostrano di trovarsi in uno stadio di addensamento notevole come è provato dal "rifiuto" delle prove SPT.

Nelle colonne stratigrafiche seguenti sono rappresentati i particolari litostratigrafici e penetrometrici registrati dai singoli sondaggi, insieme alla costante presenza dell'acqua.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 43 di 62

STRATIGRAFIA - S1

SCALA 1 : 75 Pagina 1/1

Riferimento: Sistema di Approdo per il Collegamento Marittimo Reggio Calabria-Messina										Sondaggio: S1			
Località: Area a Nord del Piazzale Porto di Reggio Calabria										Quota:			
Impresa esecutrice: N. & G. Geologia S.r.l.										Data:			
Coordinate:										Redattore:			
Perforazione: A Carotaggio Continuo													
Ø mm	R v	A r	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	RQD % N 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1									Terreno di riporto composto da sabbia, ciottoli e frammenti di catrame, di colore marrone chiaro - grigiastro.
				2									
				3		1) Dis < 3,00 3,20							
				4						23-31-39	70	4,3	Sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa, con presenza di ciottoli e frammenti di trovante, di colore marrone chiaro.
				5									
				6						21-39-49	88		
				7									
				8						20-36-47	83		
				9								8,5	Sabbia a granulometria media, limosa, debolmente ghiaiosa, di colore grigio, con tracce di torba.
				10		2) Dis < 9,30 9,50							
				11									
				12						29-44-R/1cm	Rif		
				13									
				14									
				15						38-47-R/5cm	Rif		
						3) Dis < 14,80 15,00							
										46-R/3cm	Rif	15,0	

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 44 di 62

STRATIGRAFIA - S2

SCALA 1 : 75 Pagina 1/1

Riferimento: Sistema di Approdo per il Collegamento Marittimo Reggio Calabria-Messina		Sondaggio: S2												
Località: Area a Nord del Piazzale Porto di Reggio Calabria		Quota:												
Impresa esecutrice: N. & G. Geologia S.r.l.		Data:												
Coordinate:		Redattore:												
Perforazione: A Carotaggio Continuo														
Ø mm	R v	A r	Pz s	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1										Terreno di riporto composto da sabbia ciottolosa, ghiaiosa, con presenza di frammenti di laterizi, di colore marrone chiaro - grigio chiaro.
				2										
				3										
				4		1) Dis < 3,50 3,70					18-23-37	60		
				5									4.4	Sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa, in matrice limosa, di colore marrone chiaro.
				6									5.2	Sabbia limosa, ghiaiosa, con presenza di livelli debolmente argillosi (da 6.70 a 6.80), di colore marrone chiaro.
				7		2) Dis < 6,30 6,50					20-29-33	62		
				8									7.0	Sabbia a granulometria medio-fine, debolmente limosa, localmente debolmente ghiaiosa, di colore marrone chiaro.
				9		3) Dis < 7,50 7,70							9.0	Sabbia a granulometria medio fine, localmente debolmente ghiaiosa, di colore grigio localmente nerastro, con tracce di torba.
				10										
				11										
				12										
				13										
				14										
				15							36-R/5cm	Rif	15,0	

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 45 di 62

STRATIGRAFIA - S3

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: Sistema di Approdo per il Collegamento Marittimo Reggio Calabria-Messina		Sondaggio: S3												
Località: Area a Nord del Piazzale Porto di Reggio Calabria		Quota:												
Impresa esecutrice: N. & G. Geologia S.r.l.		Data:												
Coordinate:		Redattore:												
Perforazione: A Carotaggio Continuo														
σ mm	R v	A r	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
				1										Terreno di riporto composto da sabbia grossolana con presenza di cemento e clasti antropici, di colore marrone chiaro.
				2						16-27-30		57		
				3									3,0	
				4						19-21-33		54		Terreno di riporto composto da sabbia e ghiaia, con presenza di clasti antropici occasionali, di colore marrone chiaro.
				5										
				6									5,8	Sabbia limosa con ciottoli di colore grigio scuro - nerastro, con tracce di torba.
				7						29-48-R/2cm		Rif		
				8					1) Dis < 7,50 7,70					
				9										
				10						44-R/5cm		Rif		
				11										
				12										
				13									13,5	Sabbia debolmente limosa con presenza di ghiaia e ciottoli, di colore grigio scuro.
				14										
				15					2) Dis < 14,80 15,00	36-45-R/3cm		Rif	15,0	Sabbia da limosa a debolmente limosa, con ghiaia, di colore marrone chiaro.
				16										
				17									16,5	Sabbia a granulometria media, localmente limosa, con occasionali ciottoli, di colore grigio.
				18					3) Dis < 17,80 18,00					
				19										
				20						49-R/4cm		Rif		
				21										
				22										
				23										
				24										
				25						R/1cm		Rif		
				26										
				27										
				28										
				29					4) Dis < 29,00 29,20					
				30						R/3cm		Rif	30,0	

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 46 di 62

5.2 Parametri di resistenza al taglio dei terreni di fondazione

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione è stata eseguita facendo riferimento ai dati ottenuti dai tre sondaggi meccanici descritti in precedenza e alle prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) effettuate durante le perforazioni.

Sondaggio S1

Profondità (m)	Descrizione	Profondità prova SPT (m)	N
0.00 - 4.30	Terreno di riporto composto da sabbia, ciottoli e frammenti di catrame, di colore marrone chiaro - grigiastro	4.0 0- 4.45	
4.30 - 8.50	Sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa con presenza di ciottoli e frammenti di trovante di colore marrone chiaro	6.00 - 6.45 8.00 - 8.45	
8.50 - 15.00	Sabbia a granulometria media, limosa, debolmente ghiaiosa di colore grigio con tracce di torba	10.00 - 10.45 12.00 - 12.45 15.00 - 15.45	

In fase di perforazione sono stati prelevati tre campioni disturbati alle profondità, rispettivamente, di 3.00 – 9.30 – 15.00 m.

Sondaggio S2

Profondità (m)	Descrizione	Profondità prova SPT (m)	N
0.00 - 4.40	Terreno di riporto composto da sabbia ciottolosa ghiaiosa, con presenza di frammenti di laterizi, di colore marrone chiaro - grigio chiaro	4.0 0- 4.45	18-23-37
4.40 - 5.20	Sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa, in matrice limosa, di colore marrone chiaro		
5.20 - 7.00	Sabbia limosa, ghiaiosa, con presenza di livelli debolmente argillosi (da 6.70 a 6.870), di colore marrone chiaro	6.00-6.45	20-29-33
7.00 - 9.00	Sabbia a granulometria medio - fine, debolmente limosa, localmente debolmente ghiaiosa, di colore marrone chiaro		
9.00 - 15.00	Sabbia a granulometria medio fine, localmente debolmente ghiaiosa, di colore grigio scuro localmente nerastro, con tracce di torba	15.00	36*R/5cm

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 47 di 62

In fase di perforazione sono stati prelevati tre campioni disturbati alle profondità, rispettivamente, di 3.50 – 6.30 – 7.50 m.

Sondaggio S3

Profondità (m)	Descrizione	Profondità prova SPT (m)	N
0.00 - 3.00	Terreno di riporto composto da sabbia grossolana con presenza di cemento e clasti antropici, di colore marrone chiaro	2.00-2.45	16-27-30
3.00 - 5.80	Terreno di riporto composto da sabbia e ghiaia con presenza di clasti antropici occasionali di colore marrone chiaro	4.00-4.45	19-21-33
5.80 - 13.50	Sabbia limosa con ciottoli di colore grigio scuro - nerastro, con tracce di torba	7.00-7.45 10.00-10.45	29-48-R/2cm 44-R/5cm
13.50 - 15.00	Sabbia debolmente limosa, con presenza di ghiaia e ciottoli, di colore grigio scuro	15.00-15.45	36-45-R/3cm
15.00 - 16.50	Sabbia da limosa a debolmente limosa con ghiaia di colore marrone chiaro		
16.50 - 30.00	Sabbia a granulometria media, debolmente limosa, con occasionali ciottoli, di colore grigio	20.00-20.45 25.00-25.45	49-R/4cm R/1cm

In fase di perforazione sono stati prelevati quattro campioni disturbati alle profondità, rispettivamente, di 7.50 – 14.80 – 17.80 – 29.00 m.

La presenza della falda idrica è stata accertata in tutte e tre le perforazioni.

In tali condizioni per tenere conto che parte dell'energia di infissione si dissipa in pressione interstiziale Terzaghi e Peck suggeriscono di correggere il numero di colpi necessari per ottenere l'avanzamento della punta del penetrometro di 30 cm secondo la seguente relazione:

$$N = 15 + \frac{1}{2} \cdot (N' - 15)$$

Essendo N' il numero di colpi ogni 30 cm sopra falda.

Il numero di colpi N corretto, per ogni perforazione, secondo quanto sopra indicato è riportato nelle sottostanti tabelle

Sondaggio S1

Profondità prova SPT (m)	N'	N
4.00 - 4.45	70	42
6.00 - 6.45	88	51
8.00 - 8.45	83	49
10.00 - 10.45	R	R
15.00 - 15.45	R	R

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 48 di 62

Sondaggio S2

Profondità prova SPT (m)	N'	N
4.00 - 4.45	60	37
6.00 - 6.45	61	38
15.00 - 15.45	R	R

Sondaggio S3

Profondità prova SPT (m)	N'	N
2.00 - 2.45	57	28
4.00 - 4.45	54	34
7.00 - 7.45	R	R
10.00 - 10.45	R	R
15.00 - 15.45	R	R
20.00 - 20.45	R	R
25.00 - 25.45	R	R

In considerazione delle difficoltà di prelievo di campioni indisturbati, la valutazione dello stato tensionale iniziale dei terreni di fondazione è stato determinato facendo ricorso a correlazioni di tipo empirico ormai accettate dalla letteratura scientifica e ricavate dalle prove penetrometriche dinamiche (SPT).

E' noto, infatti, che l'angolo di resistenza al taglio di terreni incoerenti può essere desunto dal numero di colpi della prova SPT mediante una relazione del tipo:

$$\varphi = \sqrt{15 \cdot N} + 15$$

mentre il loro stato d'addensamento, dipendente dal numero di colpi N, può essere valutato, così come suggerito da Skempton, mediante la relazione:

$$\frac{(N_1)}{D_R^2} = 60$$

In cui N_1 corrisponde al valore N riferito ad un valore dell'efficienza del sistema di battitura delle aste pari al 60%.

Tale valore, per tenere conto del livello tensionale agente alla profondità in corrispondenza della quale è stata effettuata la prova, viene corretto mediante una relazione del tipo:

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 49 di 62

$$N_1 = C_N \cdot N_{SPT}$$

nella quale, trattandosi di sabbie medio grosse, C_N è dato da

$$C_N = \frac{3}{2 + \frac{\sigma'_{vo}}{100}}$$

con σ'_{vo} (carico litostatico efficace agente alla profondità di prova) è espresso in kPa.

Esplicitando le relazioni sopraindicate si ottengono, per ogni sondaggio, i valori caratteristici dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ) e della densità relativa (DR) sotto riportati:

Sondaggio S1

Profondità prova SPT (m)	N	Φ (°)	DR (%)
4.00 - 4.45	42	40	85
6.00 - 6.45	51	43	90
8.00 - 8.45	83	> 45	100
10.00 - 10.45	R	> 45	100
15.00 - 15.45	R	> 45	100

Sondaggio S2

Profondità prova SPT (m)	N	Φ (°)	DR (%)
4.00 - 4.45	37	38	81
6.00 - 6.45	38	39	77
15.00 - 15.45	R	> 45	100

Sondaggio S3

Profondità prova SPT (m)	N	Φ (°)	DR (%)
2.00 - 2.45	28	35	76
4.00 - 4.45	34	37	78
7.00 - 7.45	R	> 45	100
10.00 - 10.45	R	> 45	100
20.00 - 20.45	R	> 45	100
25.00 - 25.45	R	> 45	100

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 50 di 62

5.3 INDAGINI GEOFISICHE

5.3.1 Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)

Questo tipo di indagine è servito innanzitutto per caratterizzare il terreno dal punto di vista sismico così come previsto dalle *Nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni* (D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e Circolare Consiglio Superiore dei LL.PP. n° 617 del 2.2.2009)ed ha permesso di ricostruire la velocità di propagazione delle onde sismiche nei terreni presenti nei primi 30 metri di profondità (**V_{s30}**) evidenziandone le variazioni.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) adottata per le prospezioni consente di individuare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs monodimensionale, assumendo una valore medio di velocità lungo lo stendimento dei ricevitori. Il metodo utilizza l'analisi della dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di tipo Rayleigh (R) la cui velocità è correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

La sorgente è posta ad una distanza dal primo ricevitore dello stendimento pari all'interasse Δx tra i ricevitori.

L'elaborazione dei dati per mezzo di software specifici ha permesso di definire l'andamento verticale delle Vs e la presenza e gli spessori degli orizzonti "lenti" presenti, dalla cui elaborazione è stata ottenuta la media equivalente delle onde di taglio entro i primi 30 metri e cioè la **V_{s30}** richiesta dalle norme.

I dati registrati durante ogni prova, elaborati e schematizzati nelle figure seguenti, hanno dato i seguenti risultati:

MASW1 - MODELLO SINTETICO SISMICO FINALE

NUMERO STRATO	SPESSORE (M)	Z (M)	DENSITÀ (KG/M ³)	FALDA	COEFF. POISSON	Vs (M/S)
1	3	-3	1750	SI	0.40	163
2	2.8	-5.8	1800	Si	0.48	196
3	7.7	-13.5	1850	Si	0.48	294
4	1.5	-15	1900	Si	0.48	320
5	1.5	-16.5	2000	Si	0.48	363
6	∞	-∞	2100	Si	0.48	363

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 51 di 62

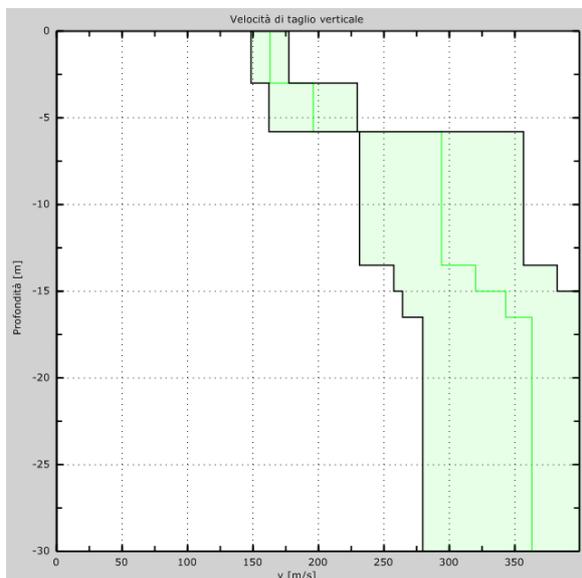


Figura 2. Profilo verticale di velocità onde S dello stendimento MASW 1

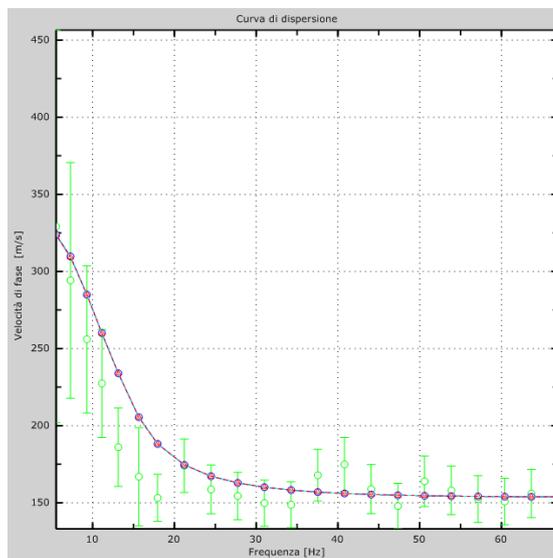


Figura 3. - Confronto tra punti sperimentali (verde), curva numerica (rosso), curva apparente (blu) e modi di Rayleigh (ciano)

PIANO DI RIFERIMENTO	Z = 0 m
LA VELOCITÀ EQUIVALENTE NEI PRIMI 30 M DI SUOLO, MISURATA A PARTIRE DALL'ATTUALE PIANO CAMPAGNA	V_{S30} = 285 m/s.

Il terreno di fondazione può, quindi, essere classificato come un suolo tipo C: **“Depositi di terreni a grana mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)”**.

MASW2- MODELLO SINTETICO SISMICO FINALE

NUMERO STRATO	SPESSORE (M)	Z (M)	DENSITÀ (KG/M ³)	FALDA	COEFF. POISSON	Vs (M/S)
1	4.4	-4.4	1750	SI	0.40	169
2	0.8	-5.2	1800	SI	0.48	217
3	2.8	-7	1850	SI	0.48	235
4	2	-9	1900	SI	0.48	242
5	6	-15	2000	SI	0.48	281

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 52 di 62

6	∞	$-\infty$	2100	Si	0.48	393
---	----------	-----------	------	----	------	-----

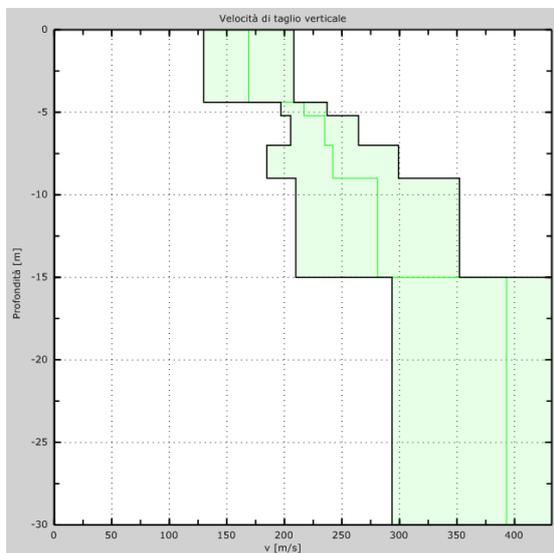


Figura 4. Profilo verticale di velocità onde S dello stendimento MASW 2

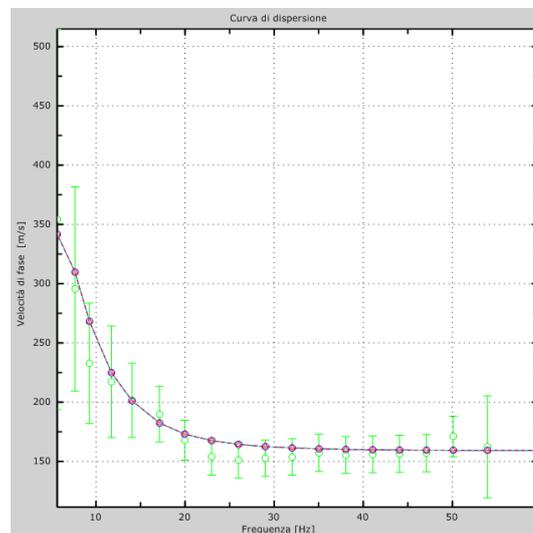


Figura 5. - Confronto tra punti sperimentali (verde), curva numerica (rosso), curva apparente (blu) e modi di Rayleigh (ciano)

PIANO DI RIFERIMENTO	Z = 0 m
LA VELOCITÀ EQUIVALENTE NEI PRIMI 30 M DI SUOLO, MISURATA A PARTIRE DALL'ATTUALE PIANO CAMPAGNA	V _{S30} = 285 m/s.

Il terreno di fondazione può, quindi, essere classificato come un suolo tipo C: **“Depositi di terreni a grana mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero 15 < N_{SPT,30} < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < C_{u,30} < 250 kPa nei terreni a grana fina)”**.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 53 di 62

5.3.2 Sismica a rifrazione

La prova si basa sul fenomeno della *rifrazione critica* che comporta la generazione di un'onda rifratta che, a una certa distanza dalla sorgente, arriva prima dell'onda diretta.

La determinazione di tale distanza e la pendenza degli arrivi relativi ad onde dirette e onde rifratte in un diagramma tempi di primo arrivo / distanze (dromocroma) consente la caratterizzazione dei depositi di terreno in presenza di un sufficiente contrasto di impedenza tra i diversi strati.

La prova effettuata ha registrato, da come si evince dalla figura allegata, la presenza di quattro sismo-strati caratterizzati da valori di velocità delle onde di compressione (onde P) così come sulla stessa riportato.

Dai risultati della prova, con metodo piuttosto semplice, si può risalire anche al valore delle onde di taglio (S) ma il pregio della prova è soprattutto quello di riportare in due D la disposizione dei sismostrati in profondità.

La disposizione in pianta delle tre tomografie è stata scelta in maniera tale da rendere confrontabili i risultati non solo tra loro ma anche con quelli ottenuti con le prove MASW.

Dal confronto delle tomografie A-A e B-B, ubicate parallelamente a se stesse e alla linea di riva, si può osservare la omogeneità dei sismostrati e la netta analogia stratigrafica e di spessore.

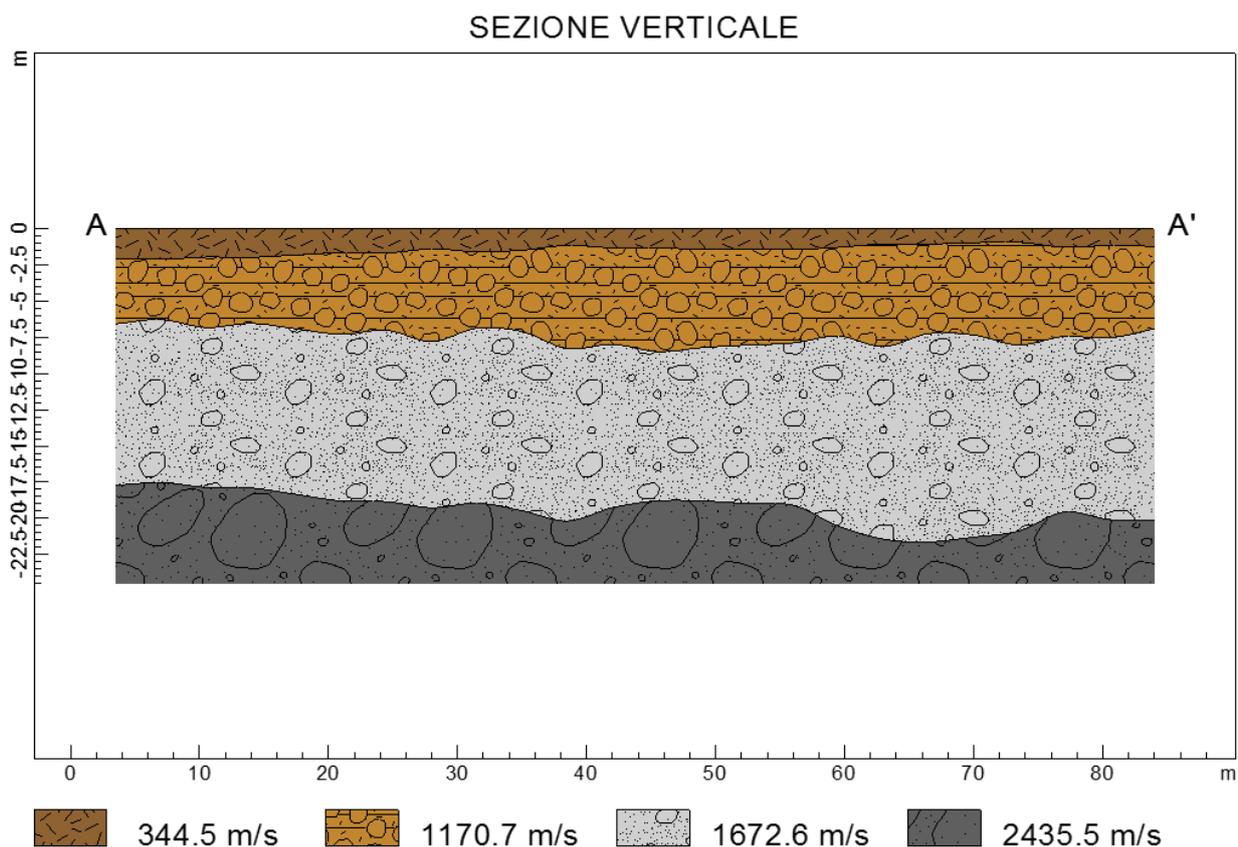
Se invece il confronto avviene tra queste e la terza (C-C) si riscontra il sensibile assottigliamento del sismostrato 1 verso mare e il netto aumento di spessore del sismostrato due nella stessa direzione, la qual cosa dimostra anche l'entità dei riempimenti avvenuti a ridosso della scogliera eseguita in tempi recenti a ridosso della vecchia linea di costa.

Ma i riscontri più significativi ed importanti, perché ricorrono con caratteri analoghi in tutte e tre le sezioni e quindi dimostrano che le ricostruzioni sono equivalenti sia in senso parallelo alla costa che ortogonalmente, sono:

- il primo sismostrato, più vicino alla riva, evidenzia velocità basse, tipiche dei terreni dotati di addensamento scarso;
- il secondo sismostrato, parallelo al primo ma più interno, è più veloce (più denso) ma presenta fortissime differenze di velocità rispetto al primo (confronta sezione A-A con B-B).
- Il terzo sismostrato è decisamente più veloce (denso) ma con apprezzabili variazioni di V tra una sezione e l'altra;
- Il quarto sismostrato è decisamente più consistente ed omogeneo.

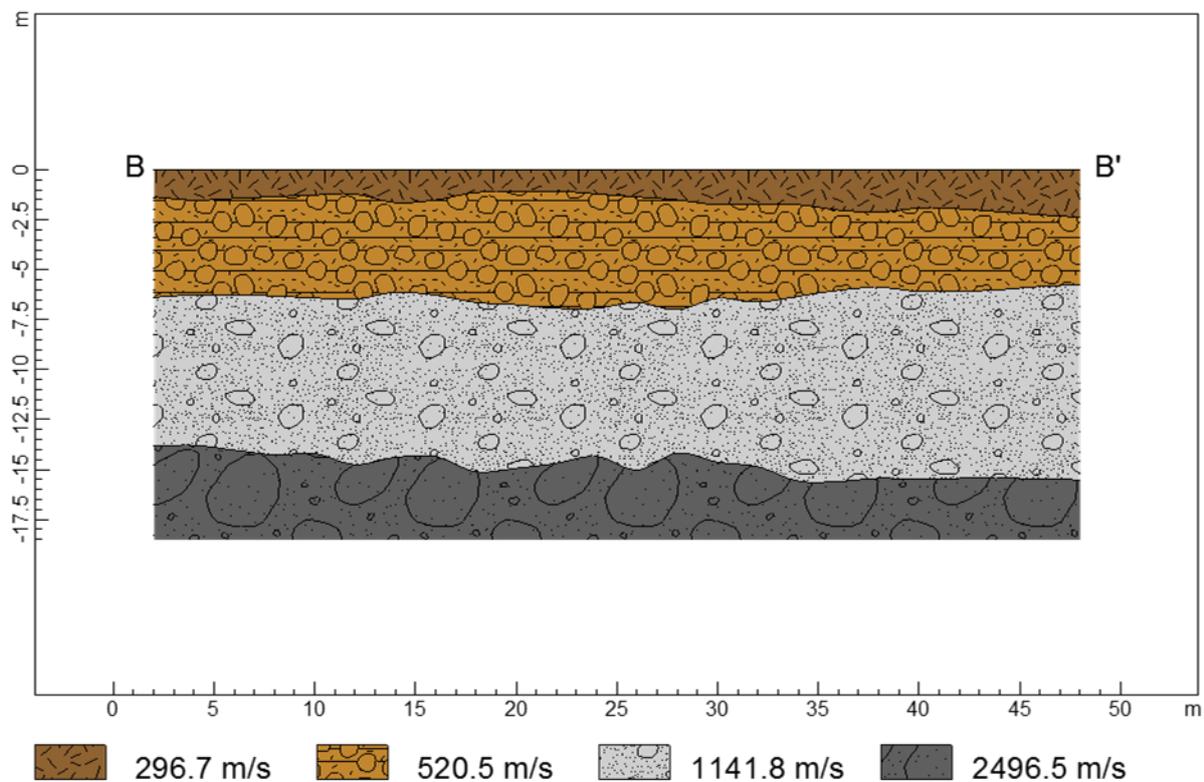
Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 54 di 62

La sezione C-C, eseguita in posizione ortogonale alla costa e quindi trasversalmente alle altre due, denota un forte aumento di spessore del secondo sismostrato nell'avvicinarsi alla scogliera e ciò rende conto dell'entità dei riempimenti antropici, confermando quanto già a livello qualitativo era stato dedotto con gli altri tipi di indagine.

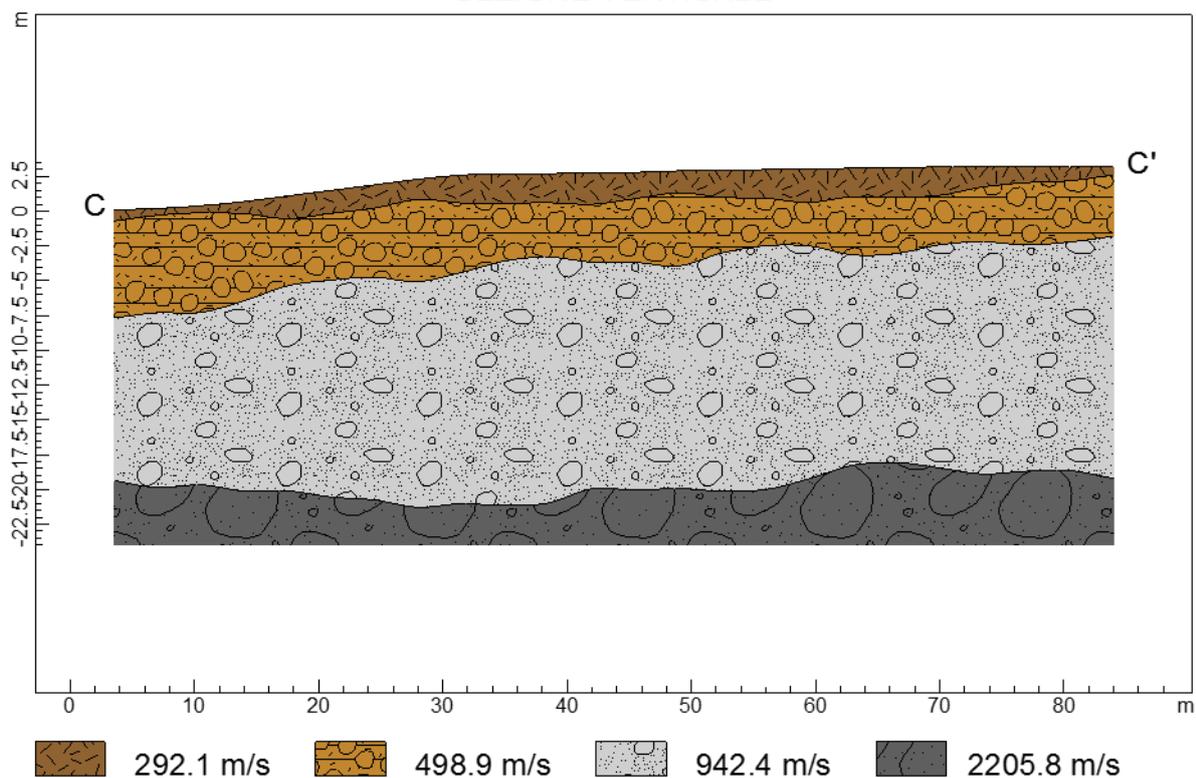


Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 55 di 62

SEZIONE VERTICALE



SEZIONE VERTICALE



Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 56 di 62

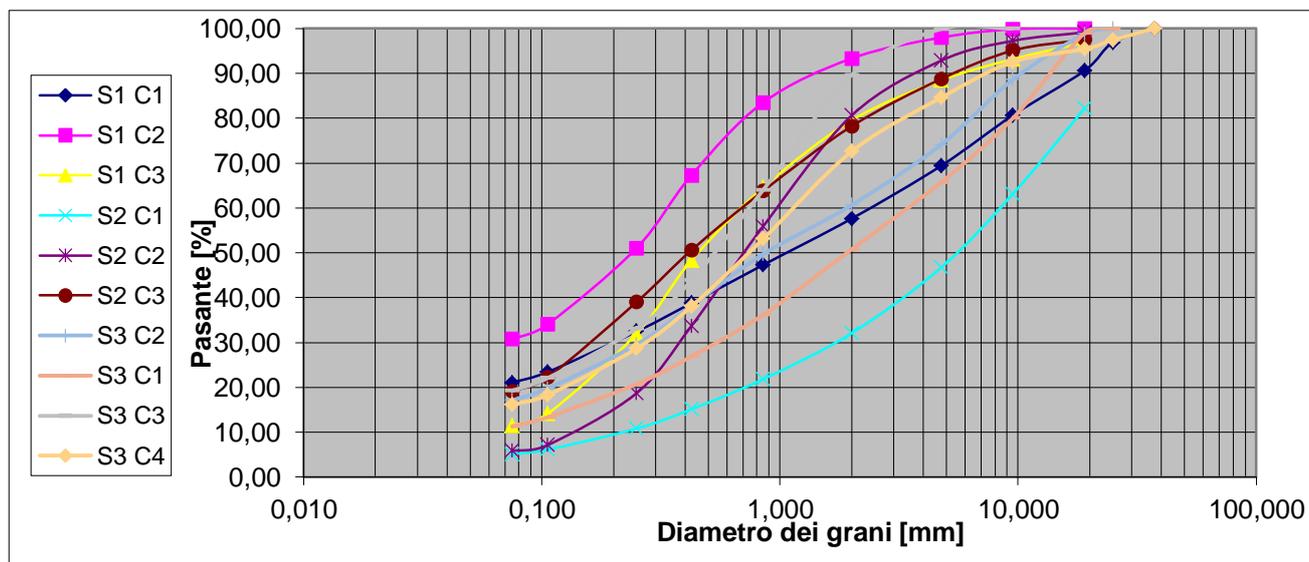
5.3.3 Prove di laboratorio

I risultati delle prove di laboratorio sono sintetizzati nella tabella seguente:

Campione S - N°	Profondità m	Peso di volume kN/m^3	Ghiaia %	Sabbia %	Limo e argilla %	Passante residuo % a 0.075mm
S1 - C1	3.00-3.20	23.19	42.37	36.57	21.06	21.06
S1 - C2	9.30-9.50	21.10	6.65	62.59	30.76	30.76
S1 - C3	14.80-15.00	21.25	20.48	68.00	11.52	11.52
S2 - C1	3.50-3.70	n.d.	67.00	27.03	5.07	5.07
S2 - C2	6.30-6.50	n.d.	19.39	74.76	5.85	5.85
S2 - C3	7.50-7.70	22.25	21.78	59.06	19.16	19.16
S3 - C1	7.50-7.70	18.85	49.22	39.48	11.30	11.30
S3 - C2	14.80-15.00	21.80	39.36	43.51	17.13	17.13
S3 - C3	17.80-18.00	22.01	10.36	70.36	19.28	19.28
S3 - C4	29.00-29.20	19.76	27.40	56.45	16.15	16.15

Nel diagramma bidimensionale sono invece riportati i risultati delle analisi granulometriche riferite a ognuno dei campioni analizzati.

Dal confronto delle fasce granulometriche occupate dai materiali presenti nel substrato di fondazione con i diagrammi granulometrici standard proposti dalle NTC 2008, si evince una estensione notevole dei fusi granulometrici i cui assortimenti e confini vanno ben al di là di quelli considerati critici ai fini della liquefazione.



Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 57 di 62

Parte VI

6 MODELLO GEOLOGICO E PARAMETRI GEOTECNICI

6.1 MODELLO GEOLOGICO sintetico

Nel contesto geologico e geotettonico del bacino di Reggio Calabria, le caratteristiche specifiche dell'area di costruzione sono state determinate media richiami bibliografici, riferimenti a studi precedenti, rilievi diretti, sondaggi meccanici e prospezioni geofisiche. Le ricostruzioni idro - geo - morfologiche e i risultati delle indagini hanno permesso di definire con sufficiente attendibilità il modello geologico-tecnico del sottosuolo.

Si è potuto così stabilire che l'area di costruzione, pur localizzata in un territorio con alta incidenza di rischi naturali – nel caso in esame soprattutto quelli legati alla sismicità e all'erosione costiera - non presenta penalizzazioni particolari derivanti da elementi di natura geologica, geoidrologica e geomorfologica.

Pertanto, essendo escluse particolarità locali capaci di esaltare le condizioni generali di rischio territoriale, si è passati alla delineazione del modello geo-stratigrafico da prendere in considerazione per valutare e ricondurre entro limiti di larga compatibilità le interazioni con manufatti previsti dal progetto. Le ricostruzioni necessarie per razionalizzare questa parte dello studio sono state effettuate prendendo in considerazione i parametri geologico-tecnici riportati nei capitoli precedenti, con l'insopprimibile contributo delle indagini geognostiche.

In tal modo sono stati analizzati i profili stratigrafici provenienti dai sondaggi meccanici e geofisici, e dalla loro sintesi è stato ricostruito in modello geologico con il rispettivo profilo litotecnico attribuendo ai diversi orizzonti litostratigrafici individuati i rispettivi parametri geotecnici.

Nella tabella che segue sono rappresentati litotipi con spessori e parametri, avendo avuto cura di utilizzare valori prudenziali a tutto vantaggio della sicurezza ma senza penalizzare l'economia degli interventi.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 58 di 62

Prof. (m)	Spessore (m)	Descrizione terreno	γ (t/m ³)	φ (°)	C (kg/cm ²)	Categoria di suolo	Falda
0,0 – 4.50	4.50	Terreno rimaneggiato o aerato costituito da sabbie e ghiaie limose rimaneggiate e poco addensate.	1,70-1.75	30-32	0.00	C	PRESENTE
-4.50- 7.50	3.0	Sabbia grossolana con limo e ghiaia, rimaneggiata verso ovest	1.80	32-34	0.00		
-7.50-15.00	7.50	Sabbia limosa con ciottoli di colore grigio scuro - nerastro, con tracce di torba	1.90	35	0.00		
-15- 30,00	15.00	Sabbie e ghiaie con ciottoli. compatte	>2,00	45	0.00		

6.2 POSSIBILITA' DI LIQUEFAZIONE

I fenomeni di liquefazione dei terreni sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche geologiche e geotecniche del substrato di fondazione e dalle modificazioni che possono subire i terreni che lo costituiscono in caso di sollecitazioni dinamiche di tipo ciclico.

La liquefazione è sostanzialmente connessa al condizionamento di alcuni fattori e può verificarsi elettivamente in certi tipi di terreni sabbiosi. Tuttavia, per essere potenzialmente soggetti al fenomeno, anzitutto i terreni devono trovarsi in una zona a elevata sismicità e poi possedere omogeneità granulometrica, densità prossima al limite critico, grado di saturazione elevato e condizioni di drenaggio impedito.

Come è noto, il fenomeno può manifestarsi in risposta ad intensi e ripetuti cicli di sollecitazioni sismiche e devono ricorrere condizioni di impedimento alla dissipazione delle pressioni interstiziali.

Infatti, in terreni granulari incoerenti la resistenza al taglio (τ) su un piano di possibile scorrimento corrisponde, secondo la relazione di Coulomb, a

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

in cui σ è lo sforzo normale agente perpendicolarmente al piano di scorrimento, mentre φ è l'angolo della resistenza al taglio.

Quando, però, il terreno ha un grado di saturazione molto elevato, bisogna considerare non solo la pressione totale ma anche la pressione esercitata dall'acqua per cui la relazione va espressa in termini di pressioni effettive:

$$\tau = (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi'$$

dove u rappresenta la pressione interstiziale.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 59 di 62

In condizioni di drenaggio impedito, le sollecitazioni applicate al terreno limitano fortemente la dissipazione della pressione interstiziale che tende ad assumere valori molto prossimi a quelli della pressione totale (σ) e di conseguenza il valore della resistenza al taglio (τ) tende a zero. Anche se non sempre tale condizione produce la fluidificazione del terreno, è molto probabile che la perdita di resistenza esponga i terreni alla "liquefazione".

D'altra parte, le N.T.C. [§ 7.11.3.4.2] prevedono che le verifiche a liquefazione possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (*free field*) minori di 0,1 g;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c., con piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura **a** nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura **b** nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

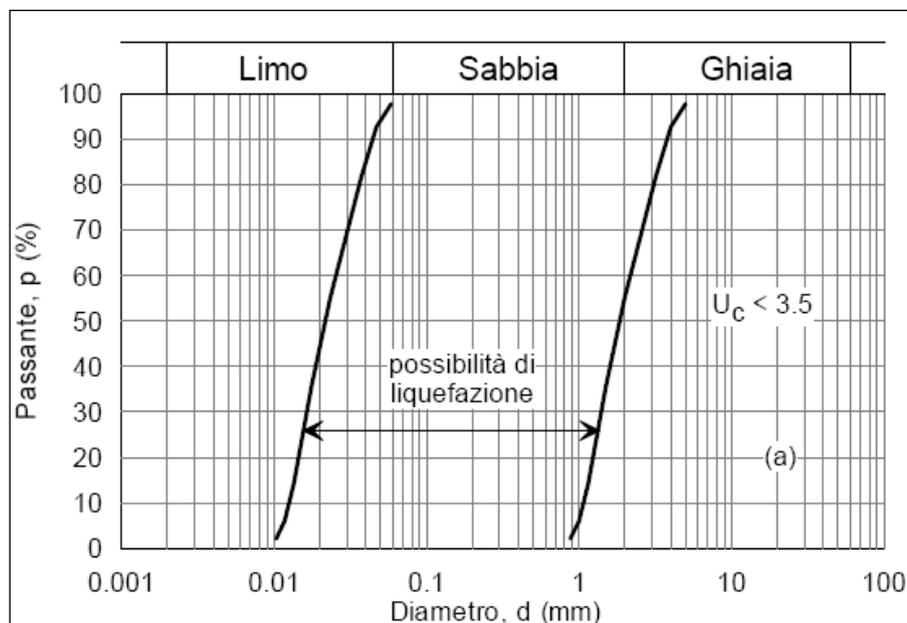


Figura a (7.11.1 NTC 08) Fusi granulometrici con $U_c < 3,5$ suscettibili di liquefazione

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 60 di 62

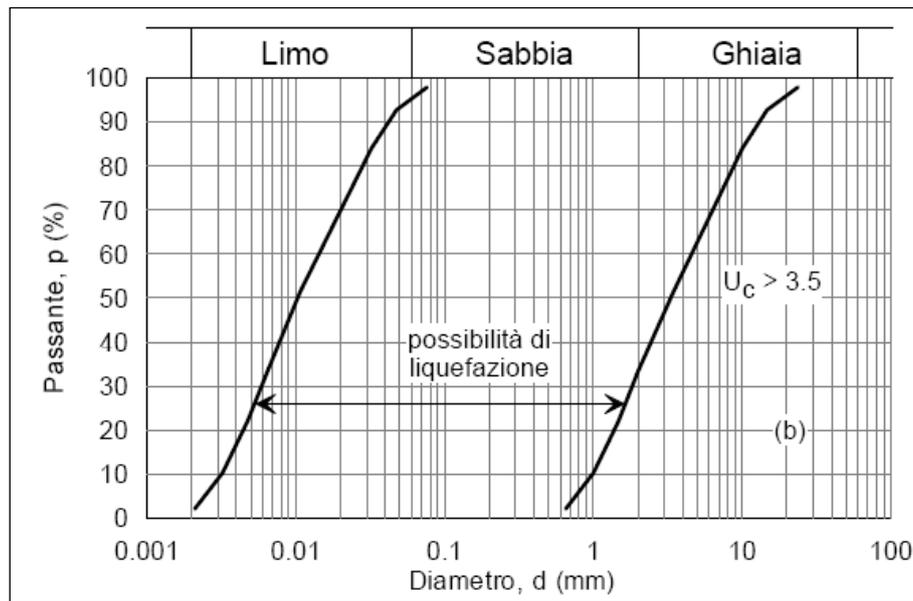


Figura b (7.11.1 NTC 08). Fusi granulometrici con $U_c > 3,5$ suscettibili di liquefazione

Nel caso in esame, sulla base di quanto descritto nei paragrafi precedenti, il sito di progetto non è soggetto a verifica.

Infatti, seppure sia facilmente ipotizzabile che possano verificarsi le circostanze previste ai punti 1 e 2 e 3, l'estensione granulometrica, la resistenza penetrometrica, la consistenza e lo stato di addensamento testimoniate anche dall'alta velocità delle onde di taglio, inducono ad escludere che i terreni qui presenti possano andare incontro a liquefazione e pertanto, pur richiedendo misure prudenziali d'uso, non sono soggetti a verifica analitica.

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 61 di 62

7 PERICOLOSITA' GEOLOGICHE e FATTIBILITÀ

Dall'esame dei diversi aspetti descritti nei precedenti capitoli si evince che l'area di progetto possiede un sufficiente grado di equilibrio idro-geo-morfologico e non è prevedibile che possa andare incontro a penalizzazioni derivanti dai principali rischi naturali previsti dalle norme.

Infatti, gli elementi geomorfologici, geolitologici, geoidrologici e geostrutturali precedentemente analizzati, portano a ritenere che il sito è caratterizzato da situazioni geologiche che non precludono la possibilità di realizzare gli interventi previsti in progetto, facendo ricordo alle ordinarie misure di prudenza che richiedo le opere marittime.

A conferma di ciò, si può aggiungere che durante i sopralluoghi non sono stati osservati fenomeni franosi, processi di erosione avanzata o situazioni predisponenti al dissesto né sull'area di costruzione né nel suo intorno significativo.

Inoltre, la successione litostratigrafica – sotto i terreni di copertura rimaneggiati e di riempimento retro-scogliera - è costituita fundamentalmente da litotipi piuttosto simili (ghiaie sabbiose e sabbie) da molto addensati a compatti che per giacitura, composizione litologica e distribuzione spaziale, non pongono limitazioni alla fattibilità dell'opera da realizzare. Le ghiaie e le sabbie, infatti, hanno caratteristiche geomeccaniche che migliorano progressivamente all'aumentare della profondità, sono praticamente insensibili alle variazioni dell'umidità naturale, presentano un sufficiente grado di addensamento, e sono prive di plasticità.

D'altra parte, la presenza di materiale rimaneggiato e allentato nella parte superiore della successione stratigrafica e in minor misura i banchi di materiali detritici depositi in bacino lagunare costiero in cui sono state rinvenute moderate quantità di inclusioni torbose, richiedono misure di prevenzione da verificare anche alla luce della tipologia di fondazione/ancoraggio scelta per gli approdi.

Se si prescinde dalle infrastrutture idraulico-viarie, non sono stati osservati elementi idrografici e/o linee di drenaggio preferenziale in grado di innescare processi di erosione con conseguente modificazione delle condizioni geomorfologiche attuali. Infatti, le acque di precipitazione meteorica provenienti dall'entroterra sono attualmente convogliate nella rete urbana, ma quelle che interesseranno i piazzali sarà più opportuno e conveniente che siano fatte defluire più o meno direttamente a mare

Committente	Oggetto	Elaborato	
Caronte & Tourist Spa	Realizzazione di un sistema di approdo per il collegamento marittimo Reggio Calabria/Messina presso le aree nord del Piazzale porto in Reggio Calabria	Relazione geologica	
		11/5/2014	Pag. 62 di 62

Nell'area non sono stati rilevati aspetti tettonico – strutturali o geomorfologici in grado di riflettersi sugli interventi progettati con fenomeni di amplificazione anche se non va in alcun modo trascurata la realtà sismica del territorio, molto intensa anche in epoca storica, come del resto è esplicitamente previsto dalle NTC 2009.

Particolare attenzione sarà posta in fase di esecuzione quando saranno operati gli sbancamenti per la realizzazione delle strutture di approdo. Infatti, pur essendo dotati di un accettabile angolo di attrito interno, i terreni presenti negli orizzonti superiori sono da considerare geologicamente incoerenti e pertanto tutti gli sbancamenti dovranno essere preceduti o accompagnati da interventi atti a prevenire il pericolo di scorrimento/franamenti verso il mare con conseguenti effetti di richiamo laterale.

A tal fine, sui fronti di scavo (lato est e lato sud dell'area di costruzione) sarà necessario far ricorso a strutture, provvisorie, idonee ad assicurare non soltanto il sostegno dei fronti di scavo, ma anche a prevenire la decompressione del terreno e dei manufatti adiacenti.

Nelle condizioni sopra esaminate e facendo ricorso alle ordinarie misure di prudenza necessarie per prevenire l'allentamento e il decadimento delle proprietà geomeccaniche dei terreni e per garantire i coefficienti di sicurezza previsti dalle normative vigenti, gli interventi progettati potranno essere realizzati senza produrre modificazioni peggiorative dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dell'area.

Reggio Calabria, 6 maggio 2014

Prof. geologo Giuseppe Mandaglio

Geol. Michele Mandaglio