



Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE -- C.da Sala 15, 89040 Stignano (RC) -- Via Delle Viole 5, 87040 Cerzeto (CS)
Tel. 0964773059 --- Cell. 3496065802 --- e-mail: geologostamile@gmail.com

RELAZIONE GEOLOGICA

COMUNE
ROCELLA JONICA
Città Metropolitana di Reggio Calabria

Committente:
Amministrazione Comunale

Località:
Porto le Grazie.

PROGETTO

**“POR FESR_FSE 2014_2020.
Asse VII. Obiettivo specifico 7.2 Azione 7.2.2
Intervento di:
Riqualficazione e adeguamento
del Porto delle Grazie di Roccella Ionica**

Allegato _____

Il Geologo

Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE
Ordine dei Geologi della Calabria - n° 536



Visto Enti:

Marzo 2019

PREMESSA.	2
1. DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA, AEROFOTOGRAFICA, STORICA, BIBLIOGRAFICA E TECNICO-OPERATIVA PER L'AREA D'INTERESSE.	5
1.1. DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA ED AEROFOTOGRAFICA ESISTENTE PER IL SITO IN ESAME.....	5
1.2. COMPATIBILITÀ DELL'AREA DI STUDIO CON IL P.A.I. "PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA CALABRIA" E CON IL P.S.E.C. PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'EROSIONE COSTIERA"	7
2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICITÀ DELL'AREA.	10
2.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI.....	10
2.2. CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE	20
2.3. CARATTERI MORFOLOGICI, MORFODINAMICI, IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI.	23
2.4. CLIMA ONDOSI DEL LITORALE DI ROCCELLA JONICA	31
2.5. VARIAZIONE DELLA LINEA DI RIVA DEL LITORALE DI ROCCELLA JONICA.	43
2.6. SISMICITÀ E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA.	48
3. MODELLO LITOTECNICO E RISPOSTA SISMICA LOCALE.	53
3.1. DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO DI RIFERIMENTO.....	53
3.2 RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	70
3.3 PERICOLOSITÀ DOVUTA AD INSTABILITÀ PER EFFETTI COOSISMICI NEL SITO DI STUDIO.....	72
3.3.1 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa.</i>	73
3.3.2 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive.</i>	73
3.3.3 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi diversi.</i>	73
3.3.4 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni.</i>	74
3.3.5 <i>Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla liquefazione sismica dei terreni sotto falda.</i>	74
4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.	79

PREMESSA.

Per il progetto “*POR FESR_FSE 2014_2020. Asse VII. Obiettivo specifico 7.2 Azione 7.2.2 – Intervento di: Riqualficazione e adeguamento del Porto delle Grazie di Roccella Ionica* da eseguirsi in Loc. nel Comune di Roccella Jonica (RC) è stato conferito al sottoscritto Dott. Geol. Angelo Alberto Stamile, incarico di condurre lo Studio Geologico riguardante l’area interessata dalle opere in progetto. In particolare, l’opera in progetto prevede l’ampliamento del molo di sovraflutto, con un prolungamento (pennello) alla cui estremità verranno posizionati una innovativa tipologia di cassoni portuali, i REWEC (REsonant Wave Energy Converter) che, oltre a svolgere la classica funzione di opere portuali, assorbono l’energia ondosa incidente e la trasformano in energia elettrica mediante l’istallazione di idonee turbine.

Lo studio ha la finalità di ricostruire gli aspetti geologico-strutturali dell’ambito d’interesse, nonché le caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche dei terreni costituenti il primo sottosuolo dell’area; particolare attenzione sarà rivolta alla ricostruzione del quadro geomorfologico e morfodinamico, nonché all’aspetto idrogeologico della zona studiata. I dati scaturiti verranno utilizzati per la stesura di un modello geologico-tecnico atto a verificare l’attitudine dell’area ad accogliere le opere in progetto. Lo studio si articola nelle seguenti fasi:

Inquadramento geologico -- Inquadramento geologico strutturale e caratteri litostratigrafici, origine e natura dei litotipi, il loro stato d’alterazione, la loro fratturazione e degradabilità attraverso sopralluoghi di dettaglio mirati alla verifica della situazione geologica dell’ambito esaminato e del suo intorno più prossimo, ricerca ed analisi del materiale bibliografico e cartografico, riguardante l’area;

Inquadramento geomorfologico -- Descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona con particolare riguardo alle forme naturali, antropiche e degli elementi morfostrutturali significativi, ai fini geomorfologici, morfodinamici e sismici (dissesti in atto o potenziali e loro tendenza evolutiva); Descrizione dell’esistenza di elementi naturali od artificiali (corsi d’acqua, limiti di aree fortemente acclivi). I punti precedentemente descritti sono stati valutati mediante: rilevamenti geologici di dettaglio mirati alla verifica della situazione, geomorfologica e della dinamica morfo-evolutiva dell’ambito esaminato e

del suo intorno più prossimo; acquisizione ed analisi fotointerpretativa a scala adeguata, reperimento di documenti e cartografia tematica esistente;

Inquadramento meteo-climatico, idrologico ed idrogeologico -- Descrizione delle principali caratteristiche meteorologiche e del deflusso idrico superficiale e sotterraneo attraverso sopralluoghi, ricerca ed analisi del materiale bibliografico e cartografico, riguardante l'area;

Sismicità dell'area -- Descrizione della sismicità storica e valutazione dei principali parametri sismici locali attraverso indagini in situ e ricerca di materiale bibliografico;

Finalità tecniche -- Determinazione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel volume significativo interessato dalle opere in progetto; Valutazione dell'eventuale presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei manufatti; Valutazione degli eventuali processi morfologici, morfodinamici ed azioni di dissesto in atto o potenziali nell'area di studio ed in quella circostante. Al fine di ottenere maggiori e più dettagliate informazioni, circa l'assetto litologico-stratigrafico e le proprietà fisico-meccaniche dei materiali costituenti il primo sottosuolo, le analisi di campagna sono state correlate con indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area portuale (n. 2 Sondaggi a carotaggio continuo con SPT in foro e prelievo campioni per analisi di laboratorio; n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti, Dpsh; n. 3 sismica superficiale attiva di tipo Multichannel Analysis of Surface Waves, Masw; n.2 sismica superficiale passiva Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Hvsr); bibliografia di indagini in situ ed analisi di laboratorio effettuate su campioni di litotipi simili e/o su terreni adiacenti. Inoltre, per l'esecuzione dello studio meteomarinario sono stati prelevati n. 25 campioni, lungo sei transetti, di sedimenti superficiali per le analisi granulometriche.

Il presente studio è redatto secondo le direttive della vigente normativa emanate nel:

D. M. del 17-01-2018 – Norme tecniche per le costruzioni. Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008. **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019** - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Legge Regionale n. 37 del 31/12/2015 - Modifica alla legge regionale n. 3S del 19 ottobre 2009 e s.m.i. (Procedure per la denuncia degli interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica). (Testo coordinato con le modifiche ed integrazioni di cui alla L.r. 29 giugno 2016, n.16)

Regolamento regionale del 29/11/2016 n. 15 - Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n. 37 del 28 dicembre 2015.

L. R. n.° 19 del 16-04-2002 e relative Linee Guida – Norme per la tutela, governo, ed uso del territorio – Legge urbanistica della Calabria.

Delibera del Consiglio Regionale n.° 115 del 28-12-2001 – D.L. 180/98 e successive modificazioni, Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico; *Linee Guida* per “*studi relativi alla valutazione ed alla zonazione della pericolosità e del rischio di frana*”;

1. DOCUMENTAZIONE CARTOGRAFICA, AEROFOTOGRAFICA, STORICA, BIBLIOGRAFICA E TECNICO-OPERATIVA PER L'AREA D'INTERESSE.

1.1. Documentazione cartografica ed aerofotografica esistente per il sito in esame.

Inquadramento geografico – Il sito in esame è il tratto di mare aperto compreso tra la punta del molo foraneo del Porto Le Grazie ed il mare aperto in direzione SSW per un tratto di circa 250 metri nel Comune di Roccella Jonica (RC) e si trova ad una quota compresa tra la batimetrica -0.00 e -10.0 metri.

Cartografia tecnica – L'area in esame ricade nel: Fgl 591 sez. IV “*Roccella Jonica*” e Fgl. 255 I NE “*Roccella Jonica*” delle Carte IGM in scala 1:25.000 voli rispettivamente del 1990 e del 1953; Foglio 591064 della C.T.R. della Calabria, in scala 1:5.000.

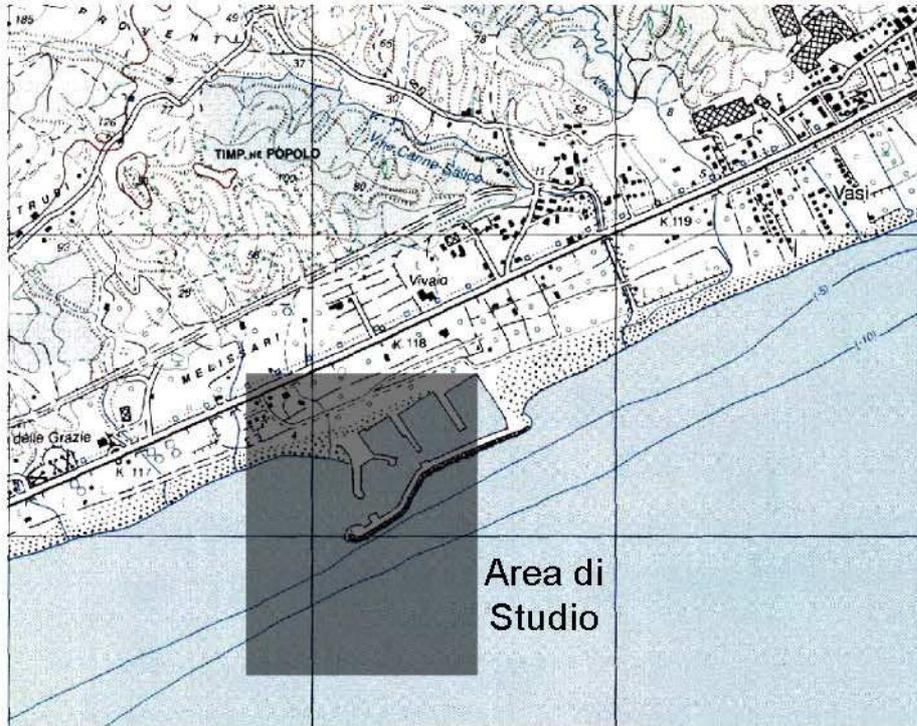
Cartografia geologica – L'area in esame ricade nel Fgl. 255 I NE “*Roccella Jonica*” della Carta Geologica della Calabria a cura della CasMez in scala 1:25.000.

Riferimenti aerofotografici – I riferimenti aerofotografici raccolti ed esaminati sono i seguenti: Volo I.G.M., 1990 e 1995, in scala 1:33.000; Ortofoto digitale n.° 591060 del 2000, 2006 in scala nominale 1:10.000 e n.° 591064 del 2006 in scala nominale 1:5.000

Normativa antisismica – L'area di studio (ED50: lat. 38.324200°N, lon. 16.430500°E), del Comune di Roccella Jonica (CS), per la normativa antisismica è classificata nel seguente modo: Zona sismica di prima categoria S=12 con k=0,10 (*O.P.C.M. del 12-06-1998 “Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale”*); Zona sismica I con $a_g=0,35$ (*Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modificazioni*); Accelerazione massima $0,150 < a_{max} < 0,175$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s) (*Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*, nell'Allegato 1B “*Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale*”); All'interno dei punti 44113, 44114, 44335, 44336, del reticolo di riferimento nazionale (*D.M. del 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le costruzioni”*, Allegato B: “*Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica*”, Tabella 1).

Corografia Area di Studio

Stralcio Carta Topografica IGM Foglio 591 Sez. IV "Roccella Jonica"
scala 1:25.000

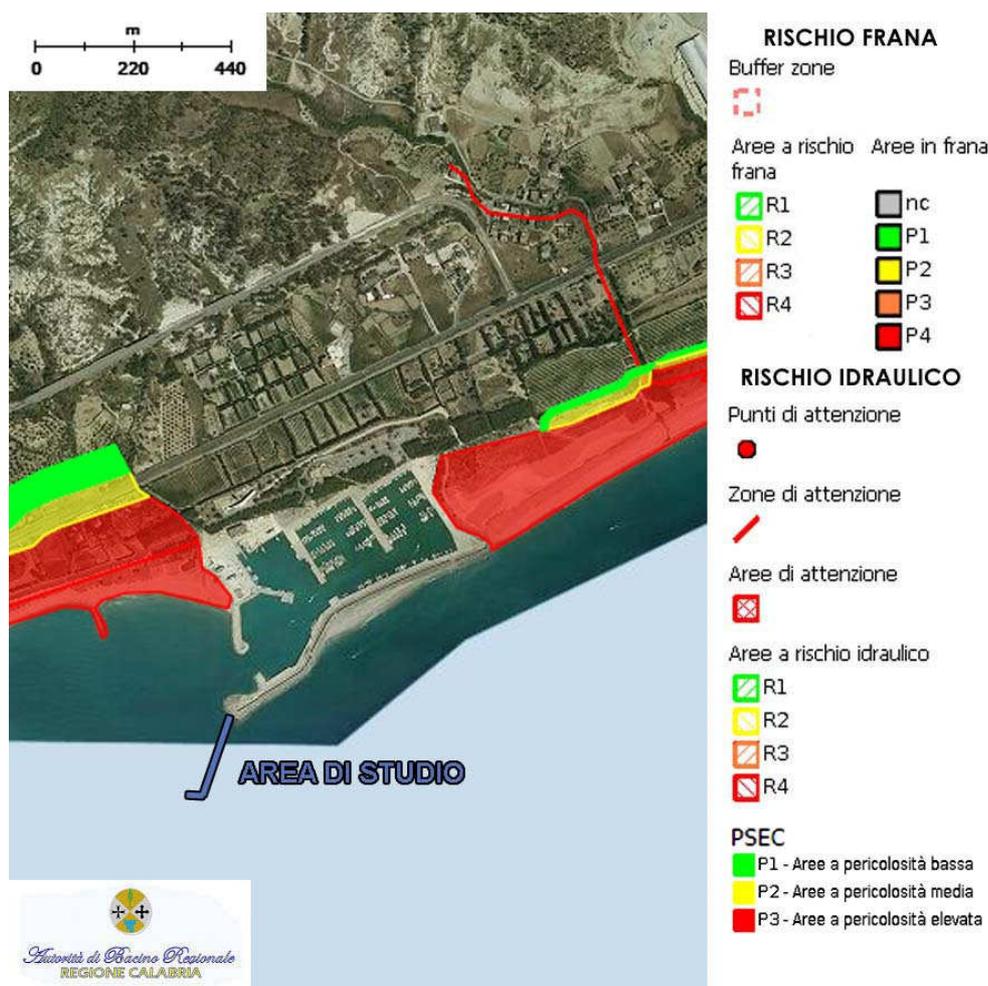


Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

C.da Sala n. 15 -- 89040 Stignano (RC) --- Via Coscione n. 20 -- 87040 Cerzeto (CS)
Tel: 0964/773059, Cell. 349/6065802, e-mail: geologostamile@gmail.com

1.2. Compatibilità dell'area di studio con il P.A.I. "Piano di Assetto Idrogeologico della Calabria" e con il P.S.E.C. Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione Costiera".

Il Comune di Roccella Jonica (RC) è censito negli elaborati cartografici P.A.I. di seguito elencati: Rischio e/o Pericolo di Frana – Tav. FCI080067 "Carta inventario dei centri abitati instabili" e Tav. FRI080067 "Carta inventario delle frane e delle relative aree a rischio" in scala 1:10.000; Rischio Idraulico – Tav.le AV080067/A/B "Aree Vulnerate ed elementi a Rischio" e Tav.le RI080067/A/B "Perimetrazione Aeree a Rischio Idraulico" in scala 1:25.000. Nello specifico l'area di studio è censita nei seguenti elaborati PAI: Rischio e/o pericolo di frana Tav. FRI080067; Rischio idraulico Tav. RI080067/B. Dalla sovrapposizione dell'area di studio con gli elaborati del P.A.I. si evince che **l'area non è soggetta a pericolosità o rischio per frana o idraulica del P.A.I.**



Nel P.S.E.C. “*Piano di Bacino Stralcio per l’Erosione Costiera*”, il Comune di Roccella Jonica (RC) è censito negli elaborati cartografici: Mappa della Pericolosità – Tav.le 591051_P, 591052_P, 591053_P, 591064_P, scala 1:5.000; Mappa del Rischio – Tav.le 591051_R, 591052_R, 591053_R, 591064_R, scala 1:5.000; In particolare l’area di studio è censita negli elaborati della Pericolosità e del Rischio del P.S.E.C. seguenti: Tav.le 591064_P e 591064_R. Dalla sovrapposizione dell’area di studio con tali elaborati si evince che l’area è soggetta a vincolo P.S.E.C. Le Norme di Attuazione specificano:

Articolo 4 - Ambiti territoriali di applicazione

1. Le presenti norme, aventi efficacia su tutte le aree costiere dei Comuni rientranti nella competenza territoriale dell’Autorità di Bacino della Calabria elencati in Allegato, si applicano:

- a) sulla fascia costiera compresa, per convenzione, entro i seguenti limiti dalla linea di costa: o a mare, fino alla linea batimetrica –20 mt, estesa al perimetro delle aree protette dei parchi marino-costieri e delle aree naturali protette, ove presenti; o a terra, fino ai limiti perimetrati nelle carte della pericolosità;
- b) agli interventi e alle azioni, nell’unità fisiografica e nei bacini idrografici afferenti, che determinano la modifica delle dinamiche naturali del sistema geomorfologico e meteomarinico delle aree costiere.

Articolo 7 - Criteri di progettazione e studi di compatibilità

1. In tutte le zone delimitate dal presente Piano, tutti i provvedimenti che autorizzano interventi o attività lungo la costa devono essere basati su preventive valutazioni degli effetti che essi possono produrre sulle condizioni di pericolosità e rischio di erosione costiera e sulla tutela degli ecosistemi.
2. I criteri di massima per la progettazione, la realizzazione e la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere e degli interventi di difesa dai fenomeni di erosione costiera sono indicati nelle linee guida dell’ ABR.
3. Per le zone soggette a pericolo di erosione costiera interessate da possibili run-up le opere e le attività consentite sono comunque subordinate alla redazione di uno studio di compatibilità idraulico-marittimo e sedimentologico, firmato congiuntamente da tecnici abilitati

Articolo 16 - Opere portuali

1. La realizzazione di opere portuali, ovvero la riqualificazione, il potenziamento e gli ampliamenti di quelle già esistenti, nonché gli altri interventi infrastrutturali lungo la costa, devono essere corredati

dallo studio di compatibilità, redatto secondo i criteri di cui alle Linee Guida per la progettazione degli interventi, da sottoporre a parere e approvazione del Comitato Istituzionale dell' ABR.

Da quanto esposto **si evince** che: L'area oggetto d'intervento, secondo gli studi eseguiti dall' A.B.R. nell'ambito del: Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. e del Piano di Bacino Stralcio per l'Erosione costiera P.S.E.C., **non ricade in area a Vincolo per frana o Idraulico del P.A.I.** ed è soggetto alle prescrizione dell'**art. 16** delle **Norme di Attuazione del P.S.E.C.**

Per tutte le altre considerazione di ordine geologico, geomorfologico, idrogeologico, litotecnico e sismico si rimanda alla presente relazione.

2. MODELLO GEOLOGICO E SISMICITA' DELL'AREA.

2.1. Caratteristiche geologico-strutturali.

Il contesto geologico in cui è inserito il sito in esame è il settore compreso tra i tratti terminali del Bacino della Fiumara Amusa a nord e del Bacino della Fiumara Torbido a Sud situati nel settore meridionale della Calabria, lungo il versante est del massiccio delle Serre. Il bacino s'inquadra nell'ambito geologico generale dell'edificio a falde che costituisce il nucleo della Catena Montuosa Calabra. L'arco calabro che comprende oltre alla Catena Costiera i rilievi della Sila e dell'Aspromonte, è costituito da una successione di coltri di ricoprimento di rocce prevalentemente cristalline, il cui trasporto e sollevamento appartiene a tempi geologici più antichi rispetto alla Catena appenninica. La geologia del versante ionico meridionale della Calabria è caratterizzata da affioramenti di terreni cristallini ignei e metamorfici, alloctoni, su cui poggiano lembi delle originali coperture sedimentarie, prevalentemente carbonatiche, passivamente trasportate insieme alle falde cristalline, seguiti, in sovrascorrimento tettonico, da terreni sedimentari alloctoni in facies di flysch più o meno caoticizzato e inglobante livelli arenacei. A questo complesso alloctono seguono in discordanza stratigrafica i terreni tardo-orogeni e quelli plio-pleistocenici, sedimentati dopo la messa in posto delle falde di ricoprimento del Corrugamento alpino. Le condizioni lito-meccaniche dei terreni discendono dalla loro storia tettonica e, pertanto, si inquadrano nella storia geologica della Calabria. La costruzione del territorio calabrese è relativamente recente, malgrado si ritrovino materiali antichi sradicati dalla loro sede di origine, dislocati tettonicamente per centinaia di chilometri ed impilati in falde di ricoprimento sulle quali si sono depositati, durante e dopo le fasi di impilamento, depositi sedimentari da relativamente recenti ad attuali. Durante l'ultima fase di costruzione della struttura della Calabria, si è avuto un sollevamento generalizzato, ma non uniforme, che ha conferito alla Calabria meridionale il suo aspetto attuale, significativamente modificato dall'erosione. Il sollevamento ha portato ad oltre 1200m sul livello del mare attuale un'antica superficie di sedimentazione e i rilievi che essa circondava: i Piani d'Aspromonte e la dorsale del Montalto. Il nucleo sollevato ha un'ossatura costituita dai terreni cristallini delle unità alloctone della Catena alpina. L'impilamento delle falde alloctone inizia nel Miocene medio, circa 16 milioni di anni fa, mentre risale a circa 1 milione di anni l'avvio della fase di intenso sollevamento tettonico

di cui abbiamo prima indicato. Tale sollevamento, testimoniato dall'attività sismica e dai molteplici indizi geologici e geomorfologici, continua ancora oggi ed è accompagnato da un'intensa azione dei processi di smantellamento (erosione e movimenti in massa). I terreni cristallini ignei e metamorfici alloctoni sono rappresentate dalle:

- *Unità Alpine dell'Aspromonte* costituite da unità metamorfiche di basso-medio-alto grado e dai complessi plutonici delle Serre e dell'Aspromonte. Si tratta di terreni di provenienza continentale, con alcuni elementi che indicano probabilmente le prime fasi di apertura di una fossa oceanica (lave basiche), metamorfici o intrusivi, a composizione acida, derivanti dalla deformazione e trasporto di segmenti crostali in parte già metamorfosati durante il Corrugamento Ercinico (fase Varisica o pre-Varisica), e rimetamorfosate durante il corrugamento alpino. Il Corrugamento alpino ha indotto in alcuni di questi complessi metamorfici un retrometamorfismo che ha reso queste rocce facilmente alterabili e, di conseguenza, franabili. Le Unità Metamorfiche di basso e medio grado costituiscono i termini stratigraficamente inferiori e sono costituiti da filladi e metareniti quarzose, micascisti a granato e tormalina, e marmi con uno spessore molto variabile, l'età va dal Cambiano al Devoniano (Paleozoico inferiore e medio);
- *Unità di Stilo* caratterizzata da: un Complesso di rocce metamorfiche di basso-medio-alto grado costituite da filladi, metacalcari a trilobiti devoniane, porfiroidi, metabasiti, micascisti a granato, gneiss a granato e gneiss occhialini; Il Batolite di Stilo (MESSINA et al., 1993) che costituisce il nucleo principale dell'Unità omonima è costituito da molte unità intruse in una fase post-tettonica. La sua composizione è variabile tra la tonalite ed il monzogranito, con prevalenza di granodiorite. Molto diffusi sono gli xenoliti (inclusioni) metamorfici e i dicchi aplitici e femici. Lo spessore può giungere fino a 2000m. L'età è tra il Carbonifero ed il Permiano (Paleozoico Superiore) ed è stata determinata radiometricamente (290-270 Ma). Il contatto con il Complesso metamorfico è caratterizzato da un'aureola di metamorfismo di contatto; La copertura sedimentaria è costituita da una successione discordante sul basamento cristallino di conglomerati, arenarie e argilliti rosse, continentali, del Triassico-Giurassico Inferiore seguite da dolomie e calcari del Giurassico Medio-Cretacico Inferiore e brecce calcaree a frammenti di rudiste (Cretacico Superiore); verso l'alto seguono un sottile livello lateritico continentale

dell'Eocene-Oligocene Inferiore, un livello a breccia ad elementi filladici (Oligocene Inferiore) e in discordanza biocalcareni e arenarie dell'Oligocene Miocene Inferiore (Aquitano).

Alle unità cristalline seguono le unità sedimentarie tardogene. Queste sono costituite da varie formazioni di età compresa tra l'Oligocene Superiore e l'Olocene:

- Conglomerati, arenarie ed argilliti della F.ne di Stilo-Capo d'Orlando (Oligocene sup. -burdigaliano);
- Calcareniti di Floresta (Langhiano);
- Complesso antiscilide fortemente tettonizzato delle Argille Varicolori (Cretaceo) con la copertura di Quarzareniti numidiche (Oligocene) in falda sulla formazione precedente;
- Sabbie conglomerati ed arenarie a Clypeaster dell' Unità silicoclastica Serravalliano-Tortoniano;
- Siltiti, argille diatomitiche, calcari evaporitici gessi e gessareniti della F.ne Evaporitica (Messiniano);
- Conglomerati e sabbie dell'Unità silicoclastica tardo messiniana;
- Alternanze di marne calcaree e calcari marnosi della F.ne dei Trubi (Pliocene);
- Conglomerati, sabbie ed argille della F.ne di Monte Narbone (pliocene sup.);
- Depositi calcarenitici, sabbioso, conglomeratici di Terrazzi marini pleistocenici;
- Depositi recenti dei fiumi e delle piane costiere.

Schema tettono-stratigrafico delle Unità dell'Arco Calabro-Peloritano. (Critelli et alii) modificato

Terreni post-orogeni

- Pliocene-Quaternario
- ⋯ Pliocene inf. - Tortoniano sup.

Settore Nord Arco Calabro-Peloritano

- Unità: Bagni, Castagna
- +++ Unità della Sila: Polia-Copanella, Monte Gariglione,

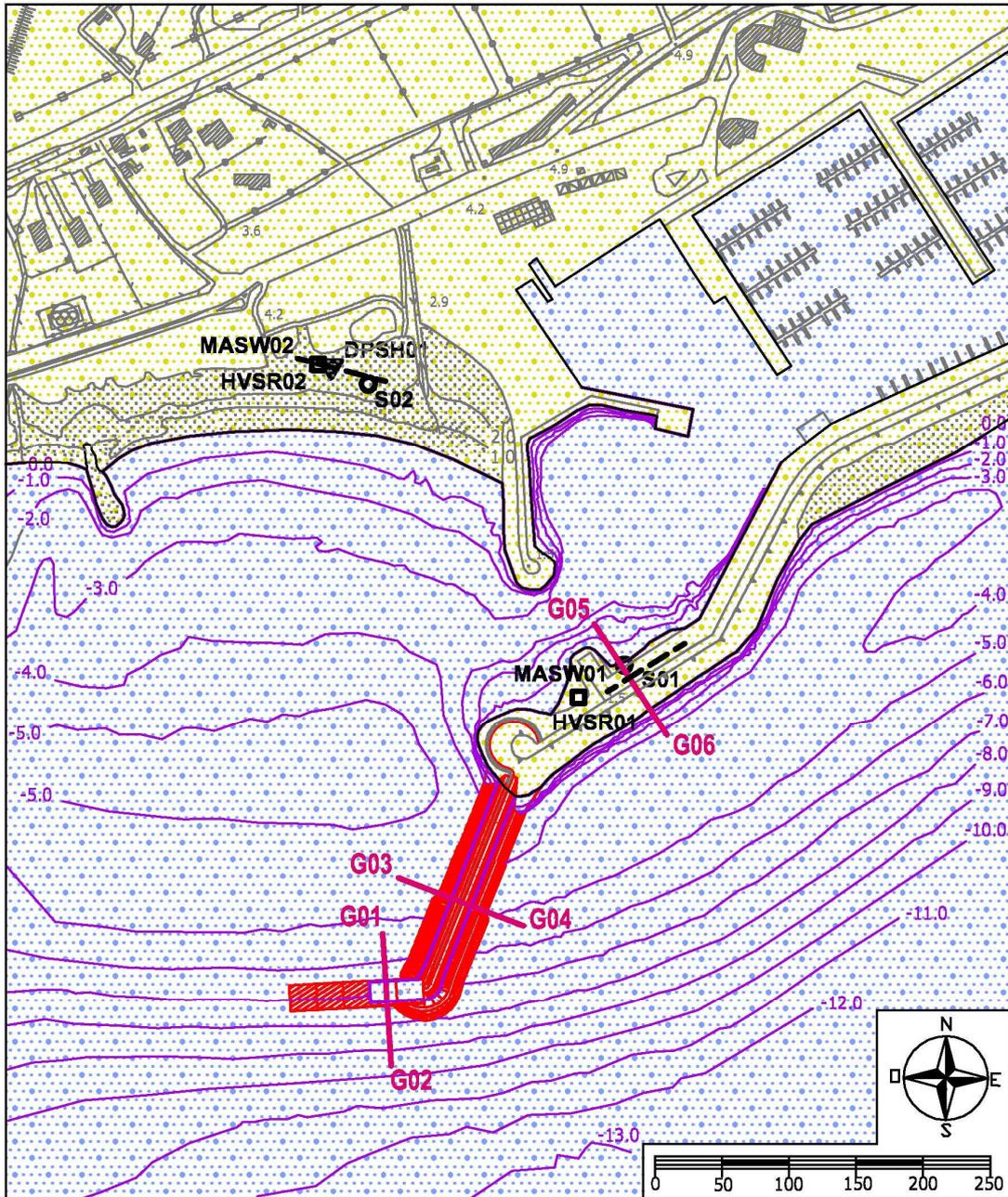
Settore Sud Arco Calabro-Peloritano

- Formazione di Stilo-Capo d'Orlando, Unità antiscilide
- ▨ Unità: Aspromonte, Mela, Mandanici, Fondachelli, Cardeto, Africo
- xxx Unità di Stilo basamento e copertura



Nel settore d'intervento il substrato sedimentario locale è costituito da una sequenza di depositi marini di mare profondo del ciclo sedimentario del Pliocene inferiore-medio definita come **F.ne dei Trubi (TR)**.

Carta d'Inquadramento Geologico Strutturale
scala 1:5.000



LEGENDA

	Depositi di spiaggia recenti sabbioso ghiaiosi (DSPsg). <i>Olocene</i> .		Sismica attiva (Masw);
	Sedimenti marini sabbioso ghiaiosi (SMsg). <i>Olocene</i> .		Sismica passiva (Hvsr)
	Formazione dei Trubi (TRU). <i>Pliocene inf.</i>		Penetrometrica (Dpsh);
	Sezione geo-litotecnica interpretativa (G.--G..)		Sondaggio (S).
			Opera in progetto.

Nell'area, la **F.ne dei Trubi (TR)**, è costituita da un'alternanza ritmica di calcari-marnosi di colore bianco-giallastro e marne-calcaree di colore grigio grigio-azzurro. Dal punto di vista mineralogico, i ritmi dei trubi sono il risultato di variazioni del rapporto fra componenti carbonatici intrabacinali (perlopiù coccoliti e foraminiferi) e componenti silicoclastici extrabacinali, quindi strati più ricchi o meno ricchi in carbonato di calcio. Questa formazione presenta una evoluzione da elementi pelitici ad elementi siltoso-sabbiosi. In definitiva da alternanze di calcari marnosi e marne calcaree alla base si passa verso l'alto ad alternanze di marne più o meno calcaree con sporadiche intercalazioni siltoso-sabbiose. Il loro spessore può superare i 100 metri anche se nel sottosuolo dell'area di studio è intorno ai 20-30 metri, presentano una scarsa resistenza all'erosione ed una permeabilità bassa. La formazione, in affioramento nelle aree a debole pendenza, presenta in superficie una coltre di alterazione dello spessore di qualche metro. Il grado di permeabilità è variabile da basso nei livelli argillo-marnosi a medio-basso nei livelli argillo-siltoso-sabbiosi.

Nella piana costiera emersa e sommersa, in discordanza su tale substrato, troviamo nella piana costiera emersa i **Depositi di spiaggia recenti sabbioso ghiaiosi (DSPsg)** mentre nella piana costiera sommersa i **Sedimenti marini sabbioso ghiaiosi (SMsg)** entrambi dell'olocene recente. I **Depositi di spiaggia recenti sabbioso ghiaiosi (DSPsg)** ed i **Sedimenti marini sabbioso ghiaiosi (SMsg)** sono costituiti essenzialmente da sabbie medio grossolane quarzoso felspatiche classate e ghiaie la cui litologia è variabile ma con prevalenza di clasti granitici sub sferici arrotondati e metamorfici scistosi arrotondati ed appiattiti. Anche se rara vi è la presenza di clasti carbonatici sub sferici ed arrotondati e clasti arenacei. Nella parte sommersa prevale nei sedimenti la componente sabbioso micro ghiaiosa.

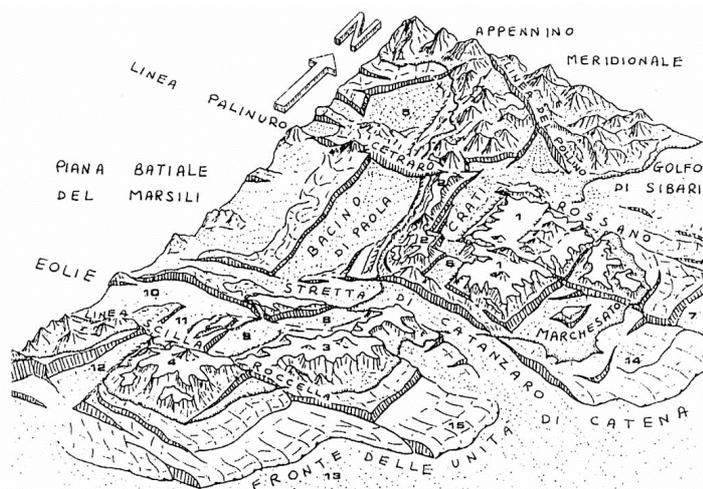
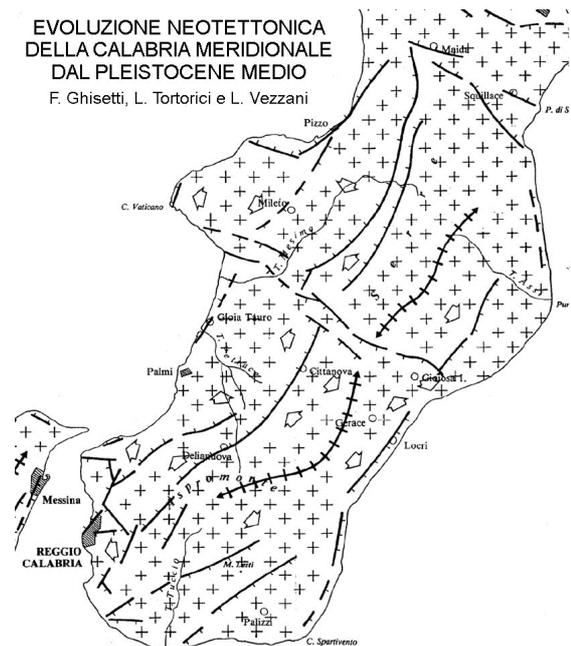
Dal punto di vista "*strutturale*" il settore è situato sul versante orientale del Massiccio delle Serre. Le caratteristiche geomorfologiche attuali del settore sono strettamente correlate a modificazioni a livello strutturale, rappresentate dall'evoluzione dell'arco calabro e dei bacini ad esso connessi, e da fenomeni regionali di sollevamento e di deformazione tettonica, registrati dai terrazzi marini quaternari e supportati dall'analisi delle successioni sedimentarie ivi presenti.

Il settore meridionale della Calabria, si differenzia dal settore settentrionale a partire dal Tortoniano superiore, con l'apertura del bacino tirrenico. In tale periodo l'Arco calabro, già completamente costituito nella sua struttura a falde, migra rapidamente verso l'area oceanica ionica che subduce sotto il margine esterno della catena (Finetti e Del Ben 1986, Patacca e Scandone 1989). I confini dell'Arco, inteso come elemento crostale neogenico cinematicamente indipendente, sono tradizionalmente

rispettivamente sinistro e destro, della linea del Pollino a NE e della linea di Taormina a SO. La dinamica superficiale mio-pliocenica, registrata negli ampi bacini sedimentari che occupano le depressioni tettoniche assiali e trasversali alla catena, rivela la prevalenza di deformazioni estensionali con direzione di trasporto tettonico verso SO. L'assenza di forti deformazioni compressive sul fronte esterno e la geometria molto inclinata del piano di Benioff delineato dalla sismicità sub-crostante (Guerra et alii 1991) indicano fenomeni di subduzione passiva della placca ionica cui si correlano movimenti di roll-back della catena calabro peloritana (Malinverno e Ryan 1986; Anderson e Jackson 1987). L'ultima fase di costruzione dell'Arco Calabro-Peloritano inizia verso la fine del Pleistocene inferiore in concomitanza con il verificarsi di un insieme di fenomeni geologici di interesse regionale.

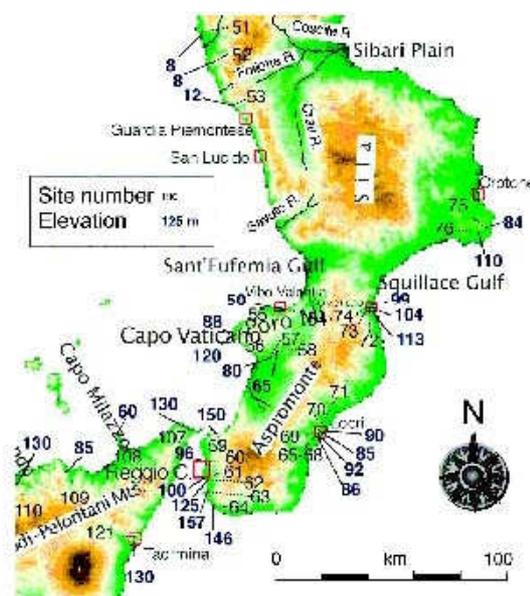
In questo periodo iniziano a formarsi gli edifici vulcanici attuali dell'Etna e delle isole Eolie, si attivano i vulcani sottomarini Palinuro e Marsili, il centro di espansione del Tirreno si sposta dall'area

EVOLUZIONE NEOTETTONICA DELLA CALABRIA MERIDIONALE DAL PLEISTOCENE MEDIO
F. Ghisetti, L. Tortorici e L. Vezzani



centrale (edifici del Magnaghi e del Vavilov) all'area sud-orientale (edificio del Marsili), come svincolo cinematico settentrionale della placca calabra la linea di Palinuro si sostituisce alla linea del Pollino mentre il trasporto tettonico passa dalla direzione NO-SE a O-E. In conseguenza di questi eventi l'Arco Calabro subisce una serie di fasi tettoniche distensive e trascorrenti che portano ad una sua segmentazione ad opera di importanti sistemi di faglie organizzate secondo sistemi longitudinali e trasversali rispetto alle direttrici strutturali della catena calabra. A seguito di tali deformazioni in Calabria e nei mari circostanti si chiudono buona parte dei bacini mio-pliocenici allungati in direzione SO-NE, e ad opera del nuovo schema strutturale si sviluppano nuovi bacini sedimentari continentali e marini, sia longitudinali (bacino del Crati, del Mesima, di Crotono-Capo Spartivento, di Paola-Gioia) sia trasversali (fossa del basso Crati-Sibari, fossa di Catanzaro, fossa di Siderno).

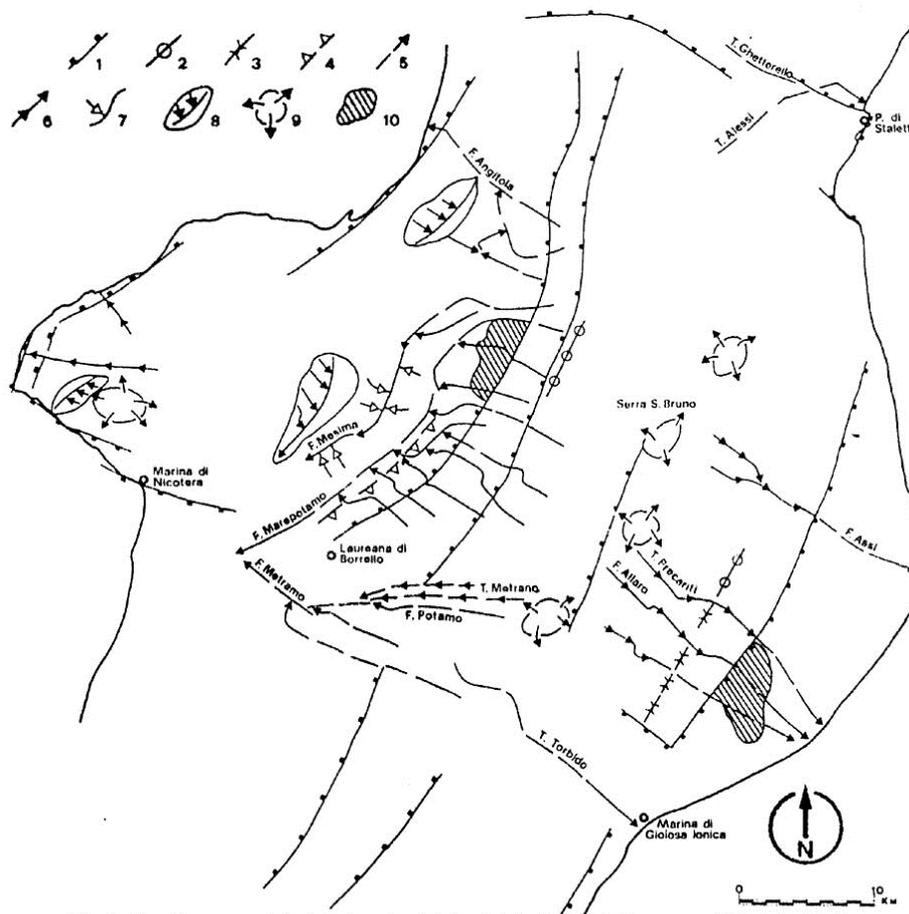
Il settore a partire dal Pleistocene medio-superiore ha assunto il carattere di area in sollevamento, con sviluppo di superfici continentali terrazzate. Come detto in tale ultimo periodo la quasi totalità della Calabria risulta emersa e tende al sollevamento generalizzato. Nei blocchi della catena già precedentemente sollevati si evidenziano numerosi indizi morfologici di una tendenza positiva, che persiste sino ad oggi e che è rappresentata da versanti ripidi tagliati nell'entroterra da faglie normali che corrono parallelamente alla costa, incisioni vallive



Quota attuale in metri (numeri in grassetto blu) della linea di riva del Tirreniano (125.000 anni) in Calabria (tratta da Bordoni e Valensise, 1998).

profonde, da reticolati idrografici a carattere centrifugo (Ghisetti, 1980, 1981) ed è interessato a mare da uno sviluppo contenuto della piattaforma, di dimensioni ristrette. I sistemi di faglie in direzione NE-SW e N-S che sino al Pleistocene inferiore controllavano la ripartizione tra aree del bacino e zone emerse, proseguono la loro attività con meccanismi normali, separando le aree in erosione da quelle in sedimentazione continentale. Esse assumono maggiore sviluppo nel margine ionico meridionale, che presentano rigetti di modesta entità, peraltro compatibili con una attivazione in tempi

recenti. Particolare attività assumono le faglie, a direzione NW-SE e compresa tra E-W e WNW-ESE, del bordo ionico, quelle che delimitano a nord la Fossa di Catanzaro e le faglie normali attive sul bordo nord-orientale delle Serre, che sembrano controllare il sollevamento differenziale del Blocco delle Serre nei confronti della Fossa di Catanzaro. I principali sistemi di faglie ritenuti attivi, che delimitano i blocchi maggiormente sollevati nei confronti di settori soggetti a prevalenti alluvionamento continentale, dislocano livelli continentali medio-suprapleistocenici ed esercitano un netto controllo morfologico. Sono in particolare da segnalare le scarpate rettilinee, alte fino a 200-300 metri, che si accompagnano ai sistemi Maida-Laureana di Borrello, Sinopoli-Cosoleto e Marina di Nicotera-Gioiosa Ionica, ed il controllo operato da questi sullo sviluppo del reticolo idrografico.



Principali evidenze morfologiche legate ai sistemi di faglia Maida-Laureana di Borrello, Maida-Punta di Staletti e Marina di Nicotera-Marina di Gioiosa Ionica. 1) scarpate rettilinee; 2) allineamenti di cime; 3) allineamenti di selle; 4) allineamenti di controtendenze sui versanti; 5) corsi d'acqua a sviluppo rettificato; 6) incisione vallive profonde; 7) confluenze controcorrente; 8) reticoli idrografici a sviluppo asimmetrico; 9) reticoli idrografici centrifughi; 10) aree ad erosione accelerata (da Ghisetti F., 1979, mod.).

Dalle Serre all'Aspromonte si individua un asse di sollevamento diretto da NE-SW a ENE-WSW. Nel tratto più meridionale esso viene a corrispondere con lo spartiacque attuale ed è inoltre messo in evidenza dai basculamenti dei terrazzi pleistocenici. Nelle Serre, invece, l'asse di massimo sollevamento è spostato verso est rispetto allo spartiacque attuale. L'analisi della geometria delle superfici basali dei terrazzi continentali pleistocenici ha permesso di indicare, nel complesso, la tendenza all'inarcamento dei blocchi più sollevati di Capo Vaticano, delle Serre e dell'Aspromonte nei confronti delle aree di alluvionamento attuale. Il sollevamento indicato dai basculamenti è globalmente divergente rispetto all'attuale linea di spartiacque, mentre un'area di sollevamento minimo si può localizzare anche nella porzione assiale della Fossa del Mesima. Come già accennato l'area si trova nella fascia pedemontana del versante orientale delle Serre, che è identificata da un sistema di faglie normali con direzione NE-SW, legate alla fase distensiva e di sollevamento generalizzato dell'intero Arco Calabro sviluppatosi dal Pliocene inferiore-medio. L'assetto strutturale dell'area, quindi, risente dell'influenza di tale struttura che si sviluppano principalmente a NW dell'area di studio ed è identificata come Sistema di Stilo-Bovalino.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA “*Database delle faglie capaci-sismogenetiche d'Italia*” (*Capacity seismic Italian fault database*) del Servizio Geologico d'Italia ISPRA. Esso comunque non rappresenta la totalità delle faglie capaci ma solo quelle presenti sul territorio nazionale di cui esiste uno studio e quindi un riferimento bibliografico. Inoltre il Catalogo ITHACA fornisce solo una prima indicazione sull'eventuale presenza di faglie attive e capaci in un determinato territorio, ma non



può essere utilizzato per la loro caratterizzazione di dettaglio. L'adeguata conoscenza della cronologia dell'attività delle faglie è cruciale nella definizione di schemi strutturali per

finalità sismotettoniche. Per le aree analizzate, l'intervallo cronologico scelto affinché si possa ritenere un elemento strutturale di sicuro interesse in ambito sismotettonico è il Pleistocene superiore-Olocene (a partire dall'ultimo massimo glaciale, ca. 18000-23000 anni BP). La scelta di questo intervallo cronologico "stretto" rende pressoché sicura la pertinenza dell'elemento strutturale rappresentato con il regime deformativo in atto. Inoltre essa è direttamente legata alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dei settori interessati dalle faglie rappresentate. La maggior parte di queste faglie, infatti, interessa versanti montuosi e spesso disloca depositi di versante. E' ormai ampiamente riconosciuto che la più cospicua produzione detritica recente nell'Italia peninsulare è da riferire a fasi deposizionali prossime all'ultimo massimo glaciale nel contesto di una dinamica periglaciale. Pertanto le successioni detritiche, talvolta assai spesse, riferibili al contesto cronologico citato costituiscono dei serbatoi di informazione sull'attività delle faglie negli ultimi millenni. In particolare, nei pressi dell'area di studio, il sistema sismogenetico considerato attivo è il *Sistema Stilo Bovalino* costituito da un sistema di faglie normali di direzione NE-SW, lungo circa 54 Km, con uno slip rate verticale minimo dell'ordine di 0,2 mm/a ed uno spessore dello strato sismogenetico di circa 5-15 Km. L'ultima attività nota del sistema risale al Quaternario.



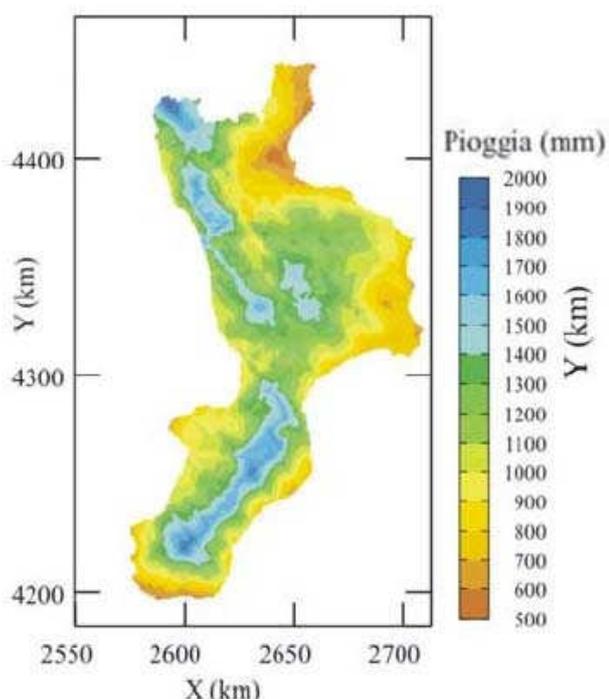
Nello specifico, il segmento di faglia più vicino è ubicato a circa 7.0 Km in direzione NW (Faglia Monte Coia). La **Faglia Monte Coia** (Sistema Stilo-Bovalino) individuata con il codice 38702, presenta una direzione circa NE-SW (N40), uno sviluppo di circa 2.59 Km, un cinematismo di tipo normale con debole immersione in direzione SE ed uno slip-rate non definito, mentre l'ultima attività nota risale, generalmente, al Quaternario.

Come già detto la zona del territorio di Roccella Jonica, neotettonicamente, rientra nell'influenza delle strutture tettoniche potenzialmente attive e capaci suddette. Comunque, dato che l'ultima attività nota di tali faglie risale generalmente al quaternario e non vi sono studi che evidenziano un'attività risalente negli ultimi 40.000 anni tali faglie verranno considerate potenzialmente attive e capaci. In ogni caso tale faglia è distante circa 7.0 Km dall'area di studio.

2.2. Caratteristiche meteo-climatiche

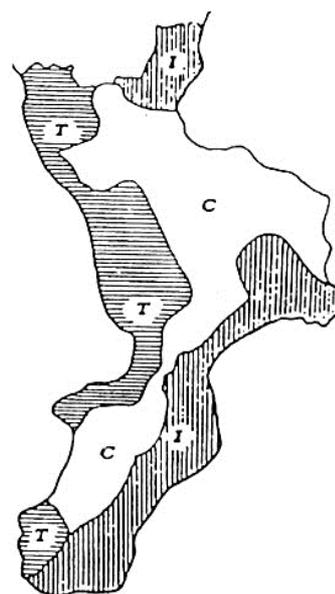
La Calabria ha, in generale, un clima temperato in cui le zone litoranee ed i versanti prospicienti il mare hanno un clima tipicamente mediterraneo (inverni miti ed estati calde e siccitose). Le zone interne, invece, sono caratterizzate da inverni più freddi e piovosi ed estati calde e siccitose. La Calabria, inoltre, è una delle regioni a maggior piovosità rispetto alla media nazionale (più di 1100 mm contro i 970 mm nazionali). I mesi più piovosi sono novembre, dicembre e gennaio, i meno piovosi luglio e agosto.

Le temperature più elevate si rilevano nella fascia ionica mentre sulla fascia tirrenica, a causa della maggiore influenza delle correnti provenienti dall'atlantico, si registrano



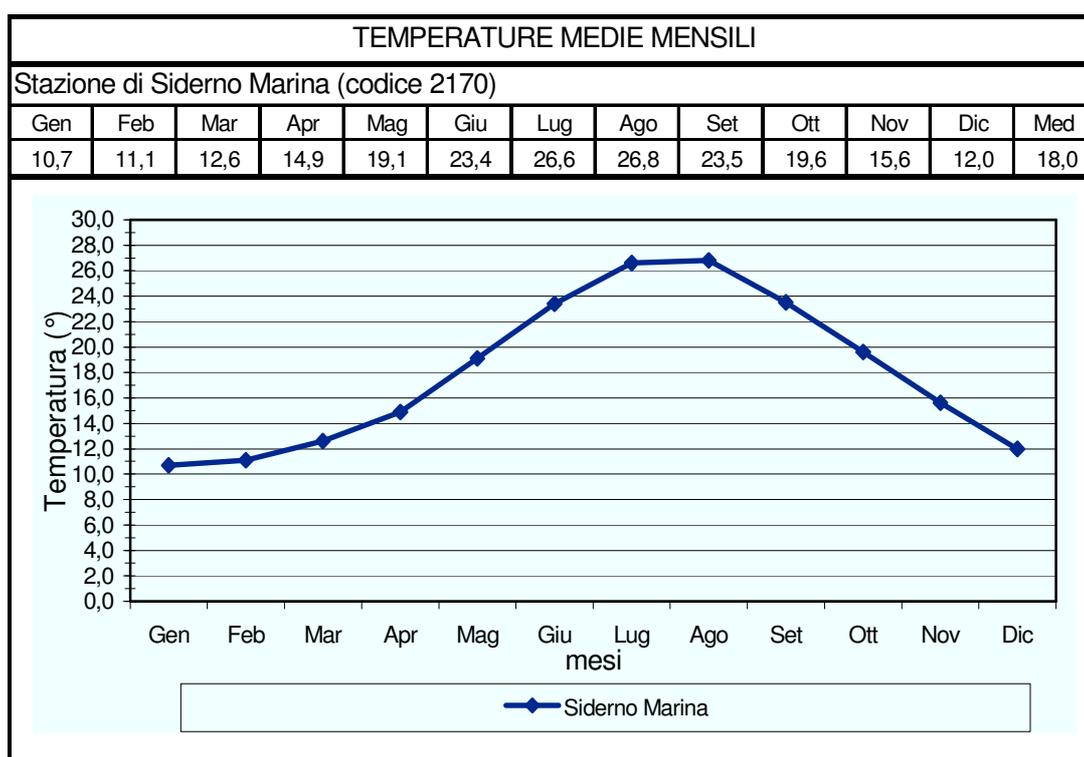
temperature più miti e precipitazioni più frequenti. I caratteri climatici della regione sono fortemente condizionati dall'orografia disposta in modo da produrre un effetto significativo sulle masse di aria umida provenienti da N-W o S-E. La presenza di catene montuose a sviluppo prevalentemente lineare che si innalzano rapidamente dal livello del mare fino alle quote medie di 1000-1500 m, provoca la rapida ascensione dell'aria umida con precipitazioni rilevanti sul lato esposto. Le precipitazioni medie annue oscillano tra gli oltre 2000 mm di pioggia per le stazioni nella parte alta del versante occidentale della catena costiera ed i circa 600 mm per le stazioni sulla costa ionica. In Sila si hanno precipitazioni medie annue intorno ai 1600 mm. Le perturbazioni provenienti da SE che colpiscono la zona ionica sono in genere legate a fenomeni meteorologici più complessi e producono nubifragi con maggiore intensità. Il versante ionico risulta, comunque, sensibilmente meno piovoso di quello tirrenico.

In particolare in base ai caratteri fisici e climatici e da una analisi statistica delle precipitazioni (Versace et alii 1989), in Calabria sono state distinte tre principali zone climatiche caratterizzate da aree pluviometriche omogenee ed in cui la dinamica morfologica agisce con modalità ed intensità diverse tra loro. La *fascia ionica (I)* è caratterizzata da un regime pluviometrico di tipo impulsivo, con precipitazioni brevi ed intense alternate a lunghi periodi siccitosi. I violenti nubifragi sono causa innescante di intensi fenomeni di instabilità superficiale, e provocano impetuose piene negli alvei delle fiumare. La *fascia tirrenica (T)*, invece, presenta un clima umido, con numero di giorni piovosi quasi doppio rispetto a quello della fascia ionica, ma con intensità di pioggia sensibilmente minore e che raramente assume carattere alluvionale. Questi fattori climatici insieme alle caratteristiche litologiche e morfologiche rendono meno grave il dissesto che tuttavia è drammaticamente presente con frane e inondazioni. La *fascia centrale (C)*, infine ha caratteri climatici intermedi tra i due e presenta anch'essa rilevanti problemi di dissesto.

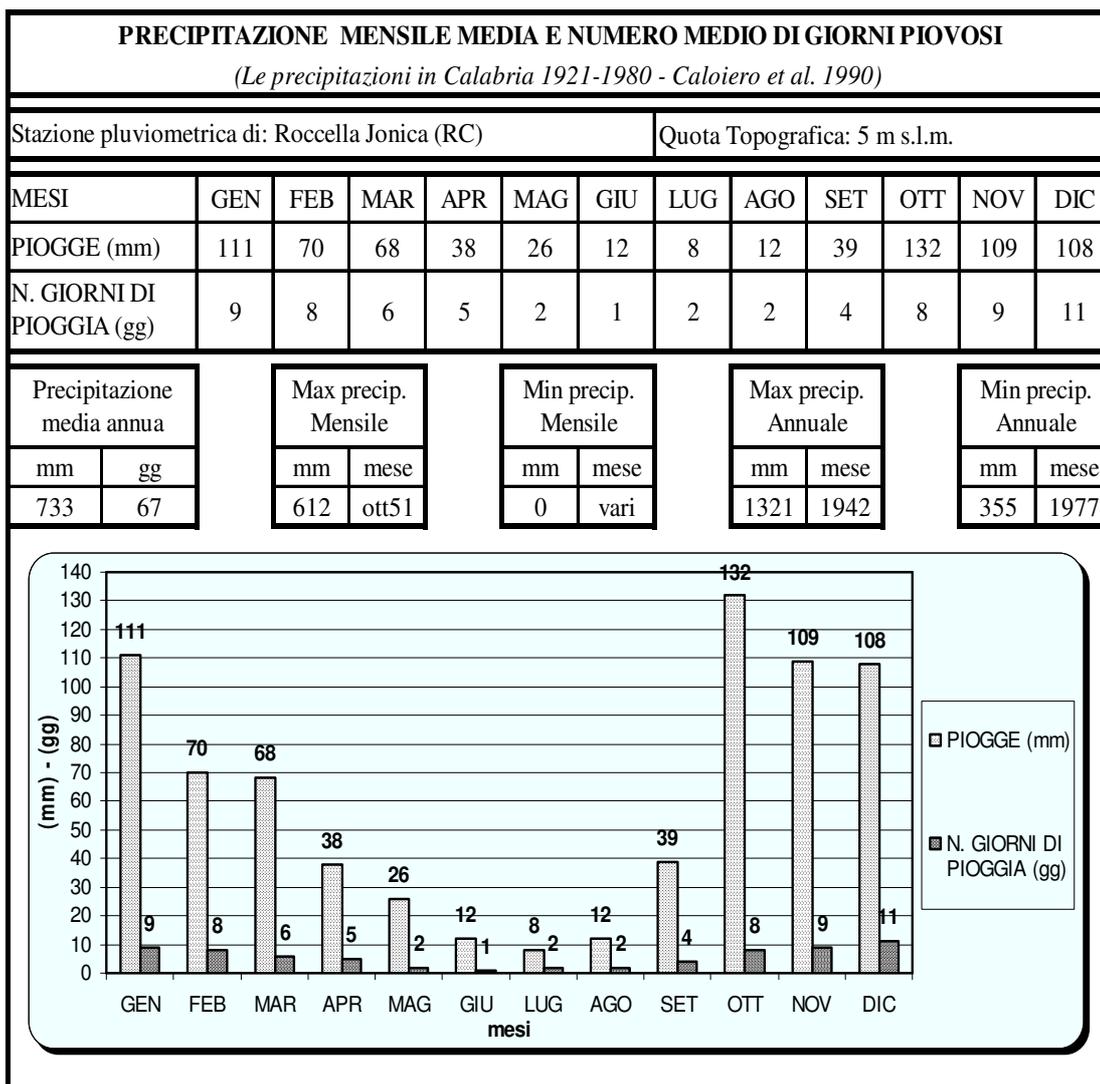


Per quanto riguarda gli elementi climatici del Comune di Roccella Jonica, lo studio termo-pluviometrico è stato condotto consultando la Banca dati del *Centro Funzionale Multirischi della Calabria* raffrontata con le carte di sintesi delle *Distribuzione delle*

temperature medie annue in Calabria e della Distribuzione della precipitazione media annua in Calabria tratte da: “Le precipitazioni in Calabria (1921-1980)”, D. Caloiere et al. 1990 CNR-IRPI Cosenza. Per l’area in esame sono stati adottati i dati termometrici della stazione di Siderno Marina mentre per i dati pluviometrici quelli della stazione di Roccella Jonica. Mediamente la temperatura per il periodo analizzato varia tra i 10°- 11° del periodo invernale ed i 26°-27° del periodo estivo, con una media annuale di circa 18°.



Per l’area di studio si registrano valori di precipitazione media annua di 733 millimetri di pioggia con 67 giorni piovosi. In particolare per tale periodo di osservazione il mese e l’anno più piovosi risultano rispettivamente il ottobre del 1951 (612 mm) e il 1942 (1321 mm); l’anno con minore precipitazione è il 1977 (355 mm), mentre sono stati vari i mesi a precipitazione nulla. Dall’analisi delle piogge intense si evince che il Comune di Roccella Jonica è soggetto quasi periodicamente nei mesi tra ottobre e febbraio-marzo ad eventi pluviometrici d’elevata intensità ed elevati valori di millimetri di pioggia rilasciati che in zone a bassa regimentazione delle acque conducono all’instaurarsi di fenomeni di dissesto.



2.3. Caratteri morfologici, morfodinamici, idrologici ed idrogeologici.

Il litorale calabrese si estende per circa 736 km Si tratta di un territorio estremamente complesso dal punto di vista orografico, con alternanza di spiagge e coste alte (concentrate prevalentemente nei promontori di Capo Vaticano, Monte Sant’Elia e Capo Rizzuto), e fortemente antropizzato (in particolare nei capoluoghi di provincia di Crotona, Reggio Calabria e Vibo Valentia e nella fascia tirrenica della provincia di Cosenza). Sono presenti 5 golfi (Corigliano, interno al Golfo di Taranto, Squillace, Gioia Tauro, Sant’Eufemia,

Policastro, comprendente anche litorali di Basilicata e Campania) e 2 isole (Dino, adiacente al litorale di Praia a Mare, e Cirella, adiacente alla frazione Cirella del comune di Diamante). All'interno dell'esteso litorale calabrese è possibile individuare tre macro-aree: tirrenica (da Tortora a Scilla), ionica (da Rocca Imperiale a Motta San Giovanni) e dello Stretto di Messina (comprendente Reggio di Calabria e Villa San Giovanni). L'area ionica si estende per oltre 400 km, quella tirrenica per oltre 250 km e l'area dello Stretto di Messina per oltre 40 km. Il settore ionico, in cui s'inserisce l'area di studio, è caratterizzato da una bassa percentuale di costa alta (circa il 10%, la maggior parte in provincia di Crotona), e da pianure alluvionali che hanno permesso la realizzazione di centri abitati a tergo della spiaggia per cui appena il 30% delle coste basse risulta antropizzato. Anche una percentuale rilevante di litorali del settore ionico risulta esposta a moto ondoso agente su fetch di notevole estensione, superiore a 500 km con valori massimi di oltre 1000 km lungo le direzioni meridionali che raggiungono le coste nord africane. Per valutare il clima ondoso, il litorale calabrese è stato suddiviso in ventiquattro aree (AS1....AS24), delimitate da significative variazioni della morfologia costiera (presenza di promontori, foci di corsi d'acqua, opere portuali) e numerate procedendo in senso orario a partire dal confine con la Basilicata sul litorale ionico. *Nel Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria*, per la progettazione di interventi omogenei, sono state raggruppate in 21 Aree omogenee d'intervento (Area1...Area21). L'area di studio, nel Master Plan, ricade all'interno dell'area 9. Il litorale dell'AREA 9 ricade nella Provincia di Reggio Calabria, si affaccia sul mare Jonio ed ha una lunghezza complessiva di 32,1 km con sviluppo da Monasterace a Marina di Gioiosa Ionica. In particolare è delimitato a Sud dalla foce del Torbido ed a Nord dal promontorio di Punta Stilo. Il litorale, dell'Area 9 è compreso nei seguenti tratti omogenei definiti dallo studio *"Indagine conoscitiva 2003"* e visibili nella tabella seguente

AREA 9			
Tratto costiero	da	a	Comuni
24	Punta Stilo	Fiumara Amusa	Monasterace – Stilo – Camini – Riace – Stignano – Caulonia
25	Fiumara Amusa	Fiumara Torbido	Roccella Ionica – Marina di Gioiosa Ionica

INDAGINE CONOSCITIVA 2003



Il settore costiero è caratterizzato dal Sistema delle Dorsali delle Serre, gruppo montuoso caratterizzato da due lunghe ed opposte catene montuose che corrono quasi parallelamente in senso longitudinale. Sul versante ionico, dalla catena principale, si staccano una serie di brevi dorsali che scendono ripide e perpendicolari alla linea di costa, lungo le quali si formano delle spiagge piuttosto estese, costituite per lo più da sabbia, a granulometria media o anche grossa. Nello specifico la spiaggia sommersa dell'Area 9, generalmente è caratterizzata da sabbie medie moderatamente classate (sino alla batimetrica -5 m) e da sabbie fini moderatamente classate (tra la batimetrica -5 m. e la batimetrica -10 m.) (Progetto CONISMA-NAUTILUS 1999). Fanno eccezione le aree di foce delle grosse Fiumare dove la granulometria è più grossolana.

INDAGINE CONOSCIIVA 2003



FONTE PROGETTO
 CONISMA-NAUTILUS 1999
 fino alla -5
 sabbie medie mod. classate
 tra la -5 e la -10
 sabbie fini mod. classate

NOTA: LE INFORMAZIONI RIPORTATE IN
 PLANIMETRIA SONO STATE DESUNTE DALL'
 ATLANTE DELLE SPIAGGE ITALIANE IN
 SCALA 1:100000 REDATTE DAL CNR

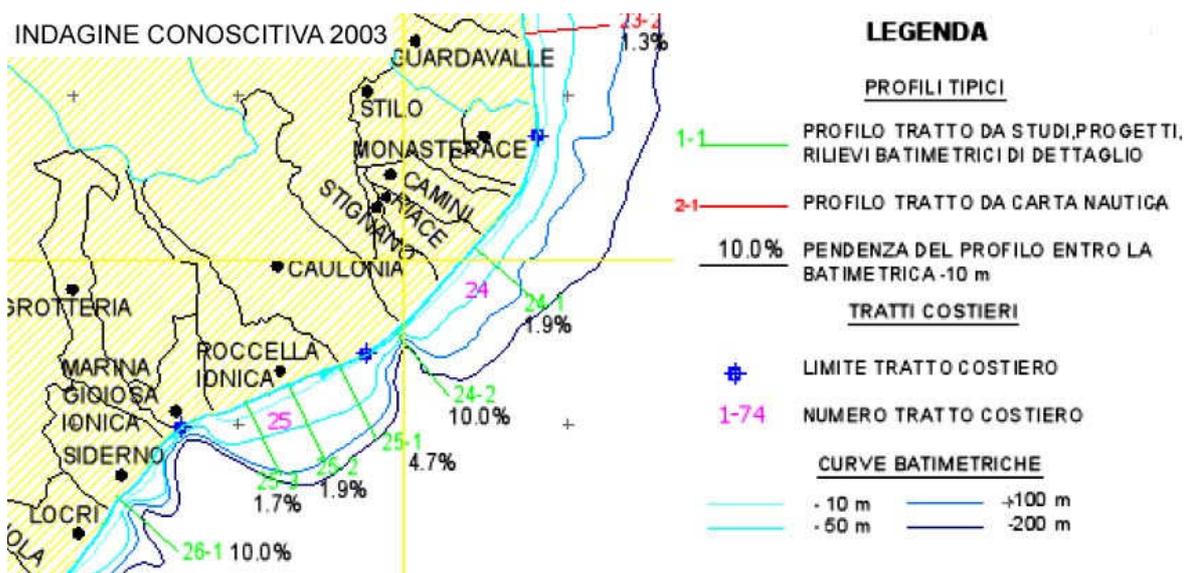
SCALA GRANULOMETRICA DI UDDEN - WENTWORTH	
DIMENSIONE	NOMENCLATURA ITALIANA
>256 mm	masso
256÷128 mm	ciottolo molto grossolano
128÷64 mm	ciottolo grossolano
64÷32 mm	ciottolo medio grossolano
32÷16 mm	ciottolo medio
16÷8 mm	ciottolo medio fine
8÷4 mm	ciottolo fine
4÷2 mm	granulo
2÷1 mm	sabbia molto grossolana
1÷0,5 mm	sabbia grossolana
0,5÷0,25 mm	sabbia media
0,25÷0,125 mm	sabbia fine
0,125÷0,062 mm	sabbia finissima
0,062÷0,031 mm	limo grossolano
0,031÷0,016 mm	limo medio
0,016÷0,008 mm	limo fine
0,008÷0,004 mm	limo finissimo
<0,004 mm	argilla

LEGENDA	
SEDIMENTOLOGIA	
	SABBIA
	SABBIA + CIOTTOLI
	CIOTTOLI
TIPOLOGIA DELLA COSTA	
	COSTA ALTA
	COSTA CON CORDONI DUNALI
APPORTI SOLIDI DAI CORSI D'ACQUA	
FOCI PRINCIPALI	
	APPORTO SOLIDO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE GROSSOLANO
	APPORTO SOLIDO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE FINE
ALTRE FOCI	
	APPORTO SOLIDO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE GROSSOLANO
	APPORTO SOLIDO DI MATERIALE PREVALENTEMENTE FINE

L'area di studio del territorio comunale di Roccella Jonica (RC), è ubicata nella fascia costiera ionica del settore meridionale della Calabria, alla base del versante est del Massiccio delle Serre ed è caratterizzata dalla presenza di una costa bassa, che presenta uno sviluppo trasversale variabile tra i 100-200 metri. La differenza di quota tra la linea di

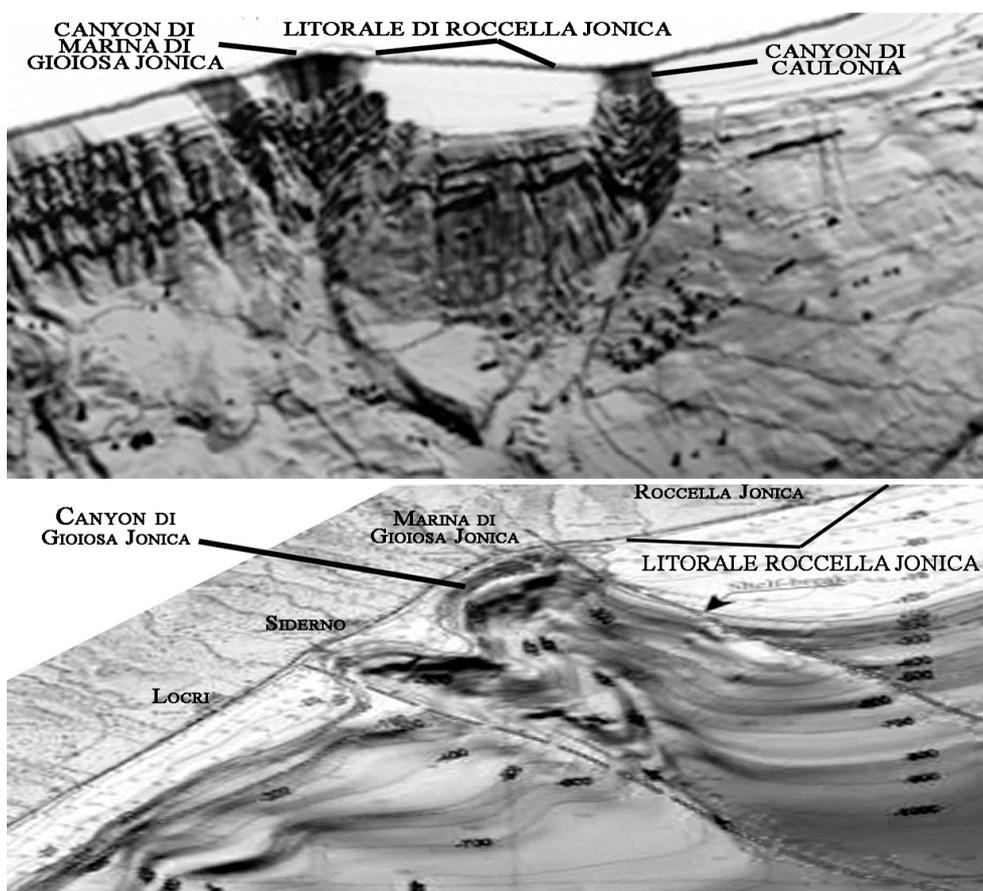
riva e il punto più distante della piana costiera è di circa 8.0 metri, la pendenze mediamente è di circa 0-2°, con aumento nella zona di raccordo con i versanti collinari. Il tratto di costa antistante l'area d'intervento è caratterizzato dalla presenza del Porto e di opere di difesa costiera antiersiva (Pennelli e barriere soffolte).

Le caratteristiche generali della spiaggia sommersa sono state esaminate in termini di fondali esistenti lungo la costa. Nello studio "Indagine conoscitiva 2003" sono presenti le curve batimetriche desunte dalle carte nautiche 1:100.000 dell'Istituto Idrografico della Marina Militare. Dallo studio delle batimetriche si evidenzia che il versante ionico è caratterizzato da pendenze generalmente minori, talora anche molto basse, dell'ordine mediamente di 1%, con eccezione in prossimità dei promontori o dei capi (con pendenze fino al 50%). Limitatamente all'Area 9, i tratti di costa sono numerati da 23 a 25 e sono graficamente indicati nella figura sottostante, dove, in modo schematico, sono ubicati anche i profili tipici della spiaggia sommersa e le relative pendenze dalla battigia fino al fondale di -10 m e di -20 m.



Morfologicamente il fondale, nell'area antistante il litorale di Roccella Jonica è caratterizzato da una ristretta piattaforma continentale, dalla larghezza media di 4 km, con pendenze dell'ordine di 1-2° il cui margine con la scarpata è posto a una profondità media di 120 m. Essa è delimitata sia a nord che a sud da profondi canyons attivi che incidono sia la piattaforma che la scarpata. Questi sono localizzati in prossimità delle fiumare Torbido (Siderno-Gioiosa Marina) e Amusa-Allaro-Preariti (Caulonia) e si connettono ai corsi d'acqua, essendo impostati lungo le stesse direttrici tettoniche che in superficie hanno

rettificato il corso delle fiumare. Il Canyon di Gioiosa Marina si presenta come un'ampia e profonda incisione, estesa parallelamente alla linea di costa per circa 10 km, e con un dislivello di circa 400 m. Il canyon di Caulonia si presenta invece più stretto, largo circa 3,5 km alla testata e profondo meno di 100m, con un dislivello di circa 50 m. L'ampiezza del canyon di Gioiosa è legata alla presenza di un reticolo di canali che dalla testata si immettono nel canale principale attorno alla batimetria dei 900m lungo l'argine sinistro, e a circa 1000m sull'argine destro. Il canyon di Caulonia si sviluppa invece lungo un'asse singolo, anche se in prossimità della testata è possibile osservare una biforcazione del canale principale (Tessarolo, 2006).

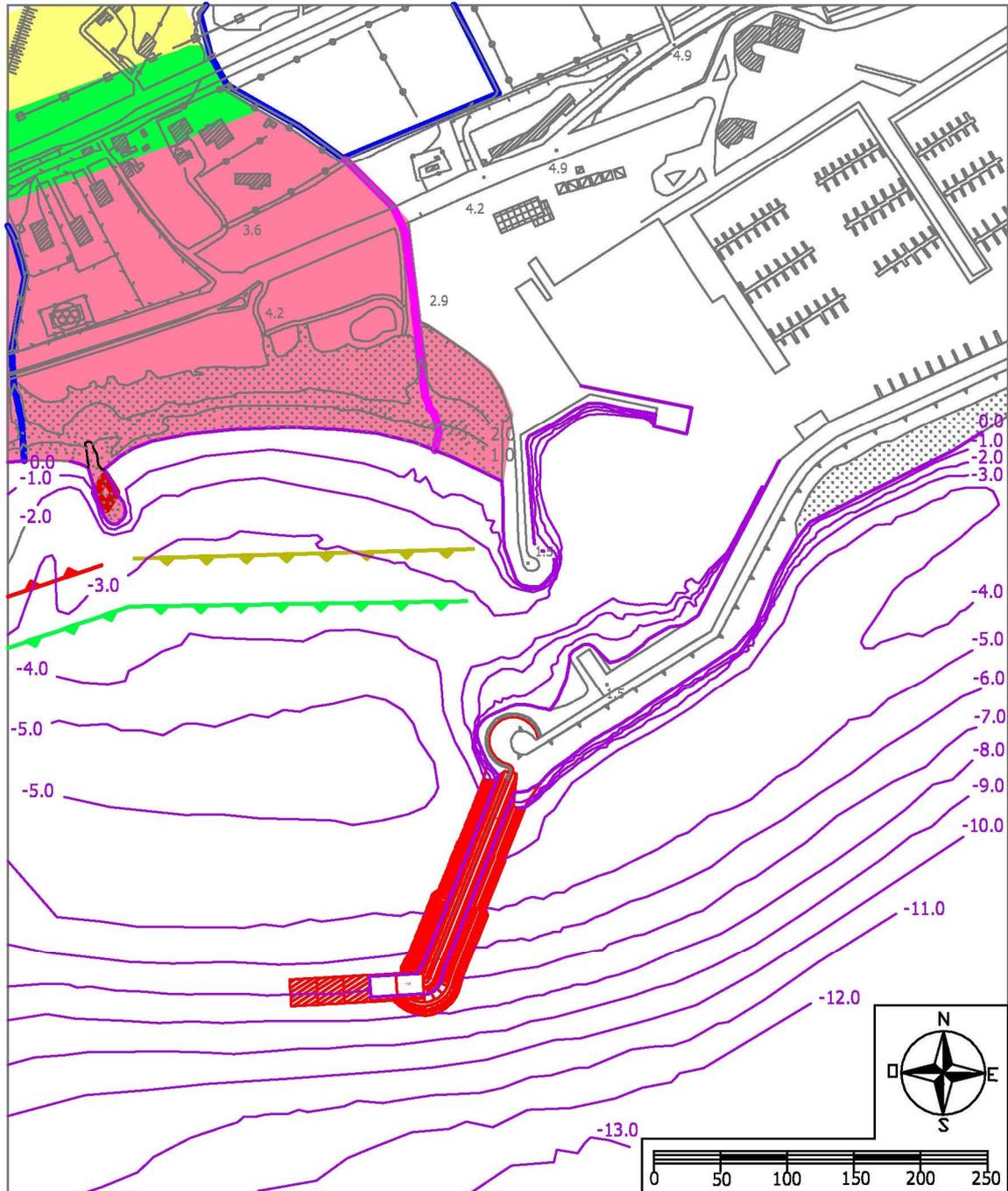


Morfobatimetria del margine ionico tra Locri e Roccella Jonica (modificato da Colizza et al. 2003)

In particolare, il rilievo batimetrico di dettaglio eseguito nella zona intorno al Porto le Grazie, ha evidenziato che il sito d'intervento morfologicamente risente dell'interferenza del porto sulla dinamica dei sedimenti costieri. Infatti la presenza del braccio foraneo a mare del porto ha determinato la formazione di un cordone sabbioso, allungato in direzione

circa E-W, largo circa 100 metri, che determina la risalita del fondale sino alla batimetrica -5.00. La sua lunghezza non è inferiore ai 350-400 metri.

Carta Geomorfologica scala 1:5.000



In tale contesto l'intervento parte dalla punta del braccio foraneo del porto, sulla sommità del cordone sabbioso e prosegue, in direzione SSW, per circa 180 metri lungo il

versante sud (mare aperto) sino alla batimetrica -10.0 dove vengono posti in opera i cassoni REWEC. La pendenza di tale versante è di circa 4.0-5.0% (2.0-2.5°).

Dal punto di vista sedimentologico, come detto, la spiaggia sommersa è caratterizzata da una prevalenza dei litotipi sabbiosi fino alla profondità di circa 25 m con una prevalenza delle sabbie da medie a fini, formanti delle barre sabbiose e indicative di un ambiente deposizionale caratterizzato da correnti costiere costanti e da una buona distribuzione dell'energia lungo la costa. A partire dall'entrata del Porto e proseguendo in direzione sud parallelamente alla costa, è presente, come detto, una barra sabbiosa ampia circa 100 m, e localizzata ad una distanza dalla riva di circa 250-300 m, La parte sommitale raggiunge l'isobata dei -5,0 m. La pendenza del fianco interno è maggiore di quello esterno e variabile in relazione alla granulometria (sabbie da medie a fini), all'andamento delle correnti costiere ed al moto ondoso. A profondità superiori fino a circa 50-60 m, si riscontra un sedimento sabbioso-siltoso-argilloso poco selezionato. Questo tipo di sedimenti è legato essenzialmente all'apporto di materiale prevalentemente fine da parte dei corsi d'acqua. La composizione delle sabbie marine tra la -10m e la -50m è quarzoso-feldspatica (Summaria, 2002-03), ed ha strette analogie con le sabbie fluvio-costiere. Sedimenti più fini di tipo argilloso si riscontrano solo al limite tra la piattaforma e la scarpata. Dalle analisi granulometriche eseguite sui campioni prelevati, lungo sei transetti dalla quota +1.00 metri alla batimetrica -7.00 metri è emerso quanto segue:

- La spiaggia emersa è costituita prevalentemente da sedimenti sabbiosi medio grossolani, mentre la linea di battigia da sedimenti prevalentemente ghiaiosi;
- La spiaggia sommersa (sotto la batimetrica -2.00 inizia ad essere costituita da sedimenti sabbioso medio grossolani con frazione ghiaiosa che diminuisce con l'aumentare della profondità.
- Dalla batimetrica -5.00 i sedimenti iniziano a diventare delle sabbie medie ben classate e si riscontrano come tali sino alle massime profondità di prelievo raggiunte.
- Il cordone sabbioso è costituito prevalentemente da da sedimenti variabili dalle sabbie medio grossolane alle sabbie medie.
- La frazione fine è sempre inferiore al 4.0-5.0%.

- La piccola spiaggia formatasi a ridosso del lato mare del braccio foraneo del porto e la parte sommersa sino alla batimetrica -5.00 e costituita da sedimenti prettamente ghiaiosi. Ciò dimostra che si tratta di un ambiente soggetto ad alta energia.

In conclusione possiamo dire che l'area è caratterizzata prevalentemente da sabbie da medie a medio grossolane. Anche i sedimenti profondi sino a circa 35.0 di profondità sono caratterizzati da tali granulometrie a cui si intervallano lenti sabbioso ghiaiose.

2.4. Clima Ondoso del litorale di Roccella Jonica

Una determinazione accurata del clima ondoso è fondamentale per una gestione efficace del territorio e per la difesa dei litorali e per la progettazione di opere a mare. Comprendere le condizioni dell'onda sotto costa, dove risiedono la maggior parte delle strutture marittime e di difesa costiera, e quindi un obiettivo a medio/lungo termine per gli ingegneri costieri e per i ricercatori in genere. Questo anche per poter progettare correttamente interventi di mitigazione del rischio e di protezione dei litorali e/o infrastrutture marittime con lo scopo, in futuro, di poter anche prevedere la vita di un'opera sollecitata dalle condizioni di moto ondoso che si sono verificate in quel paraggio. Infatti, serie temporali delle condizioni di moto ondoso forniscono la base per le analisi statistiche dei parametri e consentono di calcolare con grande accuratezza le condizioni estreme (di progetto) del moto ondoso. In maniera similare, il trasporto a lungo termine dei sedimenti dipende dalla distribuzione dell'altezza delle onde frangenti, dal periodo delle onde e dalla loro direzione; questo fenomeno di trasporto dei sedimenti è importante possa basarsi su serie dati di moto ondoso il più lunghe possibili. Al contempo le descrizioni teoriche dei processi che intercorrono nella generazione dell'onda e nella sua propagazione sono arrivati ad uno stadio di comprensione molto avanzato. I progressi tecnologici nei metodi utilizzati per la misura delle onde hanno permesso, in tempi relativamente recenti, di raggiungere buoni risultati scientifici, rendendo possibile l'ottenimento di serie di dati a lungo termine per i parametri misurati delle caratteristiche che definiscono il moto ondoso.

L'Istituto Idrografico Italiano prima, ed ora il Ministero per l'Ambiente, hanno progettato ed installato la Rete Ondametrica Nazionale (RON), che gestiscono ormai da molti anni. Tale rete di monitoraggio ha portato a raccogliere numerose serie di dati sul moto ondoso a lungo termine, disponibili gratuitamente e senza alcun limite di licenza. Dal 2003 è divenuta operativa anche la Rete regionale della Regione Calabria, costituita da 4 boe ondametriche (Tropea, Capo Spartivento, Roccella Jonica, Corigliano Calabro). Queste serie di dati, misurati in campo, e integrata dalla consolidata tecnologia di generazione del moto ondoso al largo che utilizza i dati di vento dell'Ufficio Meteorologico del Regno Unito (Met Office). Esistono ormai 30 anni di dati per tutto il bacino del mediterraneo che permettono di stimare, i parametri del moto ondoso, con indubbi vantaggi per la gestione costiera, ma esistono anche delle questioni pratiche che restringono il campo di applicazione. Infatti, l'ubicazione discreta dei punti boe, a causa del costo proibitivo e dell'impraticabilità della copertura, e scientificamente accettabile in acque profonde, perché le condizioni dell'onda tendono a mantenersi relativamente costanti per aree di mare vaste; invece, misure a lungo termine del moto ondoso in acque costiere poco profonde, dove la batimetria cambia molto rapidamente e dove prevalgono zone con frangimento delle onde, risulta non praticabile per la natura del fenomeno da monitorare, specialmente durante le mareggiate estreme - eventi di particolare interesse per i professionisti costieri - che inibisce l'utilizzo di strumenti oceanografici. Nella pratica vengono quindi utilizzate boe ondametriche in acque profonde e, mediante algoritmi matematici, viene eseguita la trasformazione dei fenomeni dal largo a costa. A tal proposito nell'ambito della misura 1.4 c "Azioni di studio, programmazione, sperimentazione, monitoraggio, valutazione e informazione finalizzati alla predisposizione e gestione di politiche integrate di intervento di difesa del suolo" Lotto n. 12 "Mappatura del Regime Ondoso" è stato predisposto un modello numerico in ambiente GIS denominato ABRC-MaCRO dalla società HR Wallingford Ltd. Con tale software l'ABR Calabria è in grado di: Fornire una banca dati relativa al moto ondoso e al regime dei venti implementata con i dati ad oggi gratuitamente disponibili (dati RON e dati della Rete Ondametrica della Regione Calabria, dati dell'Ufficio Meteorologico Europeo ed eventuali altri dati disponibili per l'area costiera della Calabria; Fornire un modulo che consente la possibilità, da parte dell'utente finale, di aggiornare automaticamente la batimetria, qualora siano disponibili nuovi rilievi batimetrici; Fornire idonei modelli di frangimento e

rifrazione (che tengono conto dei parametri principali quali ad esempio pendenza dei fondali, altezza e periodo dell'onda, etc.) utili per la valutazione delle caratteristiche dell'onda in prossimità della battigia. (Tale implementazione del software fornisce, all'utente finale, un valido strumento per la redazione degli studi meteomarini propedeutici ad una corretta progettazione preliminare di possibili interventi di protezione costiera nelle aree critiche individuate).

I risultati per l'area in esame, che verranno di seguito descritti, sono stati realizzati con tale software dall'ABR Calabria per l'intera costa della Regione Calabria (Master Plan degli Interventi di Mitigazione del Rischio di Erosione Costiera in Calabria). Nello specifico saranno riportati solo i dati ed i risultati inerenti il settore in cui rientra l'area di studio. La caratterizzazione del clima ondoso lungo la costa è articolata secondo le seguenti fasi:

- Caratterizzazione del clima ondoso di largo valutando:
 - le frequenze di apparizione $f_{\Delta\theta}$ (%), cioè per ogni classe di direzione del moto ondoso, le registrazioni sono state ripartite in gruppi d'altezza d'onda per ciascuna delle quali è stata definita la frequenza percentuale d'apparizione. I livelli d'altezza significativa sono raggruppati per classi di 0.5 m, l'ampiezza dei settori direzionali è stata fissata pari a $\Delta\theta = 10^\circ$;
 - le altezze significative medie al largo $H_{s0,\Delta\alpha}$ di un fissato settore di provenienza, cioè calcolato una volta note la frequenza $f_{\Delta\theta}$ [%];
 - i periodi di picco $T_{p,\Delta\theta}$ di un fissato settore di provenienza, cioè calcolato una volta note la frequenza $f_{\Delta\theta}$ [%];
 - il flusso di energia del moto ondoso al largo Φ ;
 - il settore di traversia principale, cioè la direzione da cui si ha il massimo del flusso di energia;
- Analisi statistico-deterministica valutando:
 - la probabilità di superamento omnidirezionale $P(H_s > h)$ che rappresenta la probabilità che l'altezza significativa, nella località in esame, si mantenga al di sopra di una fissata soglia h . e può essere calcolata come rapporto tra

il tempo in cui l'altezza significativa H_s supera la fissata soglia h , nella localita in esame, e la durata complessiva T della mareggiata;

- il periodo di ritorno omnidirezionale $R(H_s > h)$ di una mareggiata in cui l'altezza significativa supera una soglia assegnata h e rappresenta l'intervallo di tempo medio che intercorre tra due consecutive realizzazioni di uno stesso evento in esame, in questo caso "mareggiata con $H_s > h$ ";
 - la persistenza media $D(h)$ che rappresenta la durata di tempo media in cui l'altezza significativa H_s si mantiene al disopra della soglia h , nelle mareggiate dove tale soglia viene superata;
 - la probabilita di superamento direzionale $P(H_s > h; \theta_1 < \theta < \theta_2)$ che rappresenta la probabilita che l'altezza significativa, nella localita in esame, superi la fissata soglia h ed insieme la direzione dominante di propagazione ondosa risulti compresa entro un assegnato settore (θ_1, θ_2) ;
 - il periodo di ritorno direzionale $R(H_s > h; \theta_1 < \theta < \theta_2)$ che rappresenta il periodo di ritorno di una mareggiata in cui l'altezza significativa si mantiene al di sopra di un'assegnata soglia h con direzione di propagazione del moto ondoso θ compresa tra θ_1 e θ_2 : si tratta quindi dell'intervallo di tempo medio tra due consecutive mareggiate triangolari equivalenti (Boccotti 1997) con altezza maggiore della soglia h e direzione di propagazione $\Delta\theta$; tale periodo di ritorno si basa sull'assunto che la direzione dominante delle onde sia costante per ogni mareggiata e che la regressione basi – altezze prescindia dalla direzione di propagazione
- Classificazione del moto ondoso attraverso l'indice caratteristico del moto ondoso I che ha la seguente espressione: $I = I_\phi I_\alpha I_\lambda I_h (R)$ dove: I_ϕ è l'indicatore del flusso; I_α è l'indicatore dell'inclinazione del settore di traversia principale; I_λ è l'indicatore della pendenza della spiaggia sommersa nel transetto considerato; $I_h (R)$ è l'indicatore della variazione di altezza significativa al variare del periodo di ritorno.

Il litorale calabrese si estende per circa 736 km Si tratta di un territorio estremamente complesso dal punto di vista orografico, con alternanza di spiagge e coste alte (concentrate prevalentemente nei promontori di Capo Vaticano, Monte Sant’Elia e Capo Rizzuto), e fortemente antropizzato (in particolare nei capoluoghi di provincia di Crotona, Reggio Calabria e Vibo Valentia e nella fascia tirrenica della provincia di Cosenza). Sono presenti 5 golfi (Corigliano, interno al Golfo di Taranto, Squillace, Gioia Tauro, Sant’Eufemia, Policastro, comprendente anche litorali di Basilicata e Campania) e 2 isole (Dino, adiacente al litorale di Praia a Mare, e Cirella, adiacente alla frazione Cirella del comune di Diamante). All’interno dell’esteso litorale calabrese è possibile individuare tre macro-aree: tirrenica (da Tortora a Scilla), ionica (da Rocca Imperiale a Motta San Giovanni) e dello Stretto di Messina (comprendente Reggio di Calabria e Villa San Giovanni). L’area ionica si estende per oltre 400 km, quella tirrenica per oltre 250 km e l’area dello Stretto di Messina per oltre 40 km. Il settore ionico, in cui s’inserisce l’area di studio, è caratterizzato da una bassa percentuale di costa alta (circa il 10%, la maggior parte in provincia di Crotona), e da pianure alluvionali che hanno permesso la realizzazione di centri abitati a tergo della spiaggia per cui appena il 30% delle coste basse risulta antropizzato. Anche una percentuale rilevante di litorali del settore ionico risulta esposta a moto ondoso agente su fetch di notevole estensione, superiore a 500 km con valori massimi di oltre 1000 km lungo le direzioni meridionali che raggiungono le coste nord africane.

Per valutare il clima ondoso, il litorale calabrese è stato suddiviso in ventiquattro aree, delimitate da significative variazioni della morfologia costiera (presenza di promontori, foci di corsi d’acqua, opere portuali) e numerate procedendo in senso orario a partire dal confine con la Basilicata sul litorale ionico. Per l’area 9 del Master Plan, in cui ricade l’area d’interesse sono state individuate due Zone (AS12 e AS13).

Zona d’interesse delle Aree di studio in cui è stato suddiviso il litorale calabrese)			
Area di studio	Confini territoriali	Comuni	Tratti Okeanos
AS12	Foce Fiumara Assi – Foce Fiumara Amusa	Monasterace (RC) – Stilo (RC) – Camini (RC) – Riace (RC) – Stignano (RC) – Caulonia (RC)	24
AS13	Foce Fiumara Amusa – Foce Fiumara Torbido	Caulonia (RC) – Roccella Ionica (RC) – Marina di Gioiosa Ionica (RC)	25

Per tali Aree, sono riportati, i risultati dei calcoli appena descritti, insieme ai corrispondenti grafici che riguardano in particolare: frequenze di apparizione, altezze significative, periodi di picco, flusso di energia, settore di traversia principale, probabilità

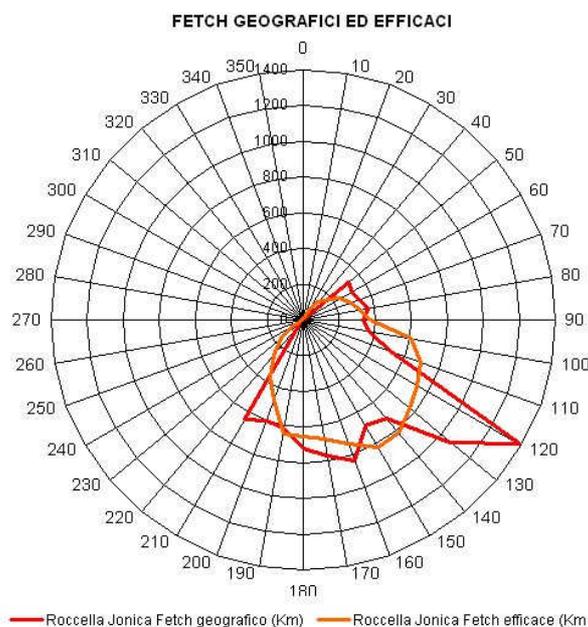
di superamento omnidirezionale, probabilita di superamento direzionale, periodo di ritorno omnidirezionale, persistenza media, indice caratteristico del moto ondoso.

Come accennato in precedenza, l'Area 9 ricade nella macro-area ionica e precisamente nelle Aree AS12 e AS13 che si estendono dalla foce della Fiumara Assi alla foce della Fiumara Amusa sino alla foce della Fiumara Torbido. Nella tabella seguente sono sintetizzate i tratti di costa per comune in cui sono riportati i dati all'interno del Master Plan.

AREA DI STUDIO	DENOMINAZIONE MASTERPLAN	NOME DEL COMUNE
AS12	MOA-1	MONASTERACE
AS12	STI-1	STILO
AS12	CAM-1	CAMINI
AS12	RIA-1	RIACE
AS12	STG-1	STIGNANO
AS13	CAU-1	CAULONIA
AS13	ROI-1	ROCCELLA IONICA
AS13	GIO-1	MARINA DI GIOIOSA IONICA
(AS14)	(GIO-2)*	MARINA DI GIOIOSA IONICA

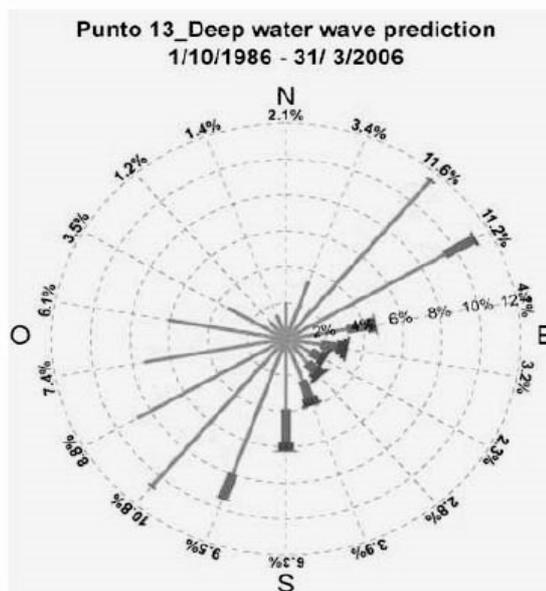
* ricompresa in GIO-1

Il Paraggio dell'area di studio su cui insistono gli stati di mare è il settore compreso tra le direzioni 60° N e 240° N. Per la generazione e l'analisi del clima ondoso a largo, a partire dai dati di vento della banca dati del Met Office, è stato utilizzato il modello HINDWAVE, definendo preliminarmente il bacino di generazione del moto ondoso a largo valutando le distanze di Fetch associate al punto a largo prescelto.



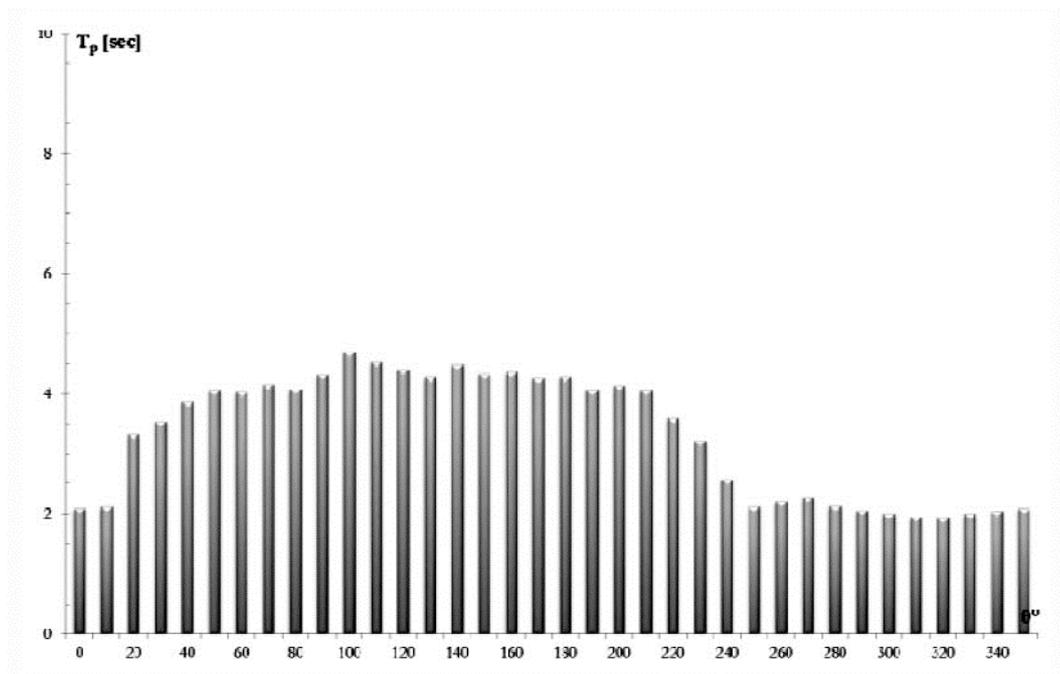
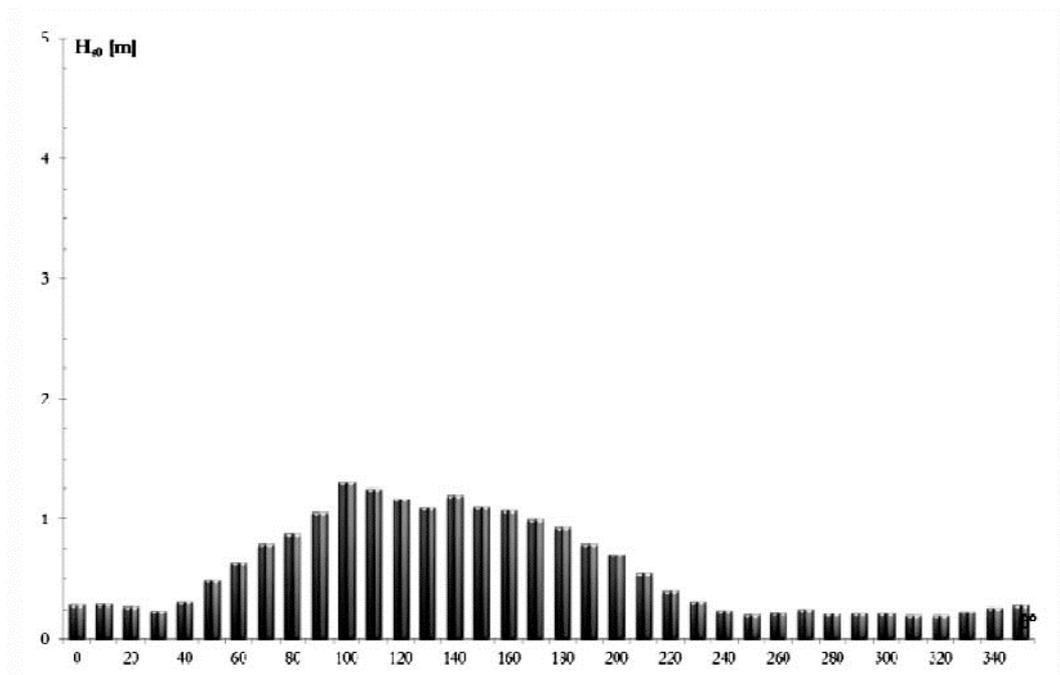
Il modello HINDWAVE è stato calibrato utilizzando i dati misurati alle boe della rete ondometrica nazionale (RON) e sono stati validati utilizzando le mareggiate più significative con serie temporale completa acquisite dalla rete ondometrica calabrese (ROR). L'input del modello è rappresentato da due serie di variabili: la prima permette di indicare le caratteristiche geometriche dell'area di generazione delle onde; con la seconda è possibile descrivere la variazione di velocità del vento nella stessa area. Il modello può essere utilizzato da solo per stimare una distribuzione di clima ondoso in funzione della direzione oppure insieme ai dati d'onda misurati in sito. Nel secondo caso, una volta calibrato rispetto ai dati registrati, il modello può essere usato, in modo affidabile, per previsioni in località vicine o con altri dati di vento. Questa procedura permette, per esempio, di estrarre dai dati di vento relativi ad un anno, una serie a più lungo termine o di prevedere le condizioni di moto ondoso in un punto vicino, ma orientato diversamente rispetto all'azione delle onde. Inoltre, con HINDWAVE è possibile stimare la direzione di provenienza del moto ondoso. Il modello può essere adoperato al largo in prossimità di diverse località costiere dove si desidera conoscere il clima ondoso direzionale e gli eventi estremi, siano state o no intraprese delle campagne ondometriche.

Le registrazioni sono state ripartite in gruppi d'altezza d'onda per ciascuna delle quali è stata definita la frequenza percentuale d'apparizione per settore. I livelli d'altezza significativa sono raggruppati per classi di 0.5 m, l'ampiezza dei settori direzionali è stata fissata pari a $\Delta\theta = 10^\circ$. Il valore della frequenza di apparizione relativa ad un fissato settore di provenienza dipende dal numero delle classi d'altezza significativa prese in esame, dal numero di registrazioni dell'i-esima



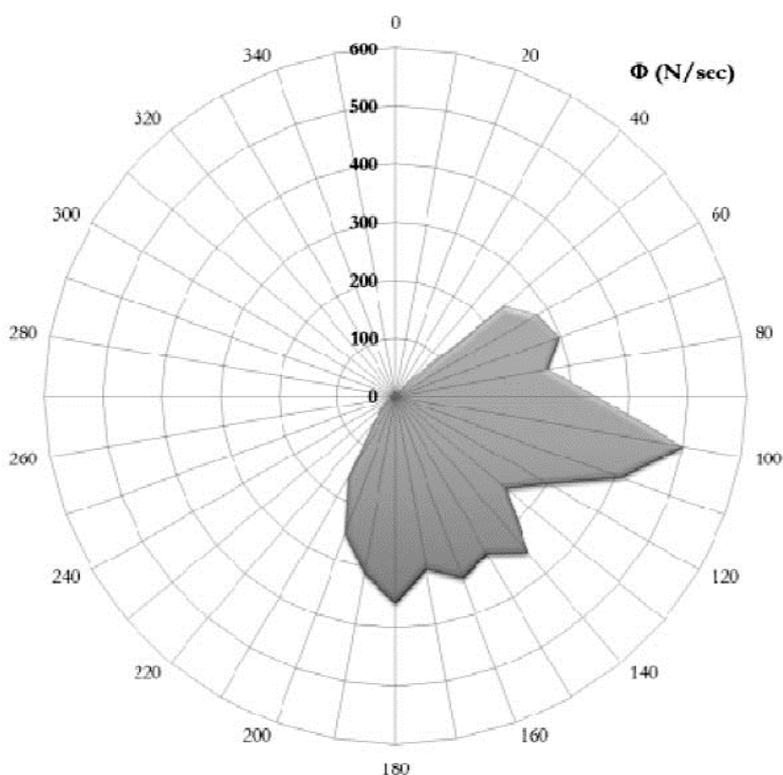
altezza significativa per il settore di provenienza e dalla frequenza totale. Dal grafico seguente si ha un massimo di frequenza per onde provenienti da NE con percentuale dell'11,6%. Si osserva che le onde più alte provengono grosso modo da direzione $140^\circ\text{N} \pm 60^\circ$.

Dalla frequenza di apparizione per settore di provenienza è stata calcolata, per ogni settore, l'altezza significativa media al largo H_{s0} ed il periodo di picco T_p al largo. Con tali dati si sono ottenute le seguenti distribuzioni H_{s0}/θ e T_p/θ , da cui si evince che i settori con altezza significativa media e periodo di picco medio più rilevante sono quelli tra le direzioni E e SE, con un massimo a 100° N pari, rispettivamente, a circa 1.30 m e 4.7 sec..



L'energia associata al moto ondoso al largo dipende da vari fattori quali l'altezza significativa, la celerità dell'onda al largo e il peso specifico dell'acqua di mare. Dall'analisi dei dati si è ottenuto un valore massimo del flusso di energia del moto ondoso dal settore (75°N- 105°N) pari a 1108 N/s. Il Settore di traversia principale, che comprende le direzioni delle agitazioni ondose più intense, è individuato da una direzione 90° N.

Flusso di energia - Area di studio AS13												
Settori (N°)	345-15	15-45	45-75	75-105	105-135	135-165	165-195	195-225	225-255	255-285	285-315	315-345
Flusso (N/s)	16	50	819	1108	961	1004	973	475	60	18	9	2



Una volta determinato, per ogni direzione di provenienza del moto ondoso, le serie storiche delle mareggiate e le relative grandezze caratteristiche medie e significative (altezze d'onda e periodi), viene eseguita un'analisi statistico - probabilistica di tali dati, tesa essenzialmente a valutare i massimi valori delle caratteristiche del moto ondoso associati a fissati periodi di ritorno. La probabilità di superamento omnidirezionale è rappresentata da una legge tipo "Weibull" che dipende dai parametri u (adimensionale) e w (espressa in metri). Per il settore di studio (AS13) tali parametri valgono: $u=0.895$ e

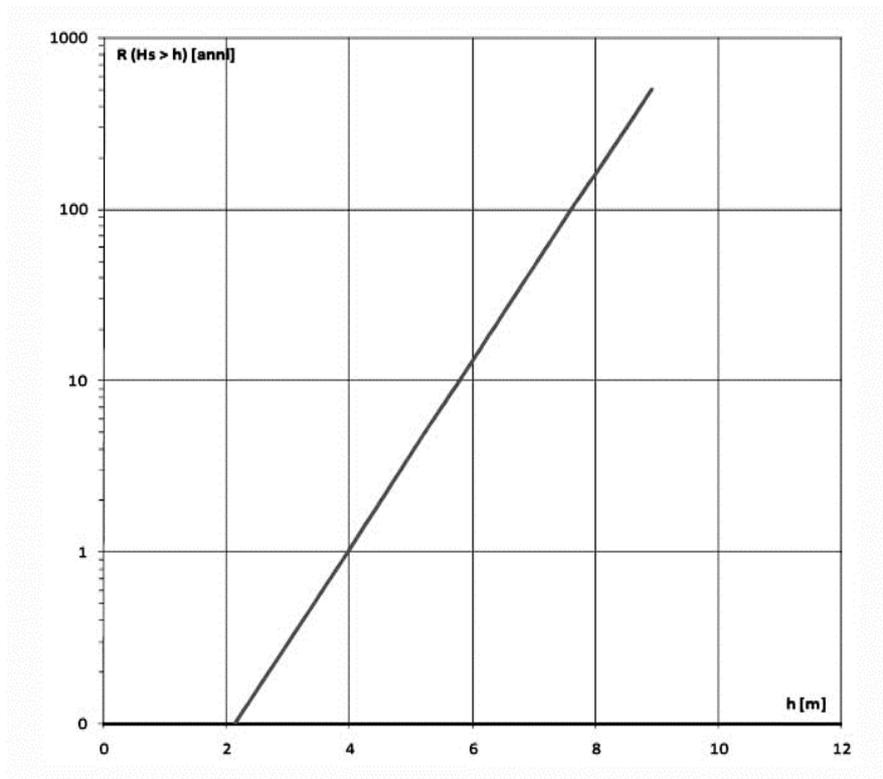
$w=0.478$. Dal punto di vista fisico w e il fattore scala e caratterizza i livelli di agitazione ondosa: aumenta con l'aumentare dell'altezza delle onde; u , invece, regola il rapporto tra le altezze significative a diversi livelli di probabilit : tale rapporto   tanto pi  grande quanto pi  u   piccolo.

La probabilit  di superamento direzionale puo essere rappresentata dalla differenza di due "Weibull" (Boccotti, 1997) e fornisce lo stesso parametro u della probabilit  di superamento omnidirezionale e due parametri $w\alpha$, $w\beta$ caratteristici del settore. I valori massimi $w\alpha$ e $w\beta$ da considerare sono quelli evidenziati nella tabella sottostante. Il valore di u invece   lo stesso per tutti i settori ed   pari a valore ottenuto dall'analisi omnidirezionale. Da ricordare che il settore di traversia dal quale proviene il mare pi  forte,   quello caratterizzato dal valore pi  alto di $w\alpha$, se esistono pi  settori con lo stesso valore di $w\alpha$ allora il mare pi  forte,   quello che presenta il valore minore di $w\beta$.

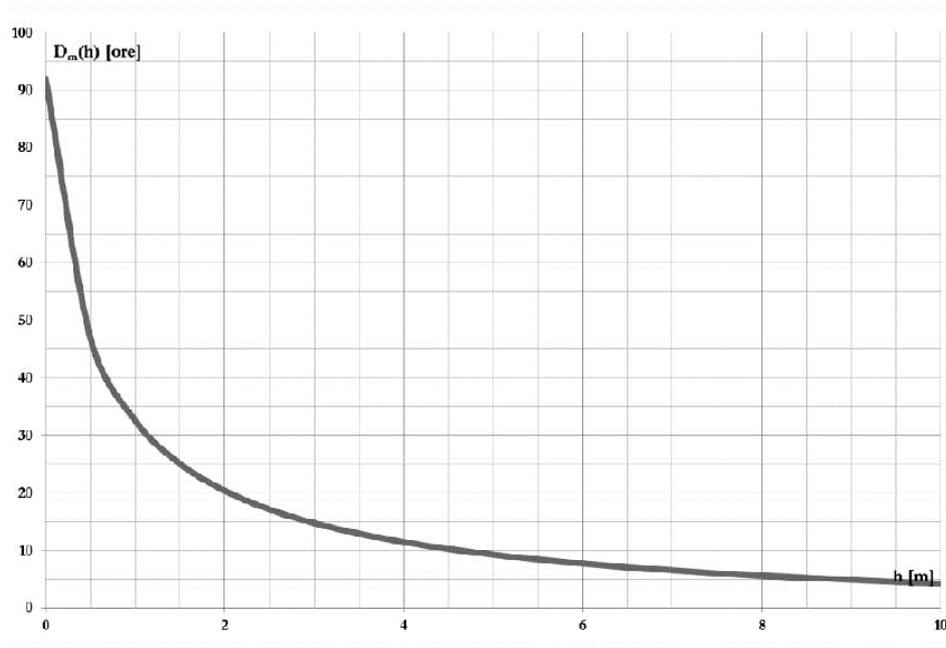
Parametri direzionali - Area di studio AS13			
Settori (�N)	u	$w\alpha$	$w\beta$
345-15	0.895	n.v	n.v
15-45	0.895	0.086	0.052
45-75	0.895	0.276	0.188
75-105	0.895	0.453	0.373
105-135	0.895	0.405	0.373
135-165	0.895	0.414	0.369
165-195	0.895	0.334	0.257
195-225	0.895	0.212	0.125
225-255	0.895	n.v	n.v
255-285	0.895	n.v	n.v
285-315	0.895	n.v	n.v
315-345	0.895	n.v	n.v

Il periodo di ritorno omnidirezionale R rappresenta il periodo di ritorno di una mareggiata in cui l'altezza significativa massima supera una soglia h . Il diagramma sottostante evidenzia il legame R/h e si puo osservare come per un periodo di ritorno pari a 10 anni il valore di soglia   pari a 5,78 m, mentre a un periodo di ritorno di 50 anni corrisponde una soglia di altezza d'onda pari a 7,05 metri.

Altezza significativa - Area di studio AS13									
$h(0.1)$ (m)	$h(1)$ (m)	$h(5)$ (m)	$h(10)$ (m)	$h(20)$ (m)	$h(50)$ (m)	$h(100)$ (m)	$h(200)$ (m)	$h(500)$ (m)	Δ (m)
2.13	3.96	5.23	5.78	6.32	7.05	7.61	8.16	8.9	6.77



La persistenza media D al di sopra di una certa soglia h rappresenta la durata di tempo media in cui l'altezza significativa si mantiene al di sopra della soglia fissata. Dal diagramma si può notare che all'aumentare del valore di soglia la persistenza diminuisce rapidamente: ad esempio a una soglia di altezza significativa di 8 metri corrisponde una persistenza media di circa 5,7 ore.



L'analisi dei risultati ottenuti dallo studio meteomarino sono uno strumento utile a comprendere quali siano i litorali maggiormente esposti al moto ondoso. Per avere un parametro univoco per classificare il moto ondoso di un tratto di litorale con caratteristiche omogenee (transetto) si usa un parametro che viene definito *I Indice caratteristico del moto ondoso*. Tale indice tiene conto delle caratteristiche meteomarine e morfologiche quali: flusso, inclinazione settore traversia principale, pendenza della spiaggia emersa e sommersa, etc. Di seguito si riporta l'indice caratteristico del litorale di Roccella Jonica (area di studio).

INDICE CARATTERISTICO DEL MOTO ONDOSO							
ADS	Denominazione	Comune	I	I_{Φ}	I_{α}	I_{λ}	$I_{h(R)}$
AS13	ROI-1	Roccella Jonica	0.32	0.19	0.21	0.29	0.28

In sintesi si può concludere che il tratto di costa denominato AS13 dell'Area 9 è un'area: priva di costa alta; caratterizzata da significativi valori del flusso di energia, che si distribuiscono intorno alle direzioni comprese tra nord-est e sud; caratterizzata da fetch di notevole estensione (lungo alcune direzioni superiori a mille chilometri). L'analisi probabilistica ha mostrato che il settore di traversia principale proviene da est, ma i settori adiacenti sono caratterizzati da valori dei parametri omnidirezionali di poco inferiori. Riguardo tali parametri, è possibile osservare che il valore del "fattore scala" w non è particolarmente elevato ma la presenza di un valore basso del parametro u comporta variazioni dell'altezza significativa al variare del periodo di ritorno di rilevante entità: In particolare per periodi di ritorno pari a 0.1 anni si ottiene un'altezza significativa di 2.13 m mentre, per periodi di ritorno di 500 anni, si ottiene un'altezza significativa di 8.9 m, con una variazione di 6.77 m. Infine, quest'area è caratterizzata da fondali di modesta pendenza, contenuta entro il 2%. L'indice caratteristico del moto ondoso assume un valore pari a 0.32.

La corretta definizione del campo di moto ondoso sottocosta è una delle fasi più delicate degli studi di dinamica costiera. Un'errata valutazione dei parametri di moto ondoso, soprattutto in termini di direzione e di altezza d'onda, può alterare e sviare i successivi studi di dettaglio dei fenomeni di evoluzione costiera strettamente legati all'azione diretta del moto ondoso lungo il litorale. Pertanto l'analisi del moto ondoso

relativa al sito in esame comprende il trasferimento delle caratteristiche ondometriche dal largo sottocosta sino a profondità prossime a quelle che confinano con la fascia litoranea. Osservando il diagramma polare del flusso di energia riportato precedentemente è possibile stabilire quale sia il settore di traversia principale, vale a dire quello dal quale provengono le onde più forti.

L'altezza e la direzione delle onde in prossimità della costa non sono eguali a quelle al largo a causa delle trasformazioni che esse subiscono nel movimento verso i bassi fondali. Il fenomeno continua fin quando non si raggiunge una condizione di instabilità e l'onda frange: si verifica cioè una forte dissipazione di energia e il movimento perde il suo carattere regolare "*alla Stokes*". Da questo punto in poi, le caratteristiche dell'onda non solo non sono più riconducibili alla teoria lineare, e non si può forse neanche parlare di onde in senso stretto. Si ricorre quindi a equazioni diverse e più complesse o a criteri empirici o sperimentali. La zona di spiaggia interessata da tali condizioni è quella compresa tra il punto di rottura delle onde e la porzione emersa fino alla massima risalita dell'acqua.

Quindi assume una notevole importanza studiare: l'impatto che il moto ondoso ha sulla struttura in progetto, e sulla stabilità sia nei confronti dell'energia di impatto sia nei confronti dei fenomeni erosivi che si possono creare alla base dell'opera; l'impatto che l'opera ha nei confronti della dinamica costiera che si traduce in zone di erosione e sedimentazione diversi dall'attuale. Tali valutazioni saranno oggetto di appositi studi, a corredo del progetto, effettuate dai progettisti.

2.5. Variazione della linea di riva del litorale di Roccella Jonica.

Le spiagge, in una regione tettonicamente "tranquilla", sono il risultato di un complesso e delicato equilibrio che si stabilisce sul litorale determinato dall'azione combinata del moto ondoso, delle correnti marine e di altri fattori secondari che, in continua dinamica evolutiva, distribuiscono e modellano gli apporti solidi della terraferma immessi dai corsi d'acqua o prodotti dalla disgregazione dei rilievi dell'entroterra. La

Calabria, è invece una regione geologicamente molto giovane, con un'attività neotettonica importante (con velocità di sollevamento che raggiungono anche valori di 0.8-0.9 mm/anno). Di conseguenza, lungo molti tratti delle sue coste, sono in atto significativi sollevamenti, mentre altre aree sono soggette ad abbassamento. Ciò determina la mancanza di una stabile piattaforma continentale; pertanto, in alcuni tratti di costa, il raggiungimento del suddetto equilibrio risulta problematico, essendo i materiali, prodotti dall'erosione o trasportati dai torrenti, in precario equilibrio granulometrico e quindi soggetti a trasporto e non a deposito. Questo crea smottamenti sottomarini che sottraggono in modo definitivo i sedimenti del litorale. A questa serie di fenomeni naturali è da aggiungere l'azione antropica che nell'attuale degrado del sistema costiero non ha certo recitato il ruolo di comparsa. E' quindi evidente che il problema dell'erosione costiera ha assunto proporzioni allarmanti danneggiando maggiormente quei comuni che vivono di turismo estivo, basato sull'esistenza stessa della spiaggia. Infatti i gravissimi dissesti provocati dagli eventi erosivi, hanno alterato le naturali caratteristiche e depauperato l'amenità di molte aree litoranee, anche rinomate.

Le modificazioni che subiscono le aree costiere calabresi per effetto dei fenomeni di erosione hanno da tempo destato serie preoccupazioni per il rischio che essi comportano sia per gli insediamenti umani e per le strutture turistiche che per le grandi infrastrutture di trasporto. Alla base dei processi erosivi stanno, com'è noto, molteplici fattori. Le notevoli ampiezze delle onde in alcuni periodi dell'anno, i processi di rifrazione del moto ondoso, le variazioni climatiche, i mutamenti dei percorsi fluviali nelle zone di foce, il trasporto longitudinale e trasversale dei sedimenti marini, ma anche le cause antropiche dell'erosione delle coste hanno, effetti commensurati alle attività dell'uomo. Basti citare al riguardo i lavori estensivi di rimboschimento nei bacini montani, i rinfoltimenti, la sistemazione ed il rivestimento vegetale di terreni franosi, le escavazioni in alveo di sabbia e ghiaia che depauperano gli apporti detritici dei fiumi al mare; la costruzione di manufatti lungo i litorali, che allontanano i getti di foce dalla spiaggia e impediscono i trasferimenti lungo le coste; l'estrazione incontrollata di acqua dal sottosuolo, che determina effetti di subsidenza; la costruzione di casse di espansione delle piene che sottraggono sedimenti fluviali al mare; la distruzione di barre sabbiose naturali sommerse e delle dune costiere, che espone le spiagge all'azione violenta del moto ondoso. Tra le cause antropiche è opportuno ricordare gli stessi interventi strutturali come alcuni porti ed altri interventi

messi in opera per contrastare l'erosione stessa, progettati però spesso su indicazioni di studi insufficienti e carenti della comprensione dei meccanismi della dinamica meteomarina che, se, da un lato, hanno sortito l'effetto voluto per le aree interessate dall'intervento, dall'altro hanno accentuato, se non addirittura innescato, i processi erosivi lungo tratti di litorale contigui.

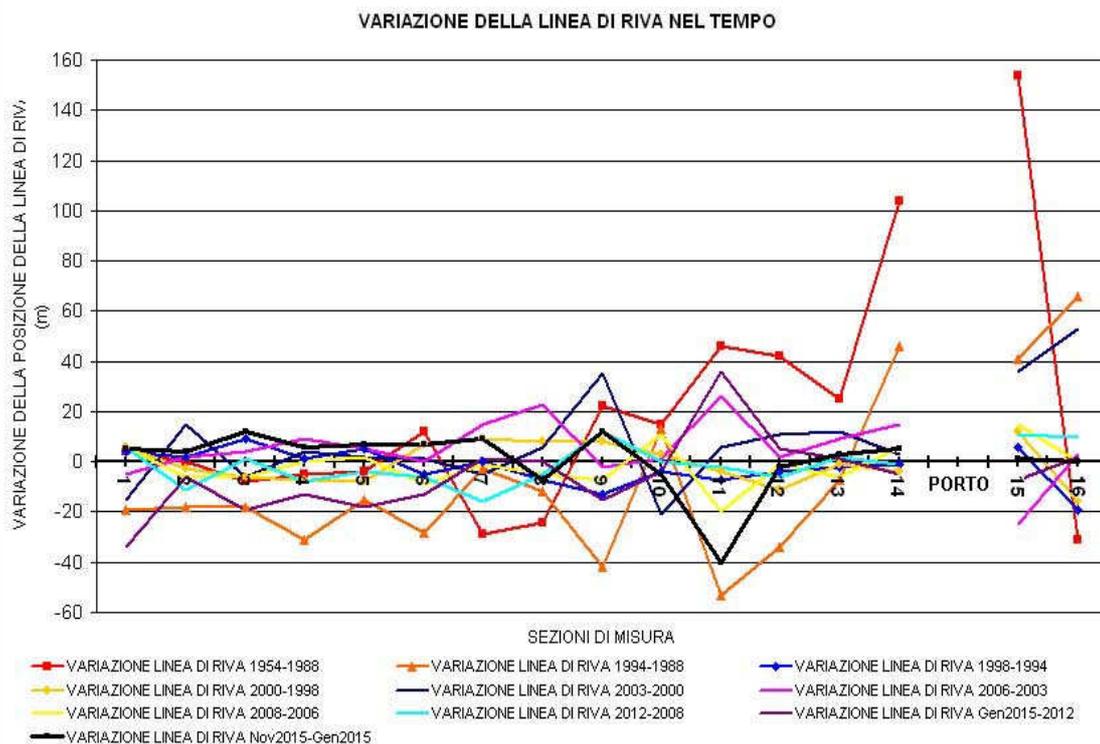
La valutazione quantitativa delle modificazioni della fascia costiera di Roccella Jonica è stata condotta attraverso l'analisi delle variazioni della linea di riva espresse in termini di avanzamento/arretramento nell'arco temporale 1954 – novembre 2015. La ricostruzione geometrica della linea di riva è stata dedotta dalla cartografia a scala 1:10.000 CASMEZ, 1956 (volo IGM 1954), dalle ortoimmagini digitali a colori, nonché da un rilievo GPS della linea di riva (novembre e febbraio 2015). Le variazioni della linea di riva hanno consentito di valutare il bilancio apporti/prelievi che risulta positivo o negativo, a seconda che i materiali che costituiscono le spiagge, depositati nelle fasi di sedimentazione, siano superiori o inferiori ai materiali asportati nelle fasi di asportazione. Il raffronto digitale mediante il confronto tra le diverse linee di riva, riferite al medesimo sistema di coordinate e su 16 transetti che hanno come punto origine comune la Strada Statale Jonica SS106, ha consentito la misurazione della variazione in larghezza della linea di riva nel tempo. Il grado di approssimazione è da ritenere sufficiente per il livello di analisi. L'analisi multitemporale dell'evoluzione della linea di riva ha riguardato l'intero litorale del territorio comunale.

Le modifiche che il profilo trasversale di una spiaggia subisce ed i fattori fisici che regolano il fenomeno sono stati oggetto di numerose indagini sperimentali di campo e di laboratorio. L'interazione del moto ondoso con i bassi fondali ha come risultato macroscopico il trasporto dei sedimenti e quindi l'evoluzione continua sia del fondo sia della spiaggia emersa invasa dalle acque. In condizione di trasporto longitudinale costante o nullo, le sperimentazioni hanno dimostrato l'esistenza di due tipi fondamentali di profili di spiaggia chiamati "invernale" o profilo a barre ed "estivo" o profilo a berma. Essi rappresentano il meccanismo tipico di spostamento delle sabbie verso la barra o le barre sommerse durante le mareggiate invernali caratterizzate da valori elevati di ripidità delle onde H₀/L₀ ed al contrario il meccanismo di ripristino della spiaggia emersa, con smantellamento totale o parziale delle barre nel ciclo estivo, caratterizzato da onde con bassa ripidità. L'erosione di una spiaggia sottile può avvenire per condizioni idrauliche

(idrodinamiche) medie oppure per condizioni estreme (mareggiate intense). Gli effetti prodotti possono essere analoghi, le scale temporali in cui si verificano sono differenti: le condizioni medie influiscono generalmente in tempi lunghi (stagione, anno) mentre gli eventi estremi si sviluppano in durate di ore o giorni. Le condizioni di erosione nel lungo periodo sono essenzialmente dovute ad un gradiente positivo della portata solida longitudinale che produce poi uno spostamento del profilo trasversale. Il processo di erosione nel lungo periodo è di solito irreversibile. Le condizioni estreme, meno frequenti, producono un forte trasporto trasversale con modifica del profilo. Queste condizioni possono essere sia reversibili, quando le condizioni medie riescono a ripristinare il profilo precedente l'evento, (passaggio da un profilo di tipo "invernale" a quello di tipo "estivo") oppure possono produrre effetti irreversibili se il processo erosivo è già in corso.

Analizzando la variazione trasversale della costa di Roccella Jonica, si evidenzia che nel periodo antecedente la costruzione del Porto (linee di riva 1954-1988) vi era un profilo quasi di equilibrio. Cioè a tratti (di qualche centinaio di metri) in cui la costa era in ripascimento si intervallavano tratti in cui la costa era in erosione. Successivamente alla realizzazione del Porto (linee di riva 1988-1994) si nota immediatamente un forte avanzamento della linea di costa a nord di esso ed una forte erosione lungo tutta la costa a sud. A seguito degli interventi di difesa costiera e di ripascimento si è notato un progressivo avanzamento della linea di riva. Attualmente le condizioni sono stabili a nord del Porto e presentano forte erosione stagionale a sud, cioè si ha una intensa erosione nel periodo autunno-inverno con progressiva ricostruzione della spiaggia a cominciare dalla primavera. Tale fenomeno stagionale di erosione e ripascimento comunque determina un trend da stabile a leggermente erosivo nel tratto in cui sono presenti le opere di difesa ed un trend leggermente erosivo a sud di esse.

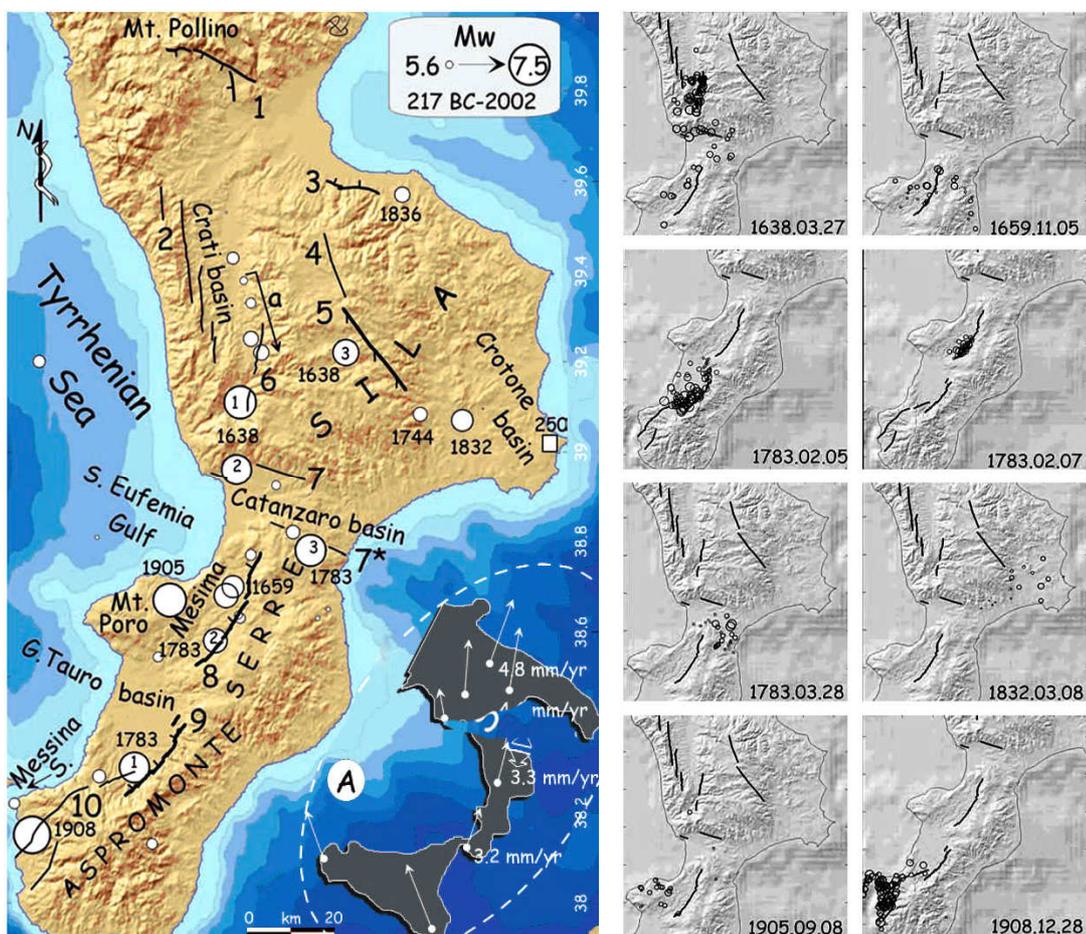
Quindi, in sintesi, le cause della dinamica evolutiva che interessano la costa del Comune di Roccella Jonica, come la quasi totalità dei comuni calabresi, sono: il mancato apporto di sedimenti verso costa causato dall'alterazione dei cicli sedimentari per intervento antropico nei bacini idrografici (sbarramenti fluviali, regimazioni idrauliche, estrazioni di materiali alluvionali); l'influenza sulla dinamica litoranea dei sedimenti intercettati dalle opere marittime (porto le Grazie); le infrastrutture viarie e urbanistiche costiere.



Comunque l'erosione del litorale è da imputare principalmente al porto, costruito tra Roccella Jonica e Caulonia Marina. Storicamente (prima della costruzione del porto, si è rilevato che le variazioni della linea di riva erano meno marcate. Dal momento in cui è stato costruito il porto, realizzato non sulla terra ferma, ma proiettando le sue strutture all'interno delle acque marine, si è innescato il processo di erosione. Infatti la grossa mole di detriti della Fiumara Allaro ed Amusa quando il trasporto solido è diretto verso sud viene intercettata dalla struttura del porto e non riesce a baipassarla. Ciò crea un enorme accumulo di sedimenti a nord del porto ed una intensa erosione a sud. Negli anni successivi per mitigare tale fenomeno che aveva creato enormi squilibri proprio nel tratto di mare antistante il centro abitato, sono state realizzate delle opere di difesa cistera (pennelli) che con vari aggiustamenti successivi e con la realizzazione ultima di una barriera soffolta hanno diminuito il fenomeno.

2.6. Sismicità e pericolosità sismica di base dell'area.

La Calabria è caratterizzata da un'intensa attività geodinamica testimoniata dagli alti livelli energetici raggiunti dagli eventi sismici in epoca storica, infatti è la regione in Italia nella quale si sono verificati i terremoti tra i più catastrofici ed a più elevata intensità ed energia dell'area mediterranea. Anche la distribuzione degli epicentri strumentali conferma sostanzialmente l'attività di molti elementi tettonici individuati in superficie, quali: la Valle del Crati, la Stretta di Catanzaro, il Sistema Serre-Aspromonte (Moretti & Guerra 1997; Monaco & Tortorici 2000; Tansi et Alii 2006).



Distribuzione dei terremoti con $M_w > 5.5$ modificata da WORKING GROUP CPTI (2004) e delle principali strutture sismogenetiche note. In grassetto quelle certe, ovvero quelle per le quali siano state effettuate analisi paleosismologiche. La freccia (a) indica la sequenza sismica occorsa nel XVIII-XIX secolo da nord verso sud nella valle del Crati. I numeri 1-2-3 all'interno degli epicentri del 1638 e 1783 indicano le scosse del 27-28 Marzo e 9 Giugno 1638 e 5-7 Febbraio e 28 Marzo 1783. Il simbolo quadrato nel Crotonese indica il terremoto dedotto da analisi archeosismologiche da GALLI et alii (2006a) e ivi datato intorno alla metà del III secolo d.C. -- (A) sono visualizzate le velocità GPS calcolate da D'AGOSTINO & SELVAGGI (2004). La differenza tra le velocità della Puglia e della Calabria centro-meridionale evidenziano un'estensione intermedia di $\sim 1,5$ mm/anno, di cui $\sim 2/3$ potrebbero essere accomodati dal sistema di faglie silane e del Pollino. -- Distribuzione degli effetti maggiori dell'8-9 grado MCS per i diversi terremoti della Calabria e principali faglie con attività quaternaria (mod. da GALLI & BOSI, 2002).

Il grado di distruzione raggiunto in occasione degli eventi del 1783 e del 1908 è in assoluto uno tra i più elevati in tutta l'area mediterranea. La quasi totalità dei terremoti calabresi noti è avvenuta, però, solo a partire dal XVII secolo, con un'iniziale sequenza che dal 1638 al 1908 ha devastato prevalentemente la parte tirrenica della penisola, da nord verso sud. Poco o nulla sappiamo invece di quello che avvenne nei secoli precedenti. Recenti ricerche d'archivio (GALLI et alii, 2001; CAMASSI et alii, 2004; SCIONTI et alii, 2006) hanno evidenziato l'esistenza di una sismicità «sotterranea», anche di elevata magnitudo ($M \sim 6$) avvenuta sia prima che dopo il XVII secolo, non ancora appieno svelata, ma non certo paragonabile a quella relativa ai terremoti catastrofici della nominata sequenza 1638-1908 ($6.7 \leq M \leq 7.5$). Da ciò si può dunque affermare che gran parte delle principali strutture sismogenetiche della Calabria si sono attivate negli ultimi 400 anni e che il loro tempo di ritorno è superiore al periodo coperto dalle fonti storiche. Dall'insieme delle conoscenze sulla tettonica attiva della Calabria si possono, infine, delineare due zone con direzione di estensione divergenti di $\sim 55^\circ$ (\sim NNE-SSW nella Calabria centro-settentrionale, \sim NW-SE in quella del sud), separate da una zona di svincolo cinematico profondo nella stretta di Catanzaro, che potrebbero riflettere il limite della zona di subduzione attiva al di sotto dell'Arco Calabro.

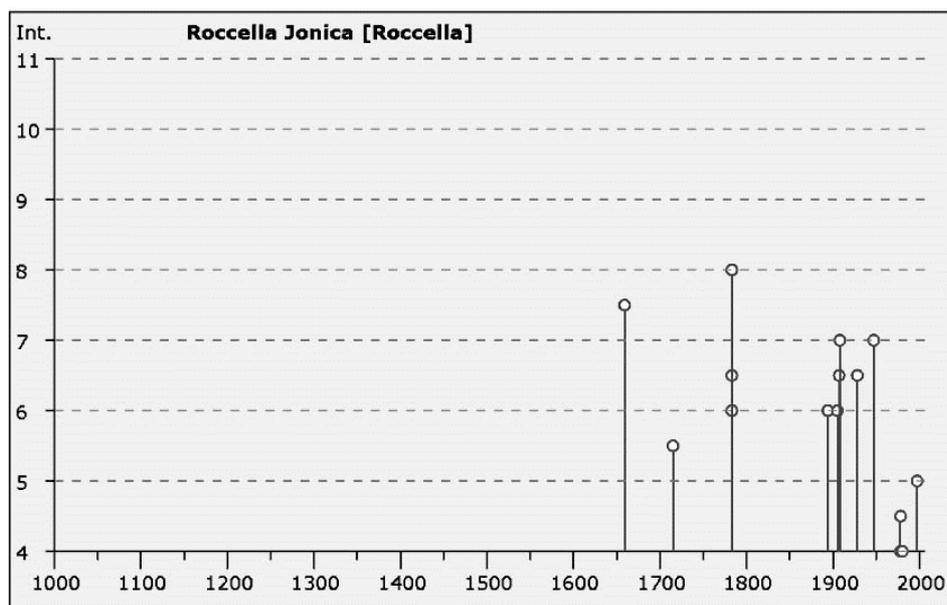
Per la definizione dei caratteri della sismicità storica della zona si è preso a riferimento il Comune di Roccella Jonica. I terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area d'indagine dal 1000 in poi (Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, Boschi et alii 1997) si possono osservare nella tabella del Database Macrosismico Italiano DBMI11, appresso riportate. L'intensità è da riferirsi alla scala Mercalli Modificata che è basata sull'osservazione degli effetti superficiali, causati da un terremoto.

Gli eventi più importanti che hanno colpito l'area sono i terremoti del 5 novembre 1659, del 28 marzo 1783, del 3 dicembre del 1887, del 8 settembre 1905, del 28 dicembre 1908 e del 11 maggio 1947 che furono risentiti nell'abitato di Roccella Jonica con una intensità dell' VII-VIII grado della Scala MCS e che in alcuni casi causarono crolli e vittime tra la popolazione.

**Storia sismica di Roccella Jonica [Roccella]
[38.324, 16.405]**

Numero di eventi: 15

Effetti		In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw	
7-8	1659 11 05 22:15	Calabria centrale	126	10	6.55 ±0.13	
5-6	1715 02 21	REGGIO CALABRIA	4	5-6	4.51 ±0.34	
6	1783 02 05 12:00	Calabria	356	11	7.02 ±0.08	
6-7	1783 02 07 13:10	Calabria	191	10-11	6.62 ±0.11	
8	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11	6.98 ±0.08	
6	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07 ±0.10	
6	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16	
6-7	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25	
7	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15	
6-7	1928 03 07 10:55	CAPO VATICANO	30	7-8	5.83 ±0.26	
7	1947 05 11 06:32	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13	
4-5	1978 03 11 19:20	Calabria meridionale	126	8	5.24 ±0.09	
4	1978 04 15 23:33	Golfo di Patti	332		6.06 ±0.09	
4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09	
5	1997 09 03 23:15	Calabria meridionale	83	5-6	4.55 ±0.13	



Dalla bibliografia esistente il Comune di Roccella Jonica per la normativa antisismica, *Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*, era classificato come *Zona sismica di prima categoria S=12 con $k=0,10$* . Con l'*Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1* e successive modificazioni, viene riclassificato come *Zona sismica I con $a_g=0,35$* . Di seguito viene

riportato il record afferente al Comune di Roccella Jonica (Elenco dei Comuni ad elevato rischio sismico ai sensi dell'art. 12 della Legge 27.12.1997, n. 449 contenuto nell'*Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*).

Codice ISTAT	Regione	Provincia	Comune	Popolazione residente (1991)	Abitazioni (1991)	Grado di Sismicità	Data di classificazione	Indice di rischio	Intensità massima osservata (MCS)
18080067	CALABRIA	REGGIO CALABRIA	ROCCELLA IONICA	7121	4060	12	18/04/09	0.0824	9

Dal Rapporto Conclusivo (aprile 2004) per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'*Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*, nell' Allegato 1B "*Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale*", riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s). In tale elaborato l'area di sedime è compresa nel tratto di territorio comunale di Roccella Jonica ricadente nella fascia di accelerazione massima: $0,150 < a_{max} < 0,175$. Il D.M. del 17 gennaio 2018 "*Norme Tecniche per le costruzioni*", nell'*Allegato B: "Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica"*, la Tabella 1 fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC. Secondo l'NTC2018 l'area di studio (ED50: lat. 38,324200° N, lon. 16,430500° E), ricade all'interno dei punti del reticolo di riferimento nazionale riportati in tab. 01.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	44113	38.345670	16.416980	2662.69
2	44114	38.343940	16.480510	4883.10
3	44336	38.293970	16.478300	5356.65
4	44335	38.295710	16.414750	3453.19

Da cui è soggetta ai parametri che definiscono l'azione sismica riportati in tab. 02, dove: a_g =accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 =valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tab. 02 -- Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR di riferimento			
TR (anni)	a_g (g)	F_0 (---)	T_c^* (s)
30	0.043	2.394	0.281
50	0.056	2.390	0.310
72	0.067	2.404	0.325
101	0.078	2.417	0.341
140	0.090	2.434	0.354
201	0.105	2.459	0.365
475	0.148	2.474	0.402
975	0.195	2.470	0.433
2.475	0.267	2.523	0.448

Per la definizione di tutti i parametri inerenti alla pericolosità sismica di base del sito di studio si rimanda alla “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II NTC2018)” allegata agli elaborati progettuali.

3. MODELLO LITOTECNICO E RISPOSTA SISMICA LOCALE.

3.1. Definizione del modello litotecnico di riferimento.

Per la ricostruzione del modello litotecnico dell'area d'intervento il rilievo geologico è stato integrato con indagini geognostiche eseguite in aree adiacenti e sugli stessi litotipi (essendo l'area ubicata in mare aperto). Per poter determinare le caratteristiche dei litotipi presenti nel fondale le indagini sono state effettuate: sulla spiaggia prospiciente il tratto di mare interessato dall'intervento; sulla spiaggia posta a nord del porto dove i sedimenti posti ad una profondità superiore ai 5.00 metri rappresentano i sedimenti del fondale distante circa 250 metri dalla spiaggia prima della realizzazione del porto e quindi nella situazione attuale del sito; sul braccio foraneo del porto dove le condizioni sono simili al sito d'intervento.



Nello specifico le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sono: n. 2 sondaggi a carotaggio continuo S01, S02 con prelievo di n. 4 campioni indisturbati e n. 20 campioni rimaneggiati per le analisi di laboratorio; n. 26 prove SPT (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio; n. 2 indagine penetrometrica dinamica superpesante Dpsh01, Dpsh02; n. 3 indagine sismica superficiale attiva di tipo Multichannel Analysis of Surface Waves,

Masw01, Masw02, Masw03; n.2 indagine sismica superficiale passiva (microtremori) con tecnica Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Hvsr01, Hvsr02. Di seguito si riporta la loro sintesi.

Campione S1C1_T				
	σ_v (kPa)	τ (kPa)	C'_p (kPa)	ϕ'_p (°)
P1	73,58	86,13	21,10	42,91
P2	98,10	116,08		
P3	294,30	294,26		

PROVA ...S01

Strumento utilizzato...

PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

06/03/2019

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Profondità (m)	Nr. Colpi
4.70	1	18.50	14
4.85	1	18.65	26
5.00	1	18.80	32
6.10	1	19.00	13
6.25	2	19.15	25
6.40	1	19.30	33
7.90	4	23.00	16
8.05	9	23.15	23
8.20	12	23.30	28
9.50	6	26.10	15
9.65	11	26.25	24
9.80	16	26.40	31
11.10	12	28.80	17
11.25	19	28.95	26
11.40	23	29.10	31
13.10	14	31.70	21
13.25	18	31.85	26
13.40	26	32.00	38

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S01

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
SPT01	0.00-5.00	1.994	Inc.	1.47	1.87	27.60	0.00	46.89	43.87	0.35
SPT02	5.00-6.40	2.991	Inc.	1.48	1.87	27.90	0.00	51.34	48.76	0.35
SPT03	6.40-8.20	20.937	Inc.	1.57	1.97	32.39	0.00	118.14	83.46	0.32
SPT04	8.20-9.80	26.919	Inc.	1.61	1.99	33.29	0.00	131.48	96.92	0.31
SPT05	9.80-11.40	41.874	Inc.	1.68	2.03	35.53	0.00	335.45	243.39	0.30
SPT06	11.40-13.40	43.868	Inc.	1.69	2.04	35.83	0.00	345.88	253.86	0.30
SPT07	13.40-18.80	57.826	Inc.	1.75	2.08	37.92	0.00	418.88	327.14	0.28
SPT08	18.80-19.30	57.826	Inc.	1.75	2.08	37.92	0.00	418.88	327.14	0.28
SPT09	19.30-23.30	50.847	Inc.	1.72	2.06	36.88	0.00	382.38	290.5	0.29
SPT10	23.30-26.40	54.835	Inc.	1.74	2.07	37.48	0.00	403.24	311.43	0.28
SPT11	26.40-29.10	56.829	Inc.	1.75	2.08	37.77	0.00	413.67	321.9	0.28
SPT12	29.10-32.00	63.808	Inc.	1.78	2.10	38.82	0.00	450.17	358.54	0.28

PROVA ...S02

Strumento utilizzato...

PROVE SPT IN FORO

Prova eseguita in data

06/03/2019

Quota

.50 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Profondità (m)	Nr. Colpi
6.20	6	19.50	17
6.35	21	19.65	24
6.50	23	19.80	36
9.20	8	22.30	19
9.35	16	22.45	30
9.50	24	22.60	39
10.30	15	25.10	18
10.45	22	25.25	32
10.60	25	25.40	38
13.60	13	26.00	20
13.75	20	26.15	38
13.90	28	26.30	41
14.50	15	26.60	22
14.65	28	26.75	40
14.80	35	26.90	48
17.10	13	29.30	25
17.25	29	29.45	50
17.40	32	29.60	50
17.70	17	35.30	50
17.85	25	35.45	50
18.00	32	35.60	50

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S02

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
SPT01	0.00-6.50	43.868	Inc.	1.69	2.04	35.83	0.00	169.28	135.05	0.30
SPT02	6.50-9.50	39.880	Inc.	1.67	2.03	35.23	0.00	160.38	126.08	0.30
SPT03	9.50-10.60	46.859	Inc.	1.71	2.05	36.28	0.00	175.95	141.78	0.29
SPT04	10.60-13.90	47.856	Inc.	1.71	2.05	36.43	0.00	178.17	144.03	0.29
SPT05	13.90-14.80	62.811	Inc.	1.77	2.10	38.67	0.00	444.95	353.31	0.28
SPT06	14.80-17.40	60.817	Inc.	1.77	2.09	38.37	0.00	434.52	342.84	0.28
SPT07	17.40-18.00	56.829	Inc.	1.75	2.08	37.77	0.00	413.67	321.90	0.28
SPT08	18.00-19.80	59.820	Inc.	1.76	2.09	38.22	0.00	429.31	337.61	0.28
SPT09	19.80-22.60	68.793	Inc.	1.80	2.12	39.57	0.00	476.24	384.71	0.27
SPT10	22.60-25.40	69.790	Inc.	1.80	2.12	39.72	0.00	481.45	389.95	0.27
SPT11	25.40-26.30	78.763	Inc.	1.83	2.15	41.06	0.00	528.38	437.06	0.26
SPT12	26.30-26.90	87.736	Inc.	1.86	2.15	42.41	0.00	575.31	484.16	0.25
SPT13	26.90-29.60	99.700	Inc.	1.89	2.16	44.20	0.00	637.88	546.97	0.24
SPT14	29.60-35.60	99.700	Inc.	1.89	2.16	44.20	0.00	637.88	546.97	0.24

PROVA ...Dpsh01

Strumento utilizzato...

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data

06/03/2019

Profondità prova

24.00 mt

Quota

2.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	2	0.851	16.54	19.44	0.83	0.97
0.60	4	0.847	32.92	38.87	1.65	1.94
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	8	0.840	60.39	71.92	3.02	3.60
1.20	10	0.836	75.18	89.90	3.76	4.49
1.40	12	0.833	89.85	107.88	4.49	5.39
1.60	12	0.830	89.49	107.88	4.47	5.39
1.80	8	0.826	59.43	71.92	2.97	3.60
2.00	13	0.773	84.06	108.72	4.20	5.44
2.20	14	0.770	90.17	117.09	4.51	5.85
2.40	16	0.767	102.65	133.81	5.13	6.69
2.60	15	0.764	95.87	125.45	4.79	6.27
2.80	21	0.711	124.95	175.63	6.25	8.78
3.00	22	0.709	121.90	172.01	6.09	8.60
3.20	15	0.756	88.66	117.28	4.43	5.86
3.40	16	0.753	94.25	125.10	4.71	6.25
3.60	21	0.701	115.08	164.19	5.75	8.21
3.80	22	0.698	120.13	172.01	6.01	8.60
4.00	23	0.696	117.51	168.83	5.88	8.44
4.20	15	0.744	81.88	110.10	4.09	5.51
4.40	17	0.741	92.52	124.78	4.63	6.24
4.60	23	0.689	116.36	168.83	5.82	8.44
4.80	21	0.687	105.91	154.15	5.30	7.71
5.00	19	0.735	96.60	131.43	4.83	6.57
5.20	15	0.733	76.05	103.76	3.80	5.19
5.40	18	0.731	91.02	124.51	4.55	6.23
5.60	16	0.729	80.70	110.67	4.03	5.53
5.80	16	0.727	80.49	110.67	4.02	5.53
6.00	16	0.725	75.92	104.64	3.80	5.23
6.20	17	0.724	80.47	111.18	4.02	5.56
6.40	16	0.722	75.55	104.64	3.78	5.23
6.60	17	0.720	80.09	111.18	4.00	5.56
6.80	17	0.719	79.91	111.18	4.00	5.56
7.00	17	0.717	75.62	105.44	3.78	5.27
7.20	15	0.716	66.58	93.03	3.33	4.65
7.40	15	0.714	66.44	93.03	3.32	4.65
7.60	16	0.713	70.73	99.24	3.54	4.96
7.80	15	0.711	66.17	93.03	3.31	4.65
8.00	15	0.710	62.80	88.46	3.14	4.42
8.20	17	0.709	71.04	100.26	3.55	5.01
8.40	16	0.707	66.74	94.36	3.34	4.72
8.60	15	0.706	62.45	88.46	3.12	4.42
8.80	15	0.705	62.34	88.46	3.12	4.42
9.00	16	0.703	63.27	89.94	3.16	4.50
9.20	18	0.702	71.06	101.18	3.55	5.06
9.40	15	0.701	59.12	84.32	2.96	4.22
9.60	15	0.700	59.02	84.32	2.95	4.22
9.80	15	0.699	58.92	84.32	2.95	4.22
10.00	14	0.698	52.45	75.18	2.62	3.76
10.20	14	0.697	52.37	75.18	2.62	3.76

10.40	16	0.696	59.75	85.91	2.99	4.30
10.60	15	0.694	55.93	80.54	2.80	4.03
10.80	14	0.693	52.13	75.18	2.61	3.76
11.00	15	0.692	53.38	77.10	2.67	3.85
11.20	14	0.691	49.74	71.96	2.49	3.60
11.40	16	0.690	56.76	82.23	2.84	4.11
11.60	14	0.689	49.60	71.96	2.48	3.60
11.80	10	0.738	37.94	51.40	1.90	2.57
12.00	15	0.687	50.80	73.93	2.54	3.70
12.20	12	0.736	43.54	59.14	2.18	2.96
12.40	16	0.685	54.03	78.86	2.70	3.94
12.60	15	0.684	50.58	73.93	2.53	3.70
12.80	21	0.633	65.53	103.50	3.28	5.18
13.00	22	0.632	65.83	104.15	3.29	5.21
13.20	21	0.631	62.74	99.42	3.14	4.97
13.40	23	0.630	68.60	108.89	3.43	5.44
13.60	19	0.679	61.07	89.95	3.05	4.50
13.80	19	0.678	60.98	89.95	3.05	4.50
14.00	21	0.627	59.95	95.64	3.00	4.78
14.20	22	0.626	62.70	100.20	3.13	5.01
14.40	23	0.625	65.43	104.75	3.27	5.24
14.60	28	0.623	79.51	127.53	3.98	6.38
14.80	31	0.572	80.80	141.19	4.04	7.06
15.00	31	0.571	77.69	136.03	3.88	6.80
15.20	34	0.570	85.03	149.19	4.25	7.46
15.40	31	0.569	77.36	136.03	3.87	6.80
15.60	31	0.567	77.19	136.03	3.86	6.80
15.80	30	0.616	81.11	131.64	4.06	6.58
16.00	30	0.615	78.09	127.00	3.90	6.35
16.20	29	0.614	75.32	122.76	3.77	6.14
16.40	29	0.612	75.15	122.76	3.76	6.14
16.60	28	0.611	72.39	118.53	3.62	5.93
16.80	29	0.609	74.80	122.76	3.74	6.14
17.00	25	0.608	62.13	102.22	3.11	5.11
17.20	28	0.606	69.41	114.49	3.47	5.72
17.40	28	0.605	69.23	114.49	3.46	5.72
17.60	25	0.603	61.65	102.22	3.08	5.11
17.80	24	0.601	59.02	98.13	2.95	4.91
18.00	26	0.600	61.66	102.81	3.08	5.14
18.20	24	0.598	56.75	94.90	2.84	4.75
18.40	31	0.546	66.95	122.58	3.35	6.13
18.60	30	0.594	70.51	118.63	3.53	5.93
18.80	31	0.542	66.50	122.58	3.32	6.13
19.00	28	0.591	63.29	107.19	3.16	5.36
19.20	28	0.588	63.08	107.19	3.15	5.36
19.40	27	0.586	60.61	103.36	3.03	5.17
19.60	25	0.584	55.92	95.70	2.80	4.79
19.80	25	0.582	55.71	95.70	2.79	4.79
20.00	24	0.580	51.63	89.03	2.58	4.45
20.20	27	0.578	57.85	100.16	2.89	5.01
20.40	27	0.575	57.61	100.16	2.88	5.01
20.60	27	0.573	57.36	100.16	2.87	5.01
20.80	25	0.570	52.88	92.74	2.64	4.64
21.00	27	0.568	55.15	97.16	2.76	4.86
21.20	27	0.565	54.89	97.16	2.74	4.86
21.40	27	0.562	54.62	97.16	2.73	4.86
21.60	25	0.559	50.32	89.96	2.52	4.50
21.80	25	0.556	50.06	89.96	2.50	4.50
22.00	25	0.553	48.34	87.34	2.42	4.37
22.20	27	0.550	51.92	94.33	2.60	4.72
22.40	25	0.547	47.80	87.34	2.39	4.37
22.60	28	0.544	53.23	97.82	2.66	4.89
22.80	26	0.541	49.12	90.84	2.46	4.54
23.00	24	0.537	43.79	81.48	2.19	4.07

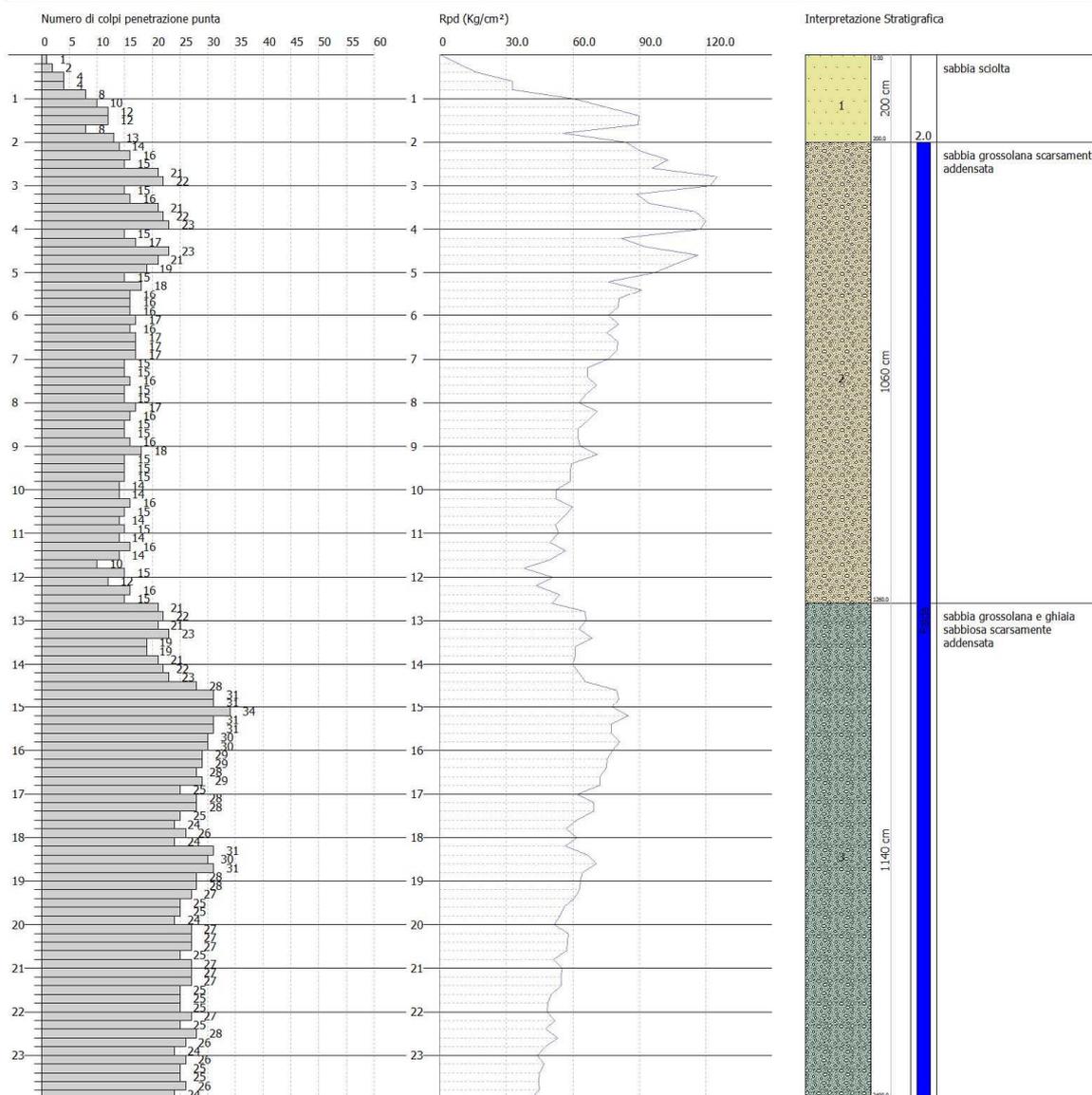
23.20	26	0.534	47.13	88.27	2.36	4.41
23.40	25	0.530	45.01	84.87	2.25	4.24
23.60	25	0.527	44.70	84.87	2.24	4.24
23.80	26	0.523	46.16	88.27	2.31	4.41
24.00	24	0.519	41.13	79.24	2.06	3.96

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpsh01
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
 Descrizione: Porto Le Grazie
 Località: Roccella Jonica (RC)

ata: 06/03/2019

Scala 1:150



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh01

Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

C.da Sala n. 15 -- 89040 Stignano (RC) --- Via Coscione n. 20 – 87040 Cerzeto (CS)

Tel: 0964/773059, Cell. 349/6065802, e-mail: geologostamile@gmail.com

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
Sabbia sciolta	0.00-2.00	11.03	Inc.	1.49	1.93	30.31	0.00	87.19	52.24	0.33
Sabbia grossolana scarsamente addensata	2.00-12.60	25.22	Inc.	1.6	1.99	33.03	0.00	127.69	93.10	0.31
Sabbia grossolana e ghiaia sabbiosa scarsamente addensata	12.60-24.00	41.66	Inc.	1.68	2.05	35.50	0.00	334.33	242.26	0.30

PROVA ... Dpsh02

Strumento utilizzato...

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data

06/03/2019

Profondità prova

25.00 mt

Quota

1.00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	6	0.847	49.39	58.31	2.47	2.92
0.80	8	0.843	65.56	77.74	3.28	3.89
1.00	8	0.840	60.39	71.92	3.02	3.60
1.20	9	0.836	67.66	80.91	3.38	4.05
1.40	9	0.833	67.39	80.91	3.37	4.05
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	7	0.826	52.00	62.93	2.60	3.15
2.00	7	0.823	48.19	58.54	2.41	2.93
2.20	8	0.820	54.87	66.91	2.74	3.35
2.40	15	0.767	96.24	125.45	4.81	6.27
2.60	15	0.764	95.87	125.45	4.79	6.27
2.80	17	0.761	108.26	142.18	5.41	7.11
3.00	23	0.709	127.44	179.83	6.37	8.99
3.20	30	0.706	165.60	234.55	8.28	11.73
3.40	25	0.703	137.49	195.46	6.87	9.77
3.60	23	0.701	126.03	179.83	6.30	8.99
3.80	9	0.798	56.18	70.37	2.81	3.52
4.00	14	0.746	76.66	102.76	3.83	5.14
4.20	13	0.744	70.97	95.42	3.55	4.77
4.40	14	0.741	76.19	102.76	3.81	5.14
4.60	13	0.739	70.54	95.42	3.53	4.77
4.80	15	0.737	81.16	110.10	4.06	5.51
5.00	15	0.735	76.26	103.76	3.81	5.19
5.20	20	0.733	101.41	138.34	5.07	6.92
5.40	17	0.731	85.96	117.59	4.30	5.88
5.60	22	0.679	103.35	152.18	5.17	7.61
5.80	21	0.677	98.38	145.26	4.92	7.26
6.00	20	0.725	94.90	130.80	4.74	6.54
6.20	20	0.724	94.67	130.80	4.73	6.54
6.40	20	0.722	94.44	130.80	4.72	6.54
6.60	18	0.720	84.80	117.72	4.24	5.89
6.80	16	0.719	75.21	104.64	3.76	5.23
7.00	18	0.717	80.06	111.64	4.00	5.58

7.20	16	0.716	71.02	99.24	3.55	4.96
7.40	16	0.714	70.87	99.24	3.54	4.96
7.60	18	0.713	79.57	111.64	3.98	5.58
7.80	20	0.711	88.23	124.04	4.41	6.20
8.00	21	0.660	81.73	123.85	4.09	6.19
8.20	22	0.659	85.44	129.74	4.27	6.49
8.40	21	0.657	81.40	123.85	4.07	6.19
8.60	23	0.656	88.98	135.64	4.45	6.78
8.80	24	0.655	92.67	141.54	4.63	7.08
9.00	22	0.653	80.81	123.67	4.04	6.18
9.20	24	0.652	88.00	134.91	4.40	6.75
9.40	24	0.651	87.84	134.91	4.39	6.75
9.60	28	0.650	102.30	157.39	5.11	7.87
9.80	27	0.649	98.47	151.77	4.92	7.59
10.00	28	0.648	97.38	150.35	4.87	7.52
10.20	27	0.647	93.74	144.98	4.69	7.25
10.40	29	0.646	100.52	155.72	5.03	7.79
10.60	30	0.644	103.81	161.09	5.19	8.05
10.80	28	0.643	96.73	150.35	4.84	7.52
11.00	32	0.592	97.42	164.47	4.87	8.22
11.20	31	0.591	94.21	159.33	4.71	7.97
11.40	34	0.590	103.15	174.75	5.16	8.74
11.60	32	0.589	96.91	164.47	4.85	8.22
11.80	34	0.588	102.79	174.75	5.14	8.74
12.00	34	0.587	98.40	167.57	4.92	8.38
12.20	37	0.586	106.90	182.36	5.34	9.12
12.40	37	0.585	106.71	182.36	5.34	9.12
12.60	39	0.534	102.67	192.22	5.13	9.61
12.80	41	0.533	107.73	202.07	5.39	10.10
13.00	43	0.532	108.32	203.57	5.42	10.18
13.20	43	0.531	108.11	203.57	5.41	10.18
13.40	43	0.530	107.90	203.57	5.39	10.18
13.60	43	0.529	107.68	203.57	5.38	10.18
13.80	45	0.528	112.46	213.04	5.62	10.65
14.00	45	0.527	107.97	204.95	5.40	10.25
14.20	37	0.576	97.02	168.52	4.85	8.43
14.40	37	0.575	96.83	168.52	4.84	8.43
14.60	37	0.573	96.64	168.52	4.83	8.43
14.80	37	0.572	96.44	168.52	4.82	8.43
15.00	35	0.571	87.71	153.58	4.39	7.68
15.20	35	0.570	87.53	153.58	4.38	7.68
15.40	37	0.569	92.33	162.35	4.62	8.12
15.60	35	0.567	87.15	153.58	4.36	7.68
15.80	35	0.566	86.95	153.58	4.35	7.68
16.00	31	0.565	74.13	131.23	3.71	6.56
16.20	31	0.564	73.95	131.23	3.70	6.56
16.40	31	0.562	73.77	131.23	3.69	6.56
16.60	31	0.561	73.59	131.23	3.68	6.56
16.80	31	0.559	73.40	131.23	3.67	6.56
17.00	35	0.558	79.83	143.11	3.99	7.16
17.20	35	0.556	79.61	143.11	3.98	7.16
17.40	34	0.555	77.12	139.02	3.86	6.95
17.60	34	0.553	76.90	139.02	3.84	6.95
17.80	34	0.551	76.67	139.02	3.83	6.95
18.00	35	0.550	76.09	138.40	3.80	6.92
18.20	36	0.548	78.01	142.35	3.90	7.12
18.40	34	0.546	73.43	134.44	3.67	6.72
18.60	31	0.544	66.73	122.58	3.34	6.13
18.80	23	0.592	53.88	90.95	2.69	4.55
19.00	23	0.591	51.99	88.05	2.60	4.40
19.20	22	0.588	49.56	84.22	2.48	4.21
19.40	25	0.586	56.12	95.70	2.81	4.79
19.60	26	0.584	58.15	99.53	2.91	4.98
19.80	26	0.582	57.94	99.53	2.90	4.98

20.00	26	0.580	55.93	96.45	2.80	4.82
20.20	24	0.578	51.42	89.03	2.57	4.45
20.40	24	0.575	51.21	89.03	2.56	4.45
20.60	25	0.573	53.11	92.74	2.66	4.64
20.80	24	0.570	50.76	89.03	2.54	4.45
21.00	25	0.568	51.06	89.96	2.55	4.50
21.20	26	0.565	52.85	93.56	2.64	4.68
21.40	26	0.562	52.60	93.56	2.63	4.68
21.60	24	0.559	48.31	86.36	2.42	4.32
21.80	27	0.556	54.07	97.16	2.70	4.86
22.00	27	0.553	52.21	94.33	2.61	4.72
22.20	28	0.550	53.85	97.82	2.69	4.89
22.40	28	0.547	53.54	97.82	2.68	4.89
22.60	27	0.544	51.32	94.33	2.57	4.72
22.80	28	0.541	52.90	97.82	2.65	4.89
23.00	38	0.487	62.88	129.01	3.14	6.45
23.20	38	0.484	62.43	129.01	3.12	6.45
23.40	37	0.480	60.34	125.61	3.02	6.28
23.60	45	0.427	65.19	152.77	3.26	7.64
23.80	45	0.423	64.61	152.77	3.23	7.64
24.00	45	0.419	62.26	148.57	3.11	7.43
24.20	46	0.415	63.05	151.87	3.15	7.59
24.40	48	0.411	65.15	158.47	3.26	7.92
24.60	48	0.407	64.49	158.47	3.22	7.92
24.80	48	0.403	63.82	158.47	3.19	7.92
25.00	60	0.398	76.80	192.79	3.84	9.64

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Dpsh02

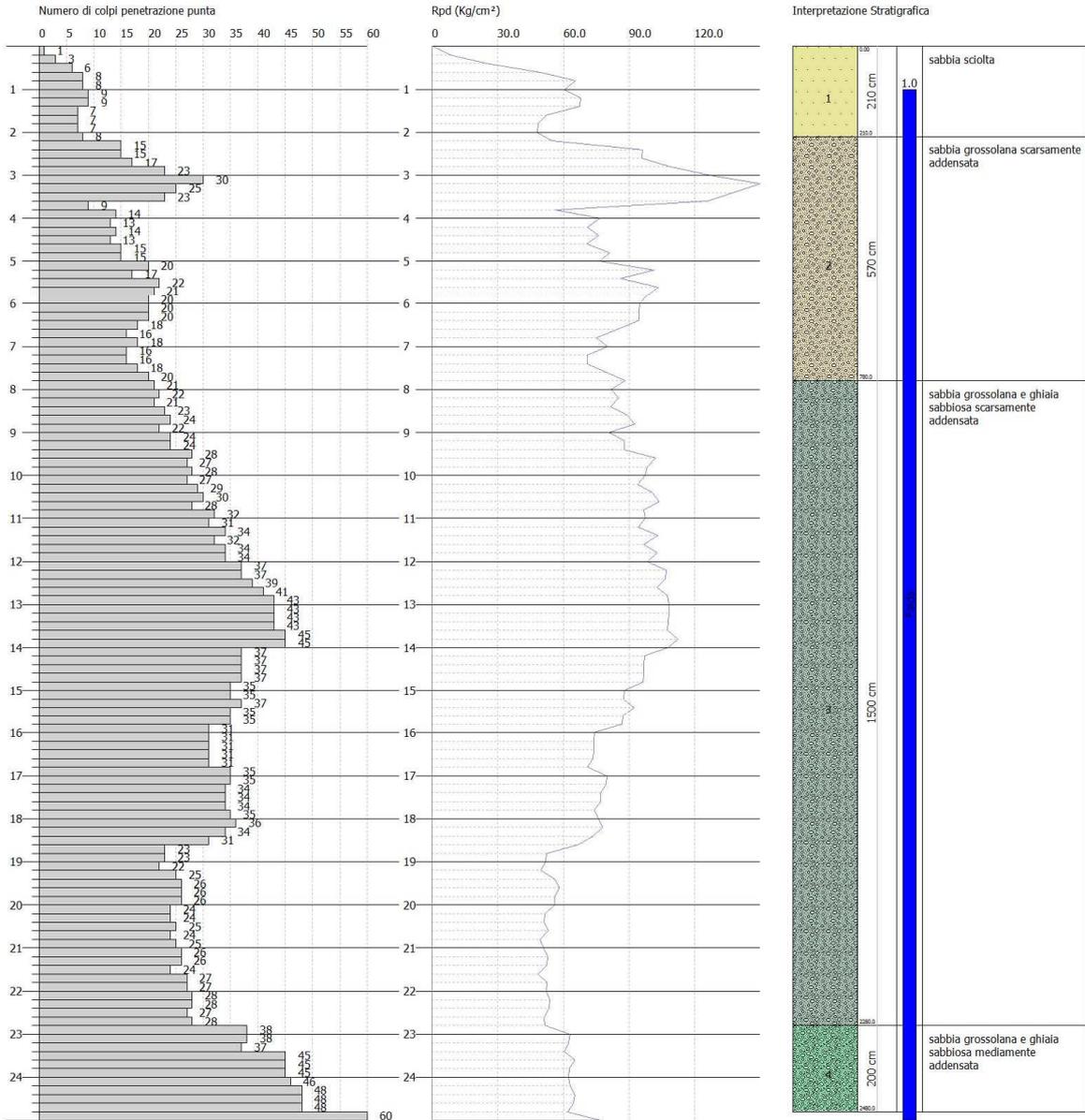
Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione drenata (Kg/cm ²)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo Poisson
sabbia sciolta	0.00-2.10	9.78	Inc.	1.47	1.92	29.93	0.00	81.62	46.61	0.33
sabbia grossolana scarsamente addensata	2.10-7.80	26.98	Inc.	1.61	1.99	33.30	0.00	131.62	97.06	0.31
sabbia grossolana e ghiaia sabbiosa scarsamente addensata	7.80-22.80	48.63	Inc.	1.71	2.05	36.54	0.00	370.78	278.86	0.29
sabbia grossolana e ghiaia sabbiosa mediamente addensata	22.80-24.80	69.73	Inc.	1.8	2.12	39.71	0.00	481.14	389.63	0.27

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Dpsh02
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente:
 Descrizione: Porto Le Grazie
 Località: Roccella Jonica (RC)

Data: 06/03/2019

Scala 1:150



RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 01							
Valore VSeq: 301 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: V_s (m/s)	205	275	318	337	517		
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.8	2.3	9.7	18.0	Ind.		
Velocità onde P: V_p (m/s)	435	693	776	896	1072		
Densità: ρ (gr/cm ³)	1.85	1.97	1.99	2.03	2.07		
Modulo di Poisson: ν	0.36	0.41	0.40	0.42	0.35		
Mod. di rigidità al taglio: G_0 (MPa)	78	149	201	230	554		
Modulo di Bulk: K (MPa)	247	746	931	1320	1642		
Modulo di Young's: E_y (MPa)	211	418	564	653	1493		
Costante di Lamè: η (MPa)	195	647	797	1167	1273		

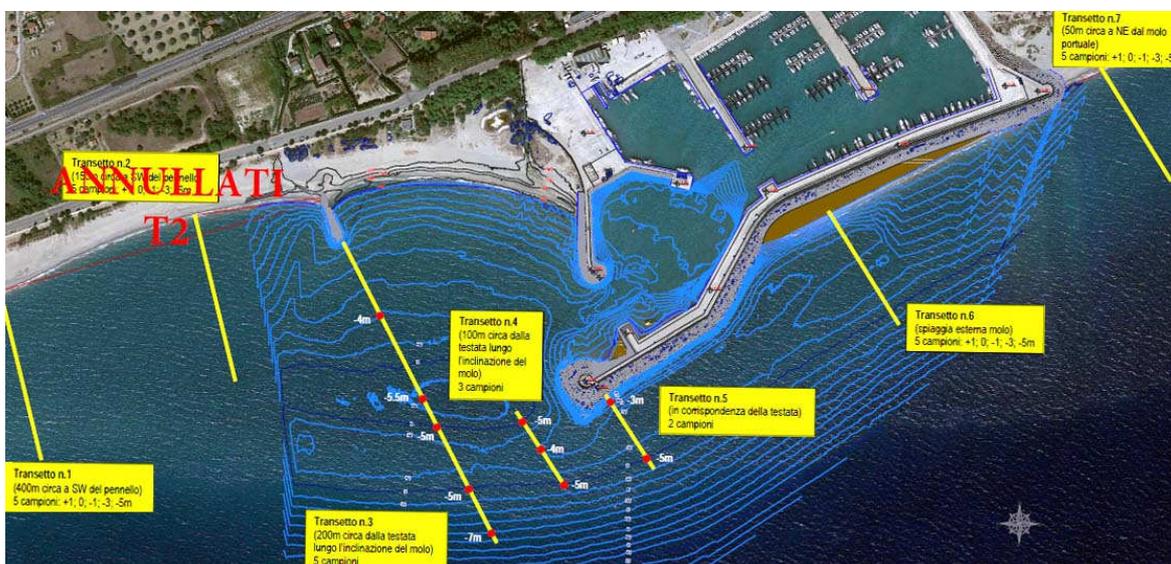
RIEPILOGO PARAMETRI HVSR 01					
Frequenza del picco del rapporto H/V:		1.00 Hz \pm 0.18 Hz			
Valore VSeq:		299.78 m/s			
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	3.8	17.5	0.36	205
2	3.8	2.2	18	0.41	275
3	6	10	18.5	0.4	315
4	16	18	18.5	0.4	335
5	34	15	19	0.38	515
6	49	20	21	0.38	420
7	69	70	21.5	0.32	600
8	139	20	22	0.3	800

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 02							
Valore VSeq: 249 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: V_s (m/s)	141 \pm 3	209 \pm 9	255 \pm 5	320 \pm 30	431 \pm 12	518 \pm 19	
Spessore medio sismo strato: h (m)	2.8 \pm 0.0	3.0 \pm 0.1	15.3 \pm 0.6	6.5 \pm 0.7	9.4 \pm 0.9	Ind.	
Velocità onde P: V_p (m/s)	664	528	612	792	908	1091	
Densità: ρ (gr/cm ³)	1.95	1.90	1.94	2.00	2.03	2.07	
Modulo di Poisson: ν	0.48	0.41	0.39	0.40	0.35	0.35	
Mod. di rigidità al taglio: G_0 (MPa)	39	83	126	205	377	557	
Modulo di Bulk: K (MPa)	810	419	557	980	1171	1727	
Modulo di Young's: E_y (MPa)	115	234	351	574	1022	1508	
Costante di Lamè: η (MPa)	784	364	473	844	920	1356	

RIEPILOGO PARAMETRI HVSR 02					
Frequenza del picco del rapporto H/V:		5.60 Hz \pm 0.15 Hz			
Valore VSeq:		250.44 m/s			
Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	2.8	17	0.4	140
2	2.8	3.2	17.5	0.4	210
3	6	15	18	0.4	255
4	21	6	18.5	0.4	320
5	27	10	19	0.36	430
6	37	25	21	0.37	520
7	62	40	21.5	0.32	600
8	102	20	22	0.3	900

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI MASW 03							
Valore VSeq: 256 m/s							
Numero strato	1	2	3	4	5	6	7
Velocità onde S: V_s (m/s)	155	220	266	365	416	568	
Spessore medio sismo strato: h (m)	3.2	3.1	17.1	10.3	12.0	Ind.	
Velocità onde P: V_p (m/s)	396	588	682	957	896	1190	
Densità: ρ (gr/cm ³)	1.83	1.93	1.96	2.04	2.03	2.10	
Modulo di Poisson: ν	0.41	0.42	0.41	0.41	0.36	0.35	
Mod. di rigidità al taglio: G_0 (MPa)	44	93	139	272	351	676	
Modulo di Bulk: K (MPa)	228	541	727	1508	1160	2067	
Modulo di Young's: E_y (MPa)	124	264	391	770	956	1829	
Costante di Lamè: η (MPa)	199	479	635	1327	926	1616	

Inoltre per poter operare uno studio meteo marino dell'area che evidenzia l'impatto dell'opera in progetto con la dinamica dei sedimenti costieri è stata eseguita una campagna di prelievi di sedimenti lungo 6 transetti significativi. Nello specifico sono stati prelevati n.25 campioni di sedimenti rimaneggiati tra la quota di +1.0 metri e la batimetrica -10.0 metri. Di tali campioni è stata eseguita una analisi granulometrica.



Il report completo delle indagini è allegato agli elaborati progettuali.

Dall'analisi dei risultati, il numero e la tipologia di indagini effettuate è stata ritenuta adeguata: per la ricostruzione del modello litotecnico riguardante il volume significativo;

per la stima delle caratteristiche geotecniche; per determinare la categoria di sottosuolo, calcolando la VSeq. I dati derivanti dalle indagini hanno permesso, quindi, di ricostruire un modello litotecnico medio del sottosuolo con un buon livello di dettaglio che risulta caratterizzato, dall'alto verso il basso, dalla presenza, al di sotto del sito di sedime di una:

Unità litotecnica L1a Sedimenti marini da sciolti, in superficie, a scarsamente addensati costituiti da sabbie quarzoso feldspatiche medie grossolane classate con scarsa componente ghiaiosa. Il colore è grigio, la permeabilità è elevata.

Unità litotecnica L1b Sedimenti marini scarsamente addensati costituiti da sabbie quarzoso feldspatiche medio grossolane classate con livelli decimetrici sabbioso ghiaiosi. Il colore è grigio, la permeabilità è elevata.

Unità litotecnica L1c Sedimenti marini da scarsamente a mediamente addensati costituiti da alternanze di ghiaie eterogranulari in matrice sabbiosa e sabbie medio grossolane a componente quarzoso feldspatica. Il colore è grigio, la permeabilità è elevata.

Data la struttura dei litotipi, che può essere a varie profondità articolata, nella ricostruzione del modello litotecnico sono state effettuate delle semplificazioni accorpando piccoli livelli ed assegnando al modello litotecnico i parametri più cautelativi. Mediamente la stratigrafia ed i parametri costituenti il primo sottosuolo (riferito al p.c.) sono:

MODELLO LITOTECNICO DI RIFERIMENTO AL PENNELLO ED AL REWEC

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	c (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	G0 (Mpa)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
L1a	1.50	1.45-1.50	1.85-1.90	28-29	0.00	45-50	40-50	61-63	0.41	1-2	205
L1b	10.0	1.60-1.65	1.95-2.00	33-34	0.00	115-130	80-95	158-164	0.40	20-27	315
L1c	30.0	1.68-1.80	2.00-2.10	36-37	0.00	345-410	290-320	188-202	0.40	40-60	335

Fi = angolo di attrito; c = coesione; cu = coesione non drenata; Ed = Modulo edometrico; Ey Modulo elastico; G0 = modulo di taglio; Nspt = numero di colpi prova SPT; Vs = velocità delle onde S.

Come detto in precedenza il modello litostratigrafico ed i suoi parametri geotecnici e dinamici derivano dal modello geologico tecnico della parte terminale del braccio foraneo del porto (sezione geolitotecnica G05—G06) correlate con le altre indagini eseguite e che hanno dato valori equivalenti.

MODELLO LITOTECNICO DI RIFERIMENTO AL MOLO (s01, masw01, hvsr01)

Strato	Spess. (m)	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	c (Kg/cm ²)	Ed (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)	G0 (Mpa)	Modulo Poisson	Nspt	Vs (m/s)
L01	3.80	1.45-1.50	1.85-1.90	28-29	0.00	45-50	40-45	61-63	0.41	1-2	205
L02	2.30	1.45-1.50	1.85-1.90	29-30	0.00	50-55	45-50	110-113	0.41	2-3	275
L1b	9.7	1.60-1.65	1.95-2.00	33-34	0.00	115-130	80-95	158-164	0.40	20-27	315
L1c	18.0	1.68-1.80	2.00-2.10	35-36	0.00	345-410	290-320	188-202	0.40	40-60	335

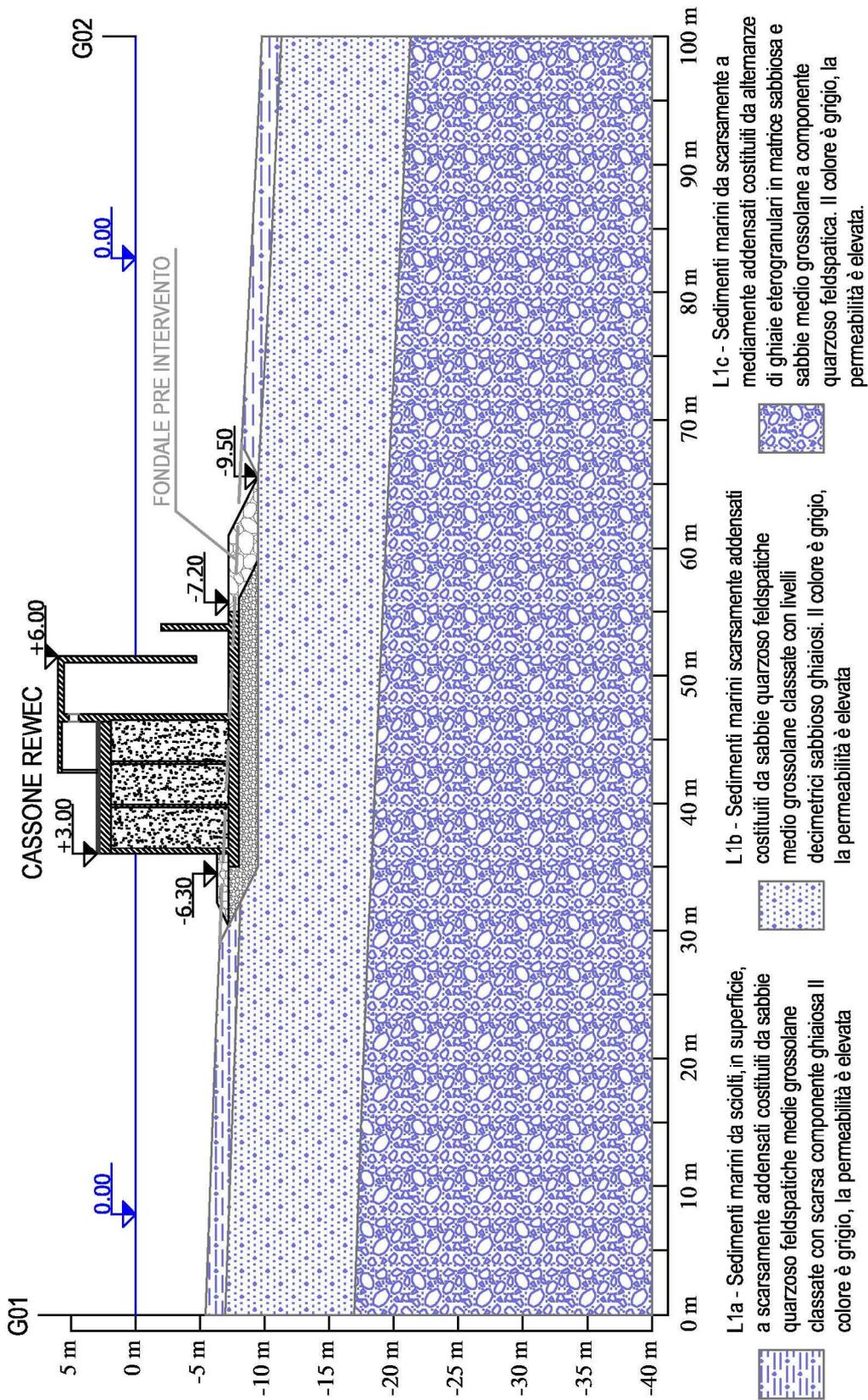
Fi = angolo di attrito; c = coesione; cu = coesione non drenata; Ed = Modulo edometrico; Ey Modulo elastico; G0 = modulo di taglio; Nspt = numero di colpi prova SPT; Vs = velocità delle onde S.

Le unità litotecniche L01 ed L02, presenti nel modello sono rappresentative del riempimento ghiaioso sabbioso per la realizzazione del braccio foraneo.

Per evidenziare le caratteristiche geometriche delle litologie interessate dalla struttura in progettazione, vengono rappresentate quattro sezioni trasversali del canale. Tali sezioni sono rappresentative dell'intera opera.

Sezione geo-litotecnica interpretativa (G01---G02)

scala 1:500



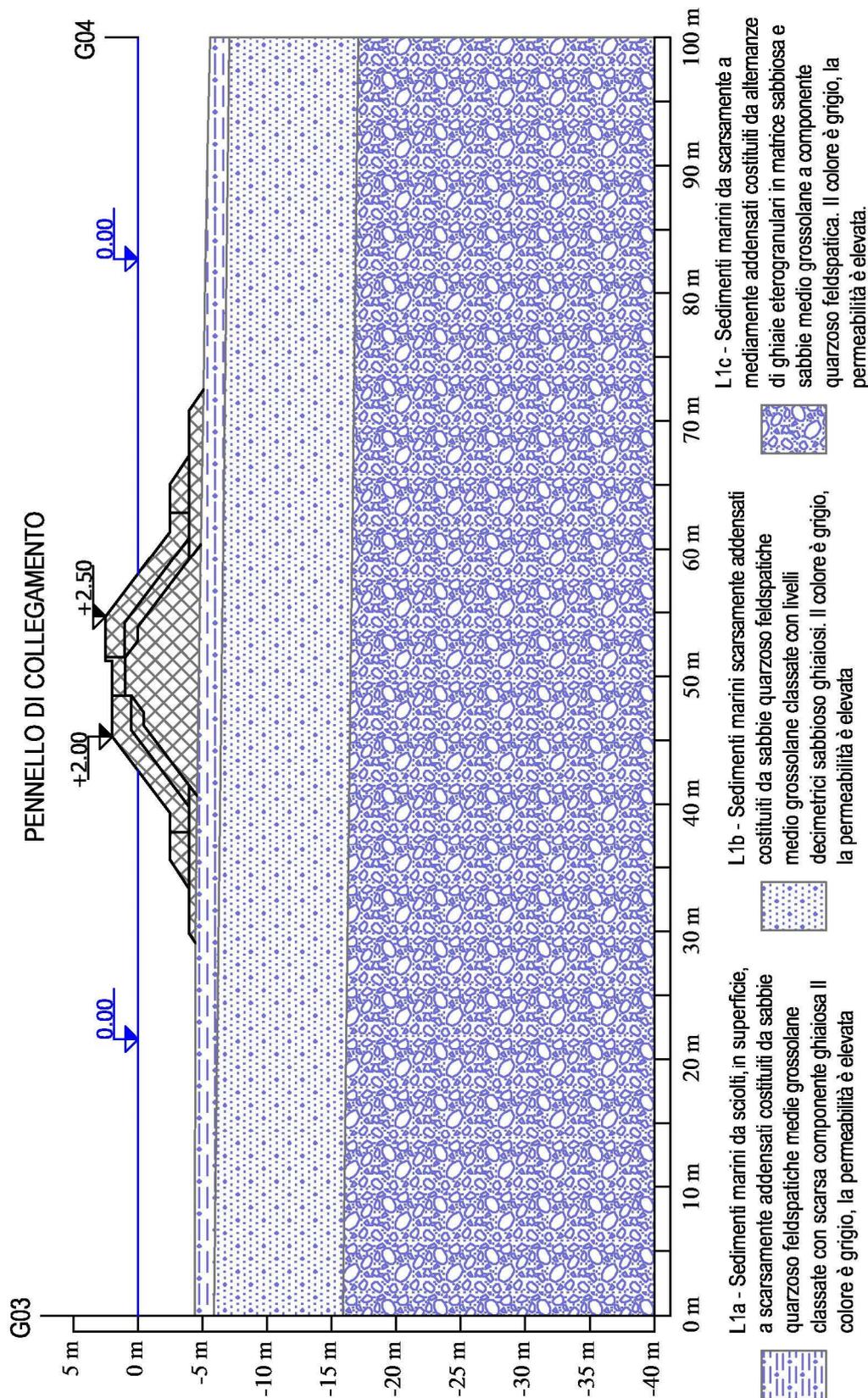
Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

C.da Sala n. 15 -- 89040 Stignano (RC) --- Via Coscione n. 20 – 87040 Cerzeto (CS)

Tel: 0964/773059, Cell. 349/6065802, e-mail: geologostamile@gmail.com

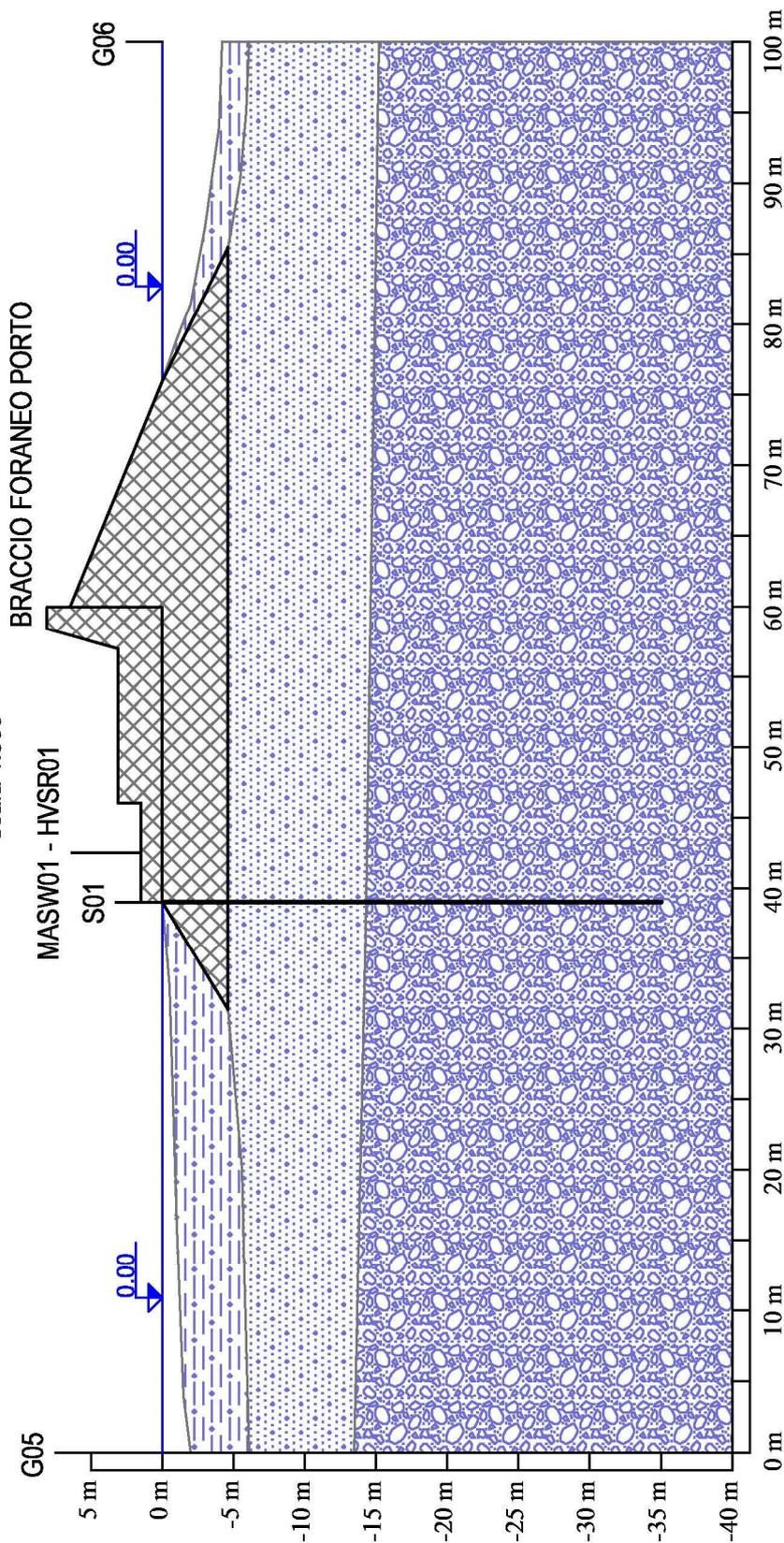
Sezione geo-geotecnica interpretativa (G03---G04)

scala 1:500



Sezione geo-litotecnica interpretativa (G05---G06)

scala 1:500



L1a - Sedimenti marini da sciolti, in superficie, a scarsamente addensati costituiti da sabbie quarzose feldspatiche medie grossolane classate con scarsa componente ghiaiosa Il colore è grigio, la permeabilità è elevata

L1b - Sedimenti marini scarsamente addensati costituiti da sabbie quarzose feldspatiche medio grossolane classate con livelli decimetrici sabbioso ghiaiosi. Il colore è grigio, la permeabilità è elevata

L1c - Sedimenti marini da scarsamente a mediamente addensati costituiti da alternanze di ghiaie eterogranulari in matrice sabbiosa e sabbie medio grossolane a componente quarzoso feldspatica. Il colore è grigio, la permeabilità è elevata.

3.2 Risposta sismica locale

Dall'assetto litostratigrafico, geometrico e dalle indagini geofisiche e geognostiche eseguite, per come definito nel paragrafo 3.1. “*Definizione del modello litotecnico di riferimento*”, è stato definito per il sito il seguente profilo sismo-stratigrafico medio rappresentativo dell'area dal piano campagna sino a circa 41.5 metri di profondità. Dato che, lungo tutta l'opera, la sismostratigrafia (negli spessori) e il piano di posa varia leggermente, come modello si è scelta la combinazione più cautelativa (sismicamente più gravosa). Per tale sismostratigrafia è stata stimata, mediamente, una V_{Seq} , al piano campagna, pari a 318.18 *m/sec*.

Unità Litoecnica		Profondità base Strato (m)	Spessore Strato (m)	V_s (m/s)	V_{Seq} (m/s)
Copertura	L1a	1.50	1.50	190	318.18
	L1b	11.5	10.0	258	
	L1c	41.5	30.0	190	

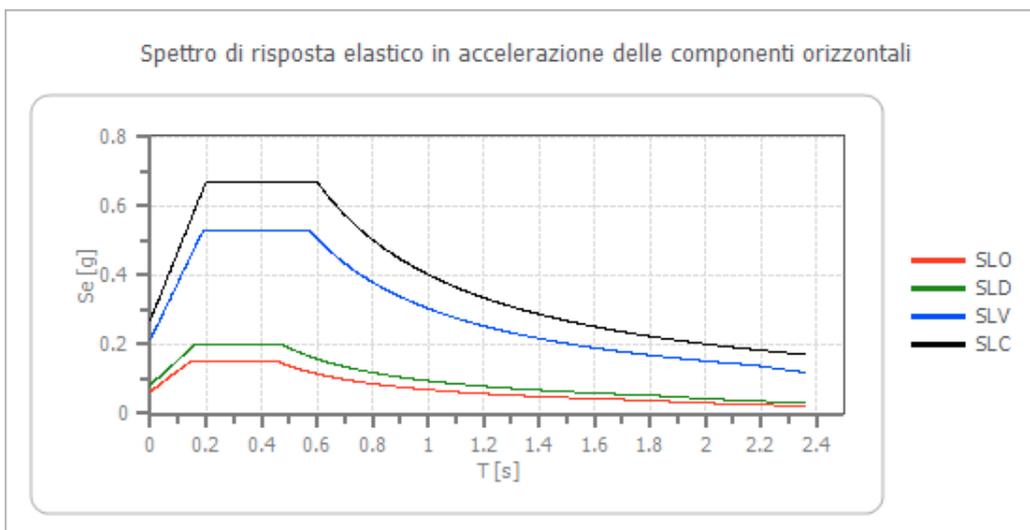
Tale stratigrafia rappresenta, tra le possibili stratigrafie per il sito accettando un valore d'incertezza del 10%, quella che ammette un carico sismico maggiore, quindi più cautelativo. Per la valutazione della risposta sismica locale si è fatto riferimento alla stratigrafia precedente con **piano fondale minimo delle opere previste posto a -1.80 m dall'attuale p.c.**, per come indicato dai progettisti.

Lo studio completo sulla risposta sismica locale del sito è riportato nella “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II NTC2018)” allegata agli elaborati progettuali a cui si rimanda. Nella presente relazione si riporta solamente un sunto dei risultati ottenuti.

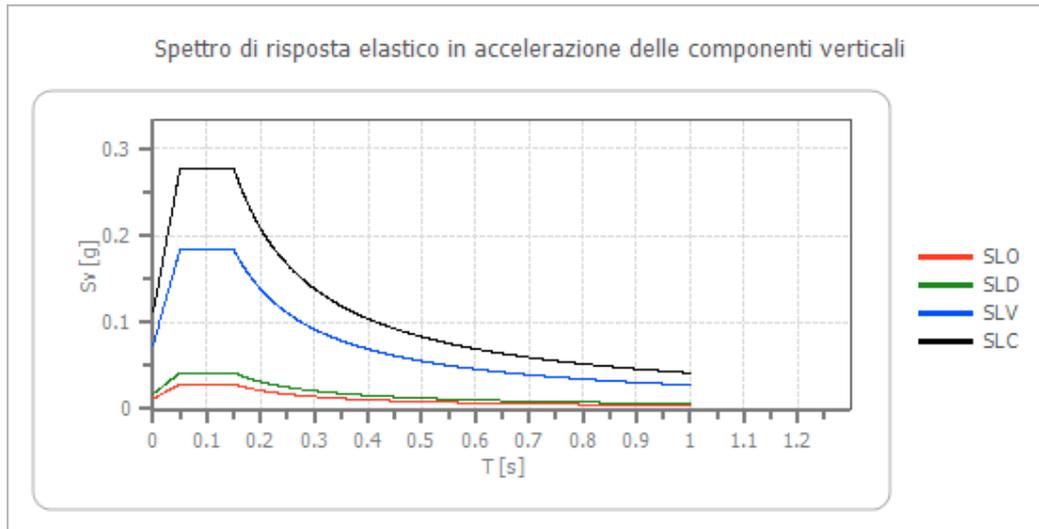
Con l'approccio semplificato delle NTC2018 (livello II di analisi), per il sito, dalle considerazioni sul modello geologico e da quanto detto in precedenza per il piano fondale delle opere in progetto, mediante il parametro V_{Seq} , che, al piano fondale minimo (-1.80 m dal p.c.) ha un valore di circa 328.26 *m/sec*, si può classificare il sito come **Categoria di sottosuolo C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità*”

equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s." (§ 3.2.2., Tab. 3.2.II). Considerando che il sito si trova nella piana costiera sommersa caratterizzata da una fascia con pendenza di 1.0-2.0°, si può considerare l'area di sedime rientrante nella **Categoria topografica T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°" 3.2.2., Tab. 3.2.III). Per come prescrive la normativa NTC2018, in base ai dati di pericolosità sismica di base riferiti alla scelta progettuale di verifica sismica ed alla classificazione del sito, sono stati ricavati i parametri che definiscono gli spettri di risposta elastici dei vari stati limite considerati, con coefficiente di smorzamento viscoso del 5%.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0.043	2.398	0.281	1.500	1.600	1.000	1.500	1.000	0.150	0.450	1.771	0.064	0.154
SLD	1,0	0.055	2.389	0.311	1.500	1.540	1.000	1.500	1.000	0.160	0.479	1.821	0.083	0.198
SLV	1,0	0.145	2.482	0.406	1.480	1.410	1.000	1.480	1.000	0.191	0.572	2.178	0.214	0.531
SLC	1,0	0.190	2.482	0.435	1.420	1.380	1.000	1.420	1.000	0.200	0.600	2.360	0.270	0.670



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI														
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1,0	0.043	2.398	0.281	1.000	1.600	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.012	0.029
SLD	1,0	0.055	2.389	0.311	1.000	1.540	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.018	0.042
SLV	1,0	0.145	2.482	0.406	1.000	1.410	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.074	0.184
SLC	1,0	0.190	2.482	0.435	1.000	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.112	0.278



3.3 Pericolosità dovuta ad instabilità per effetti coosismici nel sito di studio.

Gli effetti indotti da un determinato terremoto sui terreni di un determinato sito sono di natura molto varia ma possono essere ricondotti in due grandi categorie: effetti d'instabilità che determinano terreni instabili ed effetti d'amplificazione che non determinano modificazioni permanenti nel suolo (terreni stabili). Alla prima categoria appartengono quei terreni nei quali, durante un determinato evento sismico, si possono avere fenomeni d'instabilità, locali o generalizzati, come: elevate deformazioni permanenti e cedimenti (causati ad esempio dalla presenza di cavità, da fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi saturi, da cedimenti per densificazione di terreni granulari sopra falda, dalla dislocazioni di faglie attive, cedimenti differenziali nelle zone di contatto tra litotipi di caratteristiche molto diverse (incoerenti/coesivi), ecc.; o associati a grandi movimenti di massa (movimenti franosi, lateral spread, crolli di roccia, ecc.). Tali fenomeni causano immancabilmente il collasso delle sovrastanti strutture, anche se dimensionate con criteri antisismici. Di seguito determineremo e quantificheremo quali e quanti di tali fenomeni sono presenti nell'area di studio.

3.3.1 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa.

L'area di studio si trova in un'area pianeggiante in cui non vi sono evidenze di dissesti in atto o pregressi e, date le pendenze, neanche le cause predisponenti. Da cui si può concludere che **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa (frane, lateral spreading, ecc.) che possono essere riattivate per scuotimento sismico.**

3.3.2 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive.

La zona del territorio di Roccella Jonica, neotettonicamente, rientra nell'influenza della struttura tettonica potenzialmente attiva e capace denominata **Faglia Monte Coia**, appartenente al *Sistema Bovalino*, e posta ad NW del sito di studio ad una distanza di circa 7.0 Km. Dato la distanza e l'ultima attività nota di tale faglie che risale al quaternario, si può concludere che **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive e capaci.**

3.3.3 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi diversi.

L'area di studio insiste su una stratigrafia planimetricamente omogenea e quindi non presenta contatti laterali tra litotipi a comportamento geotecnico diverso (granulare/coesivo, granulare/litico, litico/coesivo) e che possono subire comportamenti diversi durante lo scuotimento sismico (cedimenti differenziali per effetto di cedimento o addensamento differenziale dei due litotipi a contatto). Da cui si può concludere che **l'area di studio non è suscettibile all'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi a comportamento geotecnico diverso.**

3.3.4 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati all'addensamento dei terreni.

I litotipi che costituiscono il sottosuolo dei primi 15 metri dal piano campagna essendo posizionati sul fondo marino non presentano caratteristiche geotecniche tali (sabbie sciolte fuori falda) da dare, durante uno scuotimento sismico, addensamenti tali da compromettere la stabilità dei manufatti. Da cui si può concludere che **per l'area di studio non è applicabile tale condizione che rientra nella suscettibilità alla liquefazione.**

3.3.5 Suscettibilità all'instabilità per effetti coosismici legati alla liquefazione sismica dei terreni sotto falda.

La liquefazione è un fenomeno che comporta la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche e dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa. Il fenomeno interessa i terreni incoerenti saturi, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito del quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi, nel caso di una giacitura orizzontale. Ciò avviene quando, sotto l'azione delle sollecitazioni cicliche indotte da un sisma, la pressione interstiziale dell'acqua aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci si riducono a zero. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende dalle proprietà geotecniche, dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso, nonché dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa), tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso. Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche su un deposito si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a

liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di liquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità. In aree pianeggianti affinché abbia luogo il fenomeno della liquefazione occorre che gli strati saturi si trovino a profondità limitate cioè dove le tensioni efficaci non sono elevate (Seed & Idriss, 1971; Crespellani et alii, 1987). Infatti dalla letteratura disponibile risulta difficile, in aree pianeggianti, che le sovrappressioni indotte dall'evento sismico a profondità superiori a 15-25 metri possano dar luogo a fenomeni di liquefazione rilevabili in superficie. Può accadere, infatti, che la zona superficiale, non soggetta a liquefazione, possieda rigidità sufficiente ad evitare che le conseguenze della perdita di resistenza in profondità si risentano in superficie. Situazione differente si ha nel caso di un pendio. I terreni caratterizzati da elevate sollecitazioni di taglio statiche hanno una bassa suscettibilità ai fenomeni di liquefazione. Movimenti franosi indotti da liquefazione possono verificarsi soprattutto su pendii caratterizzati da basse pendenze o su pendii che costituiscono il bordo terminale di estesi pianori. I meccanismi d'innescio di frane connesse a fenomeni di liquefazione possono essere sostanzialmente di due tipi (Seed, 1968):

Meccanismo 1 - La liquefazione progressiva verso il basso è favorita dalla possibilità di decompressione laterale del versante. La liquefazione si propaga verso il basso e l'intero versante si espande perdendo completamente consistenza. Questa è la situazione che si verifica in pendii saturi caratterizzati da modeste pendenze, possono aversi movimenti franosi, anche profondi, con movimenti orizzontali anche di diverse centinaia di metri. L'intera massa instabile tende a fluidificarsi lasciando una zona pressochè pianeggiante.

Meccanismo 2 - Interessa i versanti caratterizzati dalla presenza di strati liquefacibili confinati in profondità. La liquefazione avviene a distanza dalla pendice, dove sono basse le azioni di taglio statiche. Per effetto della presenza di un bordo non confinato e delle azioni inerziali del sisma può verificarsi una specie di fenomeno di espansione laterale nella direzione di propagazione delle onde sismiche, governato dai livelli di materiale liquefatto, confinato, posto in profondità. Il movimento avviene anche se lo strato liquefatto presenta un andamento sub-orizzontale. La perdita di resistenza del materiale di base e la possibilità di espansione laterale consentita dal bordo libero, rende possibili

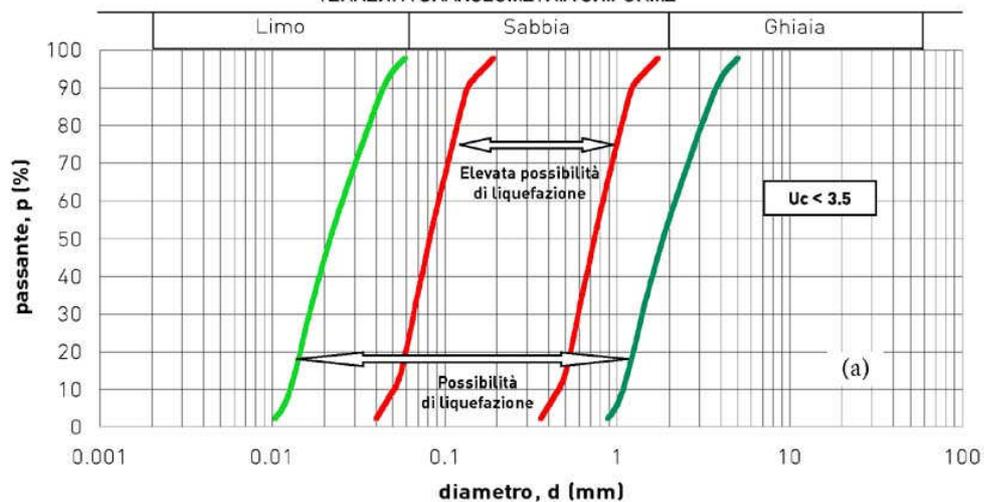
movimenti orizzontali anche con pendenze nulle. L'aspetto morfologico conseguente a fenomeni di questo tipo è caratterizzato da una successione di modesti rilievi e depressioni (tipo horst e graben) costituiti dal materiale superiore allo strato liquefacibile, che mantiene gran parte della sua struttura originaria pur fratturandosi in più blocchi. Stessa situazione si ha se è presente uno spessore non trascurabile di terreno non in falda sovrastante strati in falda liquefacibili.

L'NTC2018, al § 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione", contiene le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione sismica dei terreni. Una valutazione semplificata di tale suscettibilità può essere ottenuta, con il diagramma seguente. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze nei primi 15 metri dal p.c.:

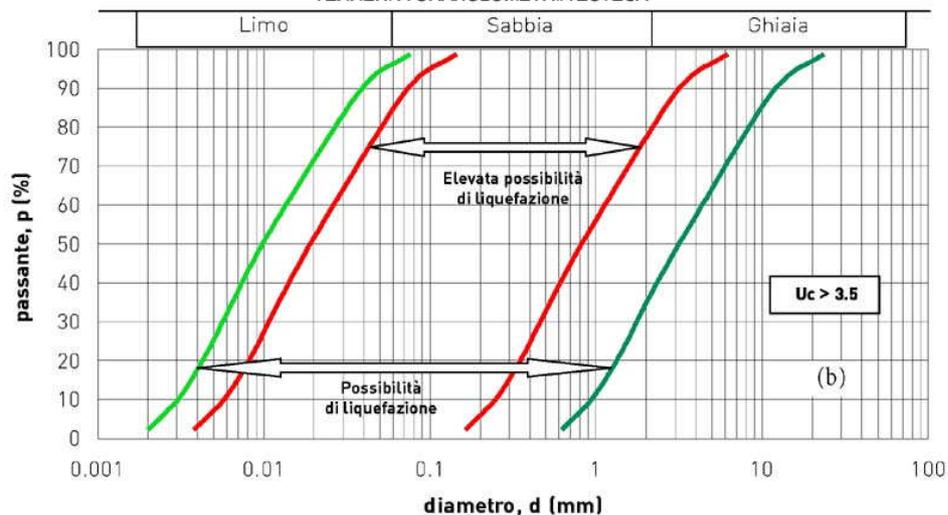
- a) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g. Per l'area di studio, come abbiamo visto, si ha un'accelerazione di picco in superficie (SLV) pari a 0.214 g, **quindi tale condizione non è verificata;**
- b) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c., per p. c. sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali. Dato che il sito si trova sul fondo marino il sito si presenta completamente saturo, **quindi tale condizione non è verificata;**
- c) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; Dalle prove SPT eseguite nella campagna d'indagine, risulta che tale condizione: **non è verificata per le unità litotecniche dei primi 11.5 metri dal p.c. ed è verificata per le litologie sottostanti;**
- d) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici seguenti, nel caso di terreni a granulometria uniforme (coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$) e di terreni a granulometria estesa (coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$). Dalle analisi

granulometriche eseguite sulle litologie presenti (Sedimenti marini da sciolti a scarsamente addensati costituiti da sabbie quarzoso feldspatiche medie grossolane classate con scarsa componente ghiaiosa ed intervalli di sabbie quarzoso feldspatiche medio grossolane classate con livelli decimetrici sabbioso ghiaiosi) riferite ai grafici sottostanti, si evince che: le unità litotecniche L1a ed L1b costituente i primi 11.5 metri dal p.c. possiedono livelli con una curva granulometrica rientrante nei limiti di probabilità di liquefazione; **quindi tale condizione non è verificata.**

FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
TERRENI A GRANULOMETRIA UNIFORME



FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
TERRENI A GRANULOMETRIA ESTESA



Da quanto su esposto, secondo l'NTC2018 al § 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione”, la suscettibilità alla liquefazione dei primi 11.5 metri dal p.c. è da ritenersi possibile. Per profondità maggiori è da ritenersi da bassa a nulla in quanto i litotipi coinvolti presentano almeno uno dei punti escludenti la suscettibilità alla liquefazione.

Non si ritiene di eseguire una specifica verifica a liquefazione in quanto l'opera progettuale essendo completamente immersa in acqua deve essere sottoposta anche a verifiche che contemplano la presenza di spinte idrostatiche e dinamiche dell'acqua e la presenza, come piano fondale, di sedimenti saturi.

4. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.

Lo studio geomorfologico e gli approfondimenti geologico-tecnici eseguiti nell'area, di cui si è discusso, ed in un suo ampio intorno, seguendo le prescrizioni metodologiche previste dalle direttive emanate dalla legislazione vigente in materia. Inoltre seguendo le prescrizioni metodologiche riportate nelle *Linee Guida* per “*studi relativi alla valutazione ed alla zonazione della pericolosità e del rischio di frana*”, hanno consentito di definire adeguatamente i fattori condizionanti l'evoluzione morfogenetica dell'area e le caratteristiche geomeccaniche del sito ai fini della classificazione dei terreni in prospettiva edificatoria. Sulla base di tale studio, si è nelle condizioni di affermare quanto segue:

L'area oggetto d'intervento non ricade in aree a vincolo per frana, idraulico del P.A.I. mentre ricade in area a vincolo del Piano Stralcio per l'Erosione Costiera del P.S.E.C.. Da ciò l'intervento è fattibile con quanto riportato nell'art. 16 delle Norme di Attuazione del P.S.E.C. Inoltre visto le caratteristiche geologico-geotecniche assegnate ai terreni di sedime non sono emersi fattori escludenti la fattibilità geologico-geomorfologico dell'intervento in progetto con le prescrizioni di seguito enunciate.

La verifica delle opere fondali, visti il piano di posa, deve essere eseguita con i parametri geotecnici dell'Unità **litotecnica L1b, L1c**. Eventuali cedimenti dell'opera in progetto dovranno essere valutati in sede progettuale in base ai parametri geotecnici assegnati alle Unità Litotecniche **L1b** ed **L1c** tenendo presente che si è in presenza di terreni sabbiosi scarsamente addensati e saturi soggetti a carico sismico.

Dovrà essere eseguito un accurato studio meteo marino che evidenzi l'impatto dell'opera sulla dinamica costiera e del trasporto di sedimenti in modo da non creare ulteriori fenomeni di erosione costiera sul lato sud del porto o insabbiamenti dell'imboccatura del porto. Sarebbe auspicabile che l'intervento previsto migliorasse le attuali condizioni di erosione costiera presenti.

Le aree d'interesse risultano caratterizzate da una risposta sismica omogenea. Le piccole differenze nello spessore della copertura non comportano una differente distribuzione della risposta sismica. che presenta le seguenti caratteristiche:

- Amplificazione della trasmissione delle onde sismiche P ed S dal substrato ai depositi superficiali determinata dal contrasto di impedenza sismica tra i primi

due strati e gli strati sottostanti. Tale amplificazione viene compiutamente riportata, con l'approccio semplificato (NTC2018) nella “Relazione sulla Pericolosità Sismica di Base e sulla Risposta Sismica Locale (Livello di analisi II NTC2018)” allegata agli elaborati progettuali a cui si rimanda, e sinteticamente nel paragrafo 3.2 *Pericolosità e risposta sismica locale* della presente relazione;

- Potenziale presenza di instabilità per effetti coosismici legati a fenomeni di liquefazione (paragrafo 3.3 *Pericolosità dovuta ad instabilità per effetti coosismici nel sito di studio* e relativi sottoparagrafi 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5, della presente relazione).

In ogni caso è di estrema importanza valutare, nel corso di realizzazione dell'intervento, la puntuale corrispondenza delle condizioni dei terreni, così come prescrive il D.M. 11/03/1988.